

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

Επίδραση διαφορετικών τεχνικών προσθήκης της γης διατόμων σε αποθηκευμένα δημητριακά στην αποτελεσματικότητά τους κατά των ακμαίων:

Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae)

Tribolium confusum Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae)

και *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)

Πτυχιακή εργασία
της Θεοδώρας Μανεσιώτη



ΚΑΛΑΜΑΤΑ
Απρίλιος 2007

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

Επίδραση διαφορετικών τεχνικών προσθήκης της γης διατόμων σε
αποθηκευμένα δημητριακά στην αποτελεσματικότητά τους κατά των ακμαίων:
Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae)
Tribolium confusum Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae)
και *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)

Πτυχιακή εργασία
της Θεοδώρας Μανεσιώτη

Επιβλέπων Καθηγητής: Ευάγγελος Βλαχόπουλος

ΚΑΛΑΜΑΤΑ
Απρίλιος 2007

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

	Σ Ε Λ Ι Δ Α
Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ	1
ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ (Θεωρητικό)	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
Έντομα και αποθηκευμένο προϊόν	4
ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
Τα κυριότερα έντομα-εχθροί αποθηκών	6
2.1. Τάξη Κολεοπτέρων	6
2.2 Τάξη Λεπδοπτέρων	9
ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
Παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της προσβολής των αποθηκευμένων προϊόντων	
3.1. Βιοτικοί και Αβιοτικοί Παράγοντες	11
3.2. Αβιοτικοί Παράγοντες	11
3.2.1. Η καταλληλότητα και τα μέτρα προστασίας των αποθηκευτικών χώρων	12
3.2.2. Το μικροκλίμα των αποθηκευτικών χώρων	12
3.2.3. Η χωροταξική μελέτη της αποθήκης	12
3.2.4. Η υγειονομική κατάσταση του προϊόντος πριν την αποθήκευση	12
3.3. Βιοτικοί παράγοντες	13
3.3.1. Η συμπεριφορά και δραστηριότητα των εντόμων	13
3.3.2. Η ικανότητα πτήσεως των εντόμων	14
3.4. Μέτρα που λαμβάνονται για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των εντομολογικών προσβολών στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης ή επεξεργασίας των προϊόντων	14
3.4.1. Αποφυγή της εισόδου των εντόμων στις εγκαταστάσεις	14
3.4.2. Σχολαστική καθαριότητα χώρων	14
3.4.3. Ύπαρξη λεπτομερούς προγράμματος ελέγχου για την έγκαιρη επισήμανση τυχόν προσβολής	14
ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
Τρόποι αντιμετώπισεως των εντόμων αποθηκών	
4.1. Χημικές μέθοδοι	15
4.2. Βιοτεχνολογικές μέθοδοι	20

4.3.Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης	25
4.4.Μηχανικές μέθοδοι αντιμετώπισης	28
4.5. Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης	29

ΠΕΜΠΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Η Χρήση της Γης Διατόμων για την καταπολέμηση των εντόμων

5.1. Προέλευση-Φύση της Γης Διατόμων	32
5.2. Φυσικές- Χημικές Ιδιότητες	35
5.2.1. Εντομοκτόνες Ιδιότητες	
5.3. Γη Διατόμων από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και η αποτελεσματικότητά της επί των εντόμων	38
5.4. Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα της χρήσης σκόνης Γης Διατόμων ως προστατευτικό αποθηκευμένων προϊόντων	42

ΕΚΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Μελέτη των εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές

6.1. <i>Rhyzopertha dominica</i>	44
6.1.1. Γενικώς	44
6.1.2. Χαρακτηριστικά	44
6.1.3. Ζημιές- Προσβολές	46
6.1.4. Αντιμετώπιση	46
6.2. <i>Sitophilus oryzae</i>	48
6.2.1. Γενικώς	48
6.2.2. Χαρακτηριστικά	48
6.2.3. Ζημιές- Προσβολές	50
6.2.4. Αντιμετώπιση του εντόμου	51
6.3. <i>Tribolium confusum</i>	55
6.3.1. Γενικώς	55
6.3.2. Χαρακτηριστικά	55
6.3.3. Ζημιές- Προσβολές	57
6.3.4. Αντιμετώπιση του εντόμου	57

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ (Πειραματικό)

Σκοπός Μελέτης	60
Υλικά και Μέθοδοι	60
Αποτελέσματα	61
Συζήτηση	62
Βιβλιογραφία	73
Παράρτημα	80

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι τεράστιες καταστροφές αποθηκευμένων αγροτικών προϊόντων από τη δράση των «εντόμων αποθηκών», σε συνδυασμό με την ανάγκη αντικατάστασης των χημικών εντομοκτόνων με μη τοξικά, φιλικά προς το περιβάλλον εντομοκτόνα έχει οδηγήσει σε έντονη αναζήτηση νέων τρόπων αντιμετώπισής τους. Μια πολλά υποσχόμενη νέα μέθοδος είναι η χρήση της γης διατόμων, μίας φυσικής μη τοξικής ουσίας η οποία προέρχεται από το φυτοπλαγκτόν.

Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και η παρούσα μελέτη, η οποία πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γεωργικής Εντομολογίας και Ζωολογίας του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου κατά τη διάρκεια της πρακτικής ασκήσεώς μου εκεί.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή του τμήματος Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του ΤΕΙ Καλαμάτας Δρα Ευάγγελο Βλαχόπουλο για την ανάθεση της παρούσας εργασίας και για την καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ευχαριστώ επίσης τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις και τις συμβουλές τους.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον Δρα Νικόλαο Καβαλλιεράτο, Εντεταλμένο Ερευνητή Γ' του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, για την πολύτιμη βοήθεια του σε όλα τα στάδια της μελέτης, καθώς και για τις πολύτιμες γνώσεις που αποκόμισα κατά την συνεργασία μας σε θέματα που αφορούν στον κλάδο της Εντομολογίας και στην μεθοδολογία πειραμάτων με βιοδοκιμές στο εργαστήριο.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

(Θεωρητικό)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΟΙ ΕΧΘΡΟΙ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Από την εποχή που ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί φυτά, να παράγει προϊόντα για τη διατροφή του και να τα αποθηκεύει από τη μια συγκομιδή μέχρι την επόμενη, τα έντομα υπήρξαν παράσιτα των προϊόντων αυτών. Οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες του ανθρώπου για αγαθά, τον ώθησαν να λάβει μέριμνα για την προστασία της παραγωγής τόσο στον αγρό όσο και κατά τη διάρκεια της αποθηκεύσεως. Αυτή πραγματοποιείται σε διάφορους χώρους, μέσα στους οποίους λαμβάνουν μέρος σταδιακοί χειρισμοί, οι οποίοι αφορούν στην επεξεργασία, βιομηχανοποίηση, συσκευασία καθώς και μεταφορά των προϊόντων.

Οι προσβολές από έντομα άρχισαν να γίνονται πιο σοβαρές από τότε που ο άνθρωπος ξεκίνησε να παράγει περισσότερη τροφή, σε σχέση με 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 αλλά και στα μεταφορικά μέσα (κυρίως πλοία) έγιναν ιδιαίτερες σημαντικές. Πριν από μερικές δεκαετίες, ακόμη και σε προηγμένα κράτη όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, οι προσβολές από τα έντομα θεωρούνταν αναπόφευκτες 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.

Συμφώνως προς υπολογισμούς του F.A.O. (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), οι απώλειες σε έτοιμο προϊόν κατά την αποθήκευση ανέρχονται στο εξαιρετικώς υψηλό ποσοστό του 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, είναι γεγονός ότι τα ακμαία και οι προνύμφες των Κολεοπτέρων αλλά και οι προνύμφες των Λεπιδοπτέρων κατατρώγουν σε μια βδομάδα προϊόν ανώτερο ή πολλαπλάσιο του βάρους τους. Μόνο η προνύμφη του *Ephestia* sp. “κατατρώγει” το φυτό 50 περίπου σπόρων ως το στάδιο της νυμφώσεώς της (Μπουχέλος 1996).

Συνήθως τα έντομα αποθηκών αντιμετωπίζονται με χημικά εντομοκτόνα. Βαθμιαίως, όμως, αφ’ ενός τα έντομα ανέπτυξαν ανθεκτικότητα σε αυτά τα εντομοκτόνα αφ’ ετέρου δε, για περιβαλλοντικούς λόγους, αυξάνεται η ανάγκη για μη τοξικά, φιλικά προς το περιβάλλον εντομοκτόνα. Υπάρχει λοιπόν έντονη ερευνητική δραστηριότητα για την ανακάλυψη εναλλακτικών τρόπων αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών. Μια από τις νέες μεθόδους αφορά στη χρήση της γης διατόμων, μιας μη τοξικής ουσίας, φυσικής προελεύσεως, που είναι φιλική προς το περιβάλλον.

ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ENTOMA ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟ ΠΡΟΪΟΝ

Ο όρος έντομο αποδίδεται στον Αριστοτέλη ο οποίος διέκρινε στο σώμα των εντόμων τρία διακριτά μέρη, ή εντομές. Τα τρία αυτά μέρη είναι η κεφαλή, ο θώρακας και η κοιλία. Στην κεφαλή υπάρχουν οι οφθαλμοί, οι κεραίες και τα στοματικά μόρια. Από τον θώρακα εκφύονται τα πόδια και οι πτέρυγες. Η κοιλία φέρει τα αναπαραγωγικά όργανα καθώς επίσης και ορισμένα ειδικά εξαρτήματα όπως π.χ. το κεντρί (Ηλιόπουλος 2002).

Έντομο αποθηκών θεωρείται κάθε είδος εντόμου το οποίο προσβάλλει και ζημιώνει αμέσως ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε μια αποθήκη ή χώρο στον οποίο βρίσκονται αποθηκευμένα για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα. Στους αποθηκευτικούς χώρους εντοπίζουμε και άλλα έντομα τα οποία δεν τρέφονται με τα αποθηκευμένα προϊόντα, αλλά με μύκητες ή με άλλα έντομα (αρπακτικά ή παράσιτα). Τέτοιου είδους έντομα μπορούν να θεωρηθούν ωφέλιμοι δείκτες για προϊόντα που τα οποία 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 κάποιες συνθήκες. Στις ΗΠΑ το σιτάρι θεωρείται προσβεβλημένο όταν πληθυσμός δύο ή περισσότερων εντόμων-εχθρών βρεθεί σε ένα χλιόγραμμα βάρους αντιπροσωπευτικού δείγματος αποθηκευμένου προϊόντος (Αnonymous 1994, Μπουχέλος 2002).

Τα περισσότερα είδη εντόμων των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων ανήκουν στην τάξη Coleoptera ακολουθώντας η τάξη Lepidoptera. Από την τάξη Ηυμενοπτερα, τα περισσότερα έντομα που απαντώνται στους αποθηκευτικούς χώρους ανήκουν στις οικογένειες Ichneumonidae, Braconidae, Pteromalidae και παρασιτούν έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων. Ένας πολύ μικρός αριθμός αποτελεί μια εξαίρεση και είναι τα Hemiptera (κυρίως Reduviidae και Anthocoridae), τα οποία είναι αρπακτικά πολλών ειδών τα οποία απαντώνται στους αποθηκευτικούς χώρους. Υπαρξη ειδών άλλων τάξεων κρίνεται μάλλον συμπτωματική και σπάνια. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα και είδη εντόμων όπως τα Coleoptera της οικογένειας Bruchidae που αν και εχθροί των καλλιεργειών, εν τούτοις είναι ικανά να διαχειμάσουν στο ξηρό αποθηκευμένο προϊόν, με σκοπό να περάσουν στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Ένα μεγάλο μέρος από τα συγκεκριμένα έντομα, με μικρές αλλαγές στις συνθήειές τους, έχουν γίνει γνήσια έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων.

Τα έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα και τρόφιμα έχουν ευρεία γεωγραφική εξάπλωση. Αυτή η εξάπλωση διαπιστώνεται τόσο σε έντομα που έχουν ικανότητα πτήσεως όσο και σε έντομα τα οποία δεν εμφανίζουν αυτή την ικανότητα. Από μόνα τους μπορούν να βρεθούν χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Η “μείωση” των αποστάσεων που έχει επιτευχθεί με τη βοήθεια των μέσων μαζικής μεταφοράς, καθώς και το διεθνές εμπόριο με την ολοένα αυξανόμενη διακίνηση των προϊόντων, επιτρέπουν στα έντομα να μετακινούνται καθώς και να αναπτύσσονται σε περιοχές οι οποίες γεωγραφικά απέχουν πάρα πολύ μεταξύ τους.. Με τον τρόπο αυτό και λαμβάνοντας υπ' όψιν και τη θαυμαστή προσαρμοστικότητα των εντόμων αποθηκών, είδη που δεν υπάρχουν ή δεν έχουν παρατηρηθεί σε μια χώρα ή σε κάποιον χώρο, είναι πολύ εύκολο να εμφανιστούν αλλά και να εγκλιματιστούν μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, προσδίδοντας σε πλήθος από αυτά κοσμοπολιτικό

χαρακτήρα. Τα έντομα ταξιδεύουν μέσα σε αμπάρια πλοίων, βαγόνια τρένων, φορτηγά, 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 τέτοιου είδους χώρους επειδή οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας δεν αλλάζουν γρήγορα.

Ένα από τα προβλήματα στον προσδιορισμό των εντόμων αποτελεί το γεγονός ότι η καταστροφή των προϊόντων προκαλείται κυρίως από τις προνύμφες, ενώ τα περισσότερα είδη εντόμων είναι ευκολότερο να αναγνωριστούν από τα ακμαία άτομα (Μπουχέλος 2002).

Το μέγεθος αλλά και το σχήμα του σώματος των εντόμων αποθηκών είναι τέτοια ώστε να τα ευνοούν στην είσοδο αλλά και στην εγκατάστασή τους στους αποθηκευτικούς χώρους. Το μήκος του σώματος των ακμαίων ποικίλει από 1-12 χιλιοστά περίπου ενώ η πλειονότητά τους δεν ξεπερνά τα 5 χιλιοστά. Με τον τρόπο αυτό μια στενή ρωγμή ή σχισμή στην εσωτερική κατασκευή του αποθηκευτικού χώρου αποτελεί πολλές φορές καταφύγιο πληθυσμών εντόμων, ικανών να ξεκινήσουν σοβαρές προσβολές στα φιλοξενούμενα προϊόντα. Το μικρό μέγεθός τους, παρέχει σε αυτά τη δυνατότητα να αποφεύγουν εύκολα τους φυσικούς εχθρούς τους και πολλές φορές την επίδραση εντομοκτόνων. Για παράδειγμα, τα μικροκαμωμένα και πεπλατυσμένα *Oryzaephilus* ssp. χάρη στα προσόντα αυτά, έχουν σήμερα ευρεία εξάπλωση και προσβάλλουν μεγάλο αριθμό προϊόντων (Μπουχέλος 1996).

ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ - ΕΧΘΡΟΙ ΑΠΟΘΗΚΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε, οι κυριότερες τάξεις εντόμων που καταστρέφουν τα αποθηκευμένα προϊόντα είναι αυτές των Κολεοπτέρων και Λεπιδοπτέρων. Στα επόμενα επιχειρείται μια αναλυτική παρουσίαση των δύο αυτών τάξεων εντόμων, καθώς και των προϊόντων τα οποία προσβάλλουν.

2.1 ΤΑΞΗ Coleoptera

Οικογένεια Curculionidae

- *Sitophilus granarius* (L.) κν. “σκαθάρι του σιταριού”

Προσβάλλει κυρίως ξηρούς σπόρους δημητριακών (σιτάρι, ρύζι, βρώμη, κριθάρι, σόργο, σίκαλη, αραβόσιτο). Σπανιότερα προσβάλλει και όσπρια (ρεβίθια).

- *Sitophilus oryzae* (L.) κν. “ρυγχωτό σκαθάρι του ρυζιού”

Προσβάλλει ρύζι και σπόρους δημητριακών. Μπορεί επίσης να προσβάλλει, αλλά σε μικρότερο βαθμό, αλευρώδη προϊόντα, βαμβακόσπορο, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ζωτροφές, κα. Βρέθηκε να είναι το πολυπληθέστερο είδος σε αποθήκες σιταριού στην Ελλάδα (Μπουχέλος 1996).

- *Sitophilus zeamais* Motschulsky

Προσβάλλει σπόρους δημητριακών. Έχει καταγραφεί στις περισσότερες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδος και στην Κρήτη (Μπουχέλος 1996).

Οικογένεια Tenebrionidae

- *Tribolium confusum* Jacquelin du Val κν. “σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων”

Είναι σοβαρός εχθρός όλων των ειδών σπόρων (σιτηρά, όσπρια), αλεύρων, πτύρων, ελαιωδών σπόρων και πλακούντων (ζωτροφών), μπαχαρικών και μεγάλης ποικιλίας ξηρών φυτικών υλών (ριζών, φρούτων, καρπών). Είναι από τα πολυπληθέστερα είδη σε άλευρα και πίτυρα, όπως και το συγγενές του *Tribolium castaneum* (Herbst) Coleoptera: Tenebrionidae (Μπουχέλος 1996).

- *Tribolium castaneum* (Herbst) κν. “σκούρο σκαθάρι των αλεύρων”

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

- *Tenebrio molitor* (L.) κν. “μεγάλο σκαθάρι των αλεύρων”

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

Οικογένεια Ostomidae (= Trogositidae)

- *Tenebroides mauritanicus* (L.) κν. “σκαθάρι των σπόρων”

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

Οικογένεια Silvanidae

- *Oryzaephilus surinamensis* (L.) κν. “οδοντωτό σκαθάρι των σπόρων”

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

Οικογένεια Cucujidae

- *Cryptolestes ferrugineus* (Steph.) κν. “Σιταρόψειρα”

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

Οικογένεια Bostrychidae

- *Rhyzopertha dominica* (F.) κν. “σκαθάρι του ρυζιού”

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

Οικογένεια Anobiidae

- *Lasioderma serricorne* (F.) κν. “σκαθάρι ή ψείρα του ξηρού καπνού”

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

Οικογένεια Nitidulidae

- *Carpophilus hemipterus* (L.) κν. “σκαθάρι των ξηρών φρούτων”

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

Οικογένεια Bruchidae

- *Acanthoscelides obtectus* (Say) κν. “Βρούχος των φασολιών”

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

- *Bruchus pisorum* (L.) κοινώς “βρούχος των μπιζελιών”

- *Bruchus rufimanus* (L.) κοινώς “βρούχος των κουκιών”
- *Bruchus lentis* (L.) κοινώς “βρούχος της φακής”

Οικογένεια Dermestidae

- *Anthrenus museorum* (L.) και *Anthrenus verbasci* (L.) κν. “σκαθάρια των μουσείων”
Οι προνύμφες προσβάλουν συνήθως ζωικές ύλες, νεκρά έντομα, και ζώα σε συλλογές και μουσεία αλλά και μάλλινα, τάπητες, βαμβακερά, δέρμα, και γουναρικά.
- *Trogoderma granarium* (Everts) κν. “τρογόδερμα των σπόρων”
Αντίθετα με τα υπόλοιπα Dermestidae, τρέφεται αποκλειστικώς με φυτικές ύλες και είναι καταστρεπτικό στα αποθηκευμένα σιτηρά. Επίσης προσβάλλει ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες. Αποτελεί “Έντομο καραντίνας” σε πολλές χώρες και στην Ελλάδα.

2.2 ΤΑΞΗ Lepidoptera

Οικογένεια Pyralidae

- *Ephestia kuhniella* (Zeller) κν. “μεσογειακό σκουλήκι των αλεύρων”
Προσβάλλει άλευρα και σπόρους σιτηρών, όσπρια, ξηρούς καρπούς, πίτουρα, γύρη στις κυψέλες των μελισσών κ.α.
- *Ephestia cautella* (Walker) κν. “σκουλήκι των σύκων, σταφίδας”
Προσβάλλει κυρίως μισοξηραμένα και ξερά σύκα, άλλα και πολλά άλλα ξηρά φρούτα και καρπούς (σταφίδες, δαμάσκηνα, βερίκοκα, χουρμάδες, φιστίκια, αμύγδαλα) ενώ προσβάλλει λιγότερο το αλεύρι, τα πίτουρα, τα μπισκότα, τη σοκολάτα και τις ζωοτροφές.
- *Ephestia elutella* (Hubner) κν. “σκουλήκι του καπνού ή του κακάο”
Εκτός από καπνά πλούσια σε σάκχαρα και πτωχά σε νικοτίνη, προσβάλλει και κακάο, σοκολάτα, αλεύρι, ζυμαρικά, σπόρους σιτηρών και οπώρες, αφυδατωμένα λαχανικά, πλακούντες κ.α.
- *Plodia inerpunctella* (L.) κν. “κοινό σκουλήκι αποθηκών”
Είναι έντομο πολυφάγο. Εκτός από διάφορα είδη σπόρων και τα προϊόντα τους, προσβάλλει όλα σχεδόν τα είδη ξηρών σπόρων και οπωρών, αποξηραμένες φυτικές και ζωικές ουσίες (βοτανικές και ζωολογικές συλλογές), σκόνη γάλακτος, σοκολάτα, γύρη στις κυψέλες των μελισσών κ.α.
- *Pyralis farinalis* (L.) κν. “σκουλήκι των αλεύρων”
Προσβάλλει κυρίως άλευρα και σπόρους σιτηρών αλλά και διάφορα άλλα φυτικά υλικά και αλλοιωμένα προϊόντα.

Οικογένεια Tineidae

- *Tinea granella* (L.) κν. “τίνεα των σπόρων”

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

Οικογένεια Gelechiidae

- *Sitotroga cerealella* (Olivier) κν. “σιτοτρώγα”

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

ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.

Πλήθος αγροτικών προϊόντων που δεν προωθούνται άμεσα στην κατανάλωση αποθηκεύονται για μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα σε κατάλληλους αποθηκευτικούς χώρους. Από τη στιγμή της αποθηκεύσεως αρχίζει η βαθμιαία υποβάθμιση της ποιότητας του αποθηκευμένου προϊόντος ενώ καταγράφονται και ποσοτικές απώλειες. Οι ζημιές αυτές ολοκληρώνονται μετά την παρέλευση συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος το οποίο ποικίλει αναλόγως του είδους του αποθηκευμένου προϊόντος. Είναι απαραίτητο να ελαχιστοποιηθούν τόσο οι ποσοτικές όσο και οι ποιοτικές απώλειες για το χρονικό διάστημα που παραμένει το προϊόν στην αποθήκη.

Οι απώλειες αυτές έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης από πολλούς ερευνητές (Hall 1970, Rowley 1984, Haines 1991) και αποδίδονται σε βιοτικούς αλλά και σε αβιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος της αποθήκης. Σε τέτοιες μελέτες, δίνεται έμφαση στην αλληλεπίδραση μεταξύ των βιοτικών και μη βιοτικών παραγόντων.

3.1 Βιοτικοί και Αβιοτικοί παράγοντες

Πρώτο βήμα, είναι να θεωρηθεί η μάζα του προϊόντος ως ένα οικοσύστημα όπου το αβιοτικό φυσικοχημικό περιβάλλον αλληλεπιδρά με την χλωρίδα αλλά και την πανίδα μέσω των τροφικών σχέσεων της παραγωγής, της καταναλώσεως καθώς και της αποσυνθέσεως. (Sinha 1973, 1995, Calderon 1981, Dunkel 1992, Haines 1991). Όλη αυτή η συνεχής διαδικασία οδηγεί στην ποσοτική αλλά και ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος.

Σε αντίθεση με τα φυσικά οικοσυστήματα, τα οποία είναι μεν ανεξέλεγκτα αλλά δεν παρενοχλούνται από εξωτερικούς παράγοντες, το οικοσύστημα μιας αποθήκης δημιουργείται και ελέγχεται από τον άνθρωπο (Sinha 1995). Σκοπός των ανθρώπινων ενεργειών και παρεμβάσεων είναι η μείωση των δυσμενών επιδράσεων των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων στο αποθηκευμένο προϊόν.

3.2 Αβιοτικοί Παράγοντες

Οι αβιοτικοί παράγοντες αφορούν τόσο σε ιδιότητες της αποθήκης (δομή και κατασκευή, θερμοκρασία, σχετική υγρασία και σύνθεση της ατμόσφαιρας, γεωγραφική θέση κ.α.) όσο και του προϊόντος (είδος, θερμοκρασία, περιεκτικότητα σε υγρασία, μηχανικές ιδιότητες). Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό όλοι αυτοί οι παράγοντες (με σημαντικότερους τη θερμοκρασία και την υγρασία) επηρεάζουν τη δράση των βιοτικών παραγόντων (Pixton 1982, Prakash & Goel 1993).

3.2.1 Η καταλληλότητα και τα μέτρα προστασίας των αποθηκευτικών χώρων.

Οι αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι με ορθό τρόπο έτσι ώστε να μην επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση αλλά και εγκατάσταση εντομολογικών ή άλλων εχθρών. Στα παράθυρα πρέπει να τοποθετείται ψιλή σήτα για να παρεμποδίζεται η είσοδος στα έντομα στο εσωτερικό της αποθήκης, οι θύρες να κλείνουν πολύ καλά χωρίς να αφήνουν ανοίγματα και να μην υπάρχουν ρωγμές στους τοίχους και τις οροφές. Τα δάπεδα θα πρέπει να καθαρίζονται εύκολα και συχνά και να μην υπάρχουν μέρη που θα προσφέρουν καταφύγιο στα έντομα. Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να είναι εύκολη η προσπέλαση για καθαρισμό και εφαρμογή εντομοκτόνων ουσιών, στις εγκαταστάσεις κλιματισμού, κεντρικής θερμάνσεως και αποχετεύσεως.

3.2.2 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 καθοριστικά 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.

3.2.3 Η χωροταξική μελέτη της αποθήκης

Η επιλογή του χώρου που πρόκειται να φιλοξενήσει τα προς αποθήκευση προϊόντα θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή. Χώροι οι οποίοι γειτονεύουν με πιθανές άλλες εστίες μόλυνσεως (πχ. εργοστάσια επεξεργασίας φυτικών προϊόντων, αποθήκες, χωματερές κλπ), εμφανίζουν τις περισσότερες πιθανότητες να μολυνθούν από διάφορα αρθρόποδα και μικροοργανισμούς.

3.2.4 Η υγειονομική κατάσταση του προϊόντος πριν την αποθήκευση

Σε περίπτωση που τα προϊόντα είναι ήδη προσβεβλημένα από τον αγρό ή προσβλήθηκαν κατά τη μεταφορά τους προς την αποθήκη, τότε το μέγεθος της προσβολής μέσα στην αποθήκη θα αυξηθεί και τα προϊόντα αυτά θα αποτελέσουν εστίες “μόλυνσης” και για άλλα προϊόντα που θα εισαχθούν αργότερα.

3.3 Βιοτικοί Παράγοντες

Οι κύριοι βιοτικοί παράγοντες απωλειών των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων είναι τα αρθρόποδα (έντομα και ακάρεα), τα τρωκτικά, οι μύκητες και άλλοι μικροοργανισμοί. Η παρουσία των περισσοτέρων μικροοργανισμών σχετίζεται άμεσα με υψηλή υγρασία καθώς δεν επιβιώνουν σε ξηρά περιβάλλοντα. Η σημαντικότερη ομάδα είναι αυτή των αρθροπόδων, η οποία παρουσιάζει ποικίλες τροφικές συνήθειες. Τα αρθρόποδα, αναλόγως τις διατροφικές συνήθειές τους, είναι δυνατόν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες :

- i) Φυτοφάγα (commodity-feeders): Αυτά που τρέφονται άμεσα με το προϊόν. Στις αποθήκες σπόρων διακρίνονται ελάχιστα έντομα τα οποία μπορούν να προσβάλλουν ακέραιο προϊόν (σπόρο) και καλούνται πρωτεύοντες εχθροί (primary pests). Τα περισσότερα έντομα χρειάζονται σπασμένο ή προσβεβλημένο σπόρο για να τραφούν και γι' αυτό ονομάζονται δευτερεύοντες εχθροί (secondary pests).
- ii) Μυκητοφάγα (fungus-feeders): Αυτά που διατρέφονται με μύκητες που αναπτύσσονται σε προσβολές ή ως μυκοχλωρίδα στην επιφάνεια των προϊόντων.
- iii) Απορριμματοφάγα (scavengers): Αυτά που τρέφονται με νεκρά φυτικά και ζωικά υπολείμματα και σκόνες.
- iv) Αρπακτικά (predators) και παρασιτοειδή (parasitoids) των παραπάνω αρθροπόδων.

3.3.1 Η συμπεριφορά και η δραστηριότητα των εντόμων .

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

3.3.2 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.

3.4 Μέτρα που λαμβάνονται για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των εντομολογικών προσβολών στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης ή επεξεργασίας των προϊόντων.

3.4.1 Αποφυγή της εισόδου των εντόμων στις εγκαταστάσεις.

Είναι το βασικότερο μέτρο και πρέπει να τηρείται οπωσδήποτε ώστε να αποφεύγονται οι προσβολές. Η υγιεινή των εγκαταστάσεων, αλλά και ο έλεγχος του προς αποθήκευση προϊόντος (ώστε να διαπιστωθεί εάν έχει μολυνθεί) είναι πολύ σημαντικά στον έλεγχο των εντόμων τα οποία προσβάλλουν αυτά τα προϊόντα.

3.4.2 Σχολαστική καθαριότητα των χώρων.

Το απλούστερο αλλά και το αποτελεσματικότερο μέτρο ελέγχου είναι η εύρεση της πηγής της προσβολής. Η προσεκτική υγιεινή είναι η καλύτερη μέθοδος για την αποφυγή οποιονδήποτε εντόμων αποθηκών. Ο συχνός καθαρισμός των χώρων όπου αποθηκεύονται ή υφίστανται επεξεργασία τα προϊόντα και η απομάκρυνση ακρήστων υπολειμμάτων επεξεργασίας, συμβάλλει σημαντικώς ώστε να αποτρέπεται η εγκατάσταση και ο πολλαπλασιασμός των ανεπιθύμητων αρthropόδων. Στους χώρους των εγκαταστάσεων, όπου ο συχνός καθαρισμός δεν είναι ενδεχομένως εφικτός, θα πρέπει να εφαρμόζονται τοπικά εντομοτοξικές ουσίες με την βοήθεια ειδικών φορητών συσκευών (spot fumigation).

3.4.3 Ύπαρξη λεπτομερούς προγράμματος ελέγχου για την έγκαιρη επισήμανση τυχόν προσβολής.

Σε μια σωστά σχεδιασμένη σύγχρονη μονάδα θα πρέπει, παράλληλα με τα μέτρα που λαμβάνονται, να υπάρχει κατάλογος “ευαίσθητων” περιοχών ή σημείων της εγκατάστασης που πιθανολογείται ότι μπορούν να αποτελέσουν εστίες ή καταφύγια εντόμων και να γίνεται χρήση διαφόρων τύπων παγίδων κατάλληλων για κάθε περίπτωση, για έγκαιρη διαπίστωση τυχόν υπάρξεως εντόμων. Η έγκαιρη ανίχνευση και η αντιμετώπιση των εντόμων προλαμβάνει την εξάπλωσή τους στο αποθηκευμένο προϊόν.

ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΩΝ

Οι απώλειες που προκαλούνται κατά την αποθήκευση του προϊόντος είναι πράγματι πολύ μεγάλες και συνήθως πρόκειται για μια μη αναστρέψιμη κατάσταση. Γι' αυτό το λόγο η προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων έχει τεράστια σημασία. Εάν έχουν ληφθεί προληπτικά μέτρα όσον αφορά στο αποθηκευμένο προϊόν και παρ' όλα αυτά εντοπιστούν προσβολές, τότε θα πρέπει να αντιμετωπιστούν αμέσως.

Ως πιο αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, ακόμη και σήμερα είναι η χημική. Παρ' ότι με τη χημική μέθοδο καταφέρνουμε πλήρη αντιμετώπιση των εντόμων οι συνέπειες χρήσεως χημικών μεθόδων είναι πολύ αρνητικές για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Αν προσθέσουμε και το γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου τα έντομα αποκτούν ανθεκτικότητα σε αυτή τη μέθοδο, τότε οδηγούμαστε στην ανάγκη για αναζήτηση και χρήση νέων μεθόδων. Οι εναλλακτικές αυτές μέθοδοι αντιμετώπισης, πέραν των χημικών, διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- Μηχανικές
- Φυσικές
- Βιοτεχνολογικές
- Βιολογικές

4.1 Χημικές μέθοδοι

Με τις χημικές μεθόδους αντιμετώπισης αποσκοπούμε στον άμεσο έλεγχο των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, είτε πριν είτε μετά την εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται είναι είτε τα κοινά εντομοκτόνα είτε τα καπνογόνα.

Χημικά εντομοκτόνα

Τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται κυρίως στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι οργανοφωσφορικά, πυρεθρινοειδή και καρβαμιδικά. Από τα οργανοφωσφορικά χρησιμοποιούνται κυρίως τα Acephate, Chlorpyrifos, Dichlorvos, Fenthion, Malathion και Pyrimiphos methyl. Από τα πυρεθρινοειδή, χρησιμοποιούνται κυρίως τα deltamethrin, cyfluthrin, beta-cyfluthrin και από τα καρβαμιδικά το carbaryl και το propoxur.

Όλα τα παραπάνω σκευάσματα χρησιμοποιούνται για απεντομώσεις χώρων κυρίως με ψεκασμό και λιγότερο με επίπαση. Το ψεκαστικό υγρό μπορεί να εφαρμοστεί με ψεκαστήρες πλάτης, όταν πρόκειται για μικρούς χώρους ή με ψεκαστήρες υψηλής πίεσης και υψηλού όγκου (HV) όταν πρόκειται για μεγάλης εκτάσεως χώρους. Οι σταγόνες μεγέθους 300-400 μ που παράγονται από τους ψεκαστήρες HV, μπορεί μεν να δημιουργούν ένα καλό νέφος, κατακάθονται όμως γρήγορα και δημιουργούν πολλές φορές ελαιώδεις ανεπιθύμητους λεκέδες. Για τον λόγο αυτό, οι ψεκασμοί επιδιώκεται να γίνονται με ψεκαστήρες υπερμικρού όγκου

(ULV) όπου το μέγεθος των σταγονιδίων κυμαίνεται από 1-30 μ. Ομιχλώδη νεφελώματα από σταγονίδια εντομοκτόνου μπορούν να παραχθούν και με ειδικές φορητές συσκευές (chemical fog applicators).

Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι επιτυγχάνεται η έγχυση του ψεκαστικού υγρού σε δύσκολα μέρη, όπως για παράδειγμα στο εσωτερικό των μηχανημάτων. Οι ίδιες συσκευές χρησιμοποιούνται επίσης για μυοκτονίες ή ακόμη για την καταπολέμηση εντόμων θερμοκηπίου (αλευρώδεις, λυριόμυζες, θρίπες). Επίσης, τοπική και περιορισμένη χρήση εντομοκτόνων σε σημεία που αποτελούν καταφύγια εντόμων ή σε σημεία που παρατηρούνται υψηλοί πληθυσμοί, επιτυγχάνεται με φορητά ψεκαστικά μηχανήματα (spot fumigation ή spot treatment). Για την επιλογή του καταλλήλου εντομοκτόνου θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν πολλές παράμετροι, όπως:

- α. το είδος του εντόμου που πρόκειται να καταπολεμηθεί,
- β. η διάρκεια προστασίας,
- γ. η δόση και τα υπολείμματα που αφήνει το εντομοκτόνο στα προϊόντα,
- δ. το είδος του προϊόντος που είναι αποθηκευμένο ή που πρόκειται να αποθηκευτεί
- ε. ο χρόνος επαναχρησιμοποίησεως του χώρου από τους εργαζόμενους, και τα τυχόν παρασκευαζόμενα στον χώρο προϊόντα.

Καπνογόνα

Τα καπνογόνα στη γεωργική φαρμακολογία είναι οι χημικές ουσίες που επενεργούν τοξικώς με ατμούς στα παράσιτα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, διάφορα υλικά ή και τις καλλιέργειες. Η χρήση των καπνογόνων θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή, τηρώντας αυστηρώς τις οδηγίες χρήσεως και από εξειδικευμένο προσωπικό στο οποίο θα διατίθενται όλα τα απαραίτητα μέσα για την ασφάλειά του. Το μεγάλο πλεονέκτημά τους είναι ότι εξαπλώνονται πολύ γρήγορα και διεισδύουν σε θέσεις και χώρους όπου άλλοι τρόποι αντιμετώπισεως είναι πρακτικώς αδύνατον να εφαρμοστούν. Τα κυριότερα καπνογόνα που χρησιμοποιούνται σήμερα στην αντιμετώπιση των εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι το βρωμιούχο μεθύλιο (CH_3Br) και η φωσφίνη (PH_3). Και τα δύο καπνογόνα είναι πολύ ισχυρά δηλητήρια τόσο για τα έντομα όσο και για τα θηλαστικά, γι' αυτό η εφαρμογή τους πρέπει να γίνεται προληπτικώς, πριν την εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη. Το CH_3Br έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο, ενώ παραλλήλως συμβάλλει στην καταστροφή του όζοντος της στρατόσφαιρας.



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

1. Σημείο ζέσεως

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.

2. Πτητικότητα - Τάση ατμών

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

3. Ειδικό βάρος

Το ειδικό βάρος των τοξικών ατμών του καπνογόνου, καθορίζει την ομοιόμορφη συγκέντρωσή τους στο χώρο, όπως επίσης και τον τρόπο εισαγωγής της καπνογόνου ουσίας μέσα στο χώρο.

4. Αναφλεξιμότητα - Εκρηκτικότητα

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

5. Προσροφητικότητα ατμών

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

6. Διαλυτότητα

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

7. Εντομοτοξική ενέργεια

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



Εικόνα 2: Φωσφίνη 1.χάπια φωσφίνης 2.τοποθέτηση χαπιών φωσφίνης σε χύμα σπόρους με την βοήθεια σόντας 3.Τοποθέτηση χαπιών κάτω από ντάνες 4.Σακίδια 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 “κουβέρτας” 11,12,13.χρησιμοποίηση “κουβερτών” σε ντανιασμένα ή χύδη προϊόντα 14.μάσκα και φίλτρο για την προστασία των εφαρμογών 15.ανχνευτές φωσφίνης τύπου λεπτού σωλήνος (από Detia GmbH)

Συνέπειες των χημικών εντομοκτόνων

Το αυξανόμενο κόστος για την έρευνα, ανάπτυξη και νομική καταχώρηση των συμβατικών εντομοκτόνων στις ανεπτυγμένες χώρες περιορίζει την διάθεση στην αγορά νέων εντομοκτόνων διαφόρων συνθέσεων, για όλες τις γεωργικές χρήσεις. Η διαδικασία της νομικής καταχώρησης γεωργικού εντομοκτόνου μπορεί να διαρκέσει 8-10 χρόνια και να κοστίσει 40-80 χιλιάδες δολάρια (Arthur 1996b). Επίσης κάθε χημικό εντομοκτόνο που έχει καταγραφεί και καταχωρηθεί πριν το 1986 (όπως το malathion) πρέπει να καταχωρηθεί ξανά κάτω από την ίδια διαδικασία. Αυτό το κόστος καταχώρησης είναι απαγορευτικό για πολλά γεωργικά συστήματα, γιατί κάθε προϊόν το οποίο καταχωρείται ή πρέπει να ξανάκαταχωρηθεί είναι αναγκαίο να πραγματοποιεί σημαντικού όγκου ετήσιες πωλήσεις για να καλύψει το συγκεκριμένο κόστος (Arthur 1996b). Παρ' ότι υπάρχουν φανερά οφέλη προερχόμενα από τα γεωργικά εντομοκτόνα συμπεριλαμβανομένων και αυτών που χρησιμοποιούνται προληπτικώς, υπάρχουν και σοβαρές έμμεσες συνέπειες που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν. Οι δηλητηριάσεις από εντομοκτόνα που καταλήγουν σε χρόνιες ασθένειες ή θάνατο είναι σχετικώς σπάνιες, αλλά όταν εμφανίζονται, οι συνέπειες μπορεί να είναι σημαντικές. Μακροχρόνια έκθεση σε οργανοφωσφορικά υπολείμματα μπορεί να προκαλέσει νευρολογικά προβλήματα (Arthur 1996b). Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας των εντόμων αποθηκών που αναπτύσσονται στα ακατέργαστα γεωργικά προϊόντα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι χρειάζονται επιπρόσθετα μέτρα για τον έλεγχο τους ή την αντικατάσταση των χημικών με εναλλακτικές μεθόδους προστασίας, που θα μειώσουν τις παραπάνω συνέπειες. Πολλές χώρες αναπτύσσουν προγράμματα και σχέδια δράσεως έτσι ώστε να μειωθεί η χρήση των χημικών εντομοκτόνων μέχρι και 50% (Arthur 1996b).

4.2 Βιοτεχνολογικές μέθοδοι

Οι βιοτεχνολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης των εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων περιλαμβάνουν την χρήση παγίδων, φερομονών ή και τον συνδυασμό τους, τους ρυθμιστές αναπτύξεως και τη χρήση αιθέριων ελαίων.

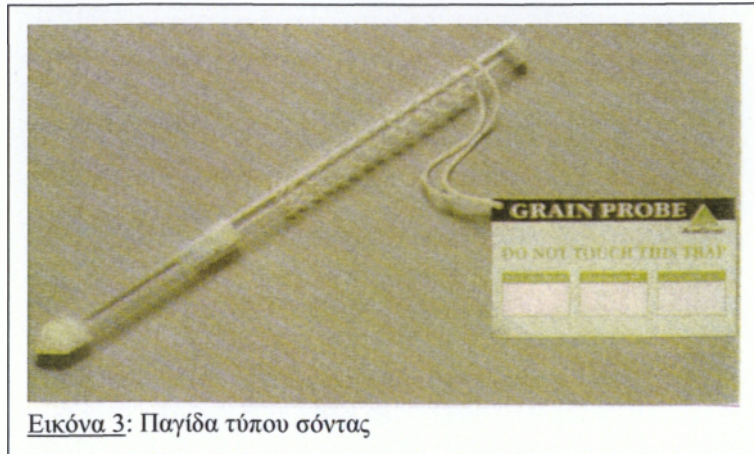
Χρήση παγίδων και φερομονών

Παγίδες

Ο ρόλος της χρήσεως των παγίδων στην αντιμετώπιση των εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι πολύ σημαντικός καθώς οι παγίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την 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 άμεσο έλεγχο των εντόμων. Σε γενικές γραμμές, οι παγίδες ανιχνεύουν τους πληθυσμούς των εντόμων σε χρονικό διάστημα πολύ πιο σύντομο από το αντίστοιχο που χρειάζεται μιαν απλή δειγματοληψία, ευνοώντας με τον τρόπο αυτό μια πρωιμότερη κατάστρωση σχεδίου αντιμετώπισεως των εντομολογικών προσβολών.

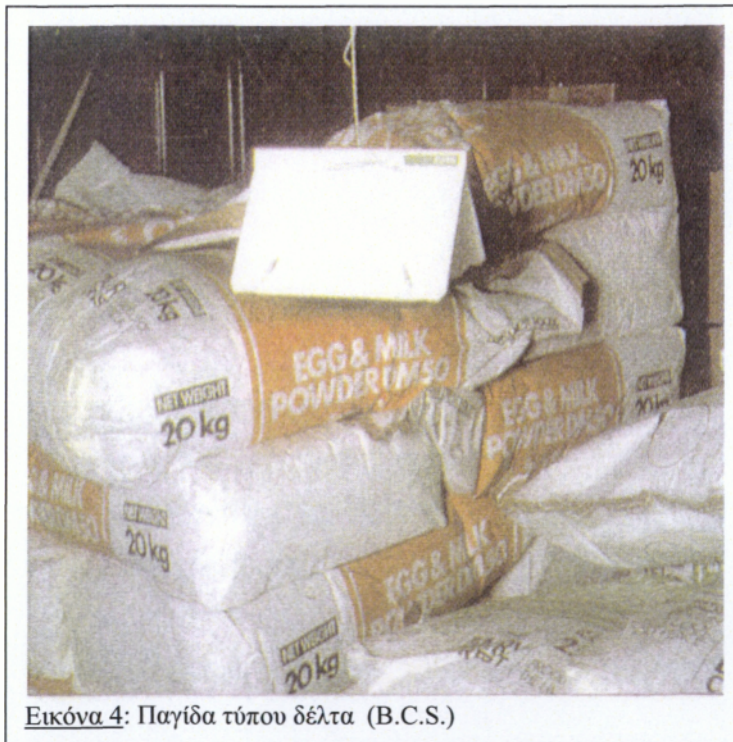
Οι παγίδες μπορούν να διαφέρουν αναλόγως με το μέσο παγιδεύσεως ή θανατώσεως. Το μέσον αυτό μπορεί να είναι κάποια κολλητική ουσία πχ. κολλητικές παγίδες, ένα εντομοκτόνο, κάποιος αποθηκευτικός χώρος από τον οποίο δεν μπορούν

να ξεφύγουν τα έντομα πχ. παγίδες τύπου σόντας ή ηλεκτρική αντίσταση, όπως συμβαίνει με τις ηλεκτρικές παγίδες. Επίσης μπορούν να διαφέρουν και όσον αφορά στο υλικό από το οποίο έχουν κατασκευαστεί (χαρτί, πλαστικό, μέταλλο) ή στο σχήμα τους (πχ. μορφή δέλτα, κυματοειδές χαρτόνι).



Εικόνα 3: Παγίδα τύπου σόντας

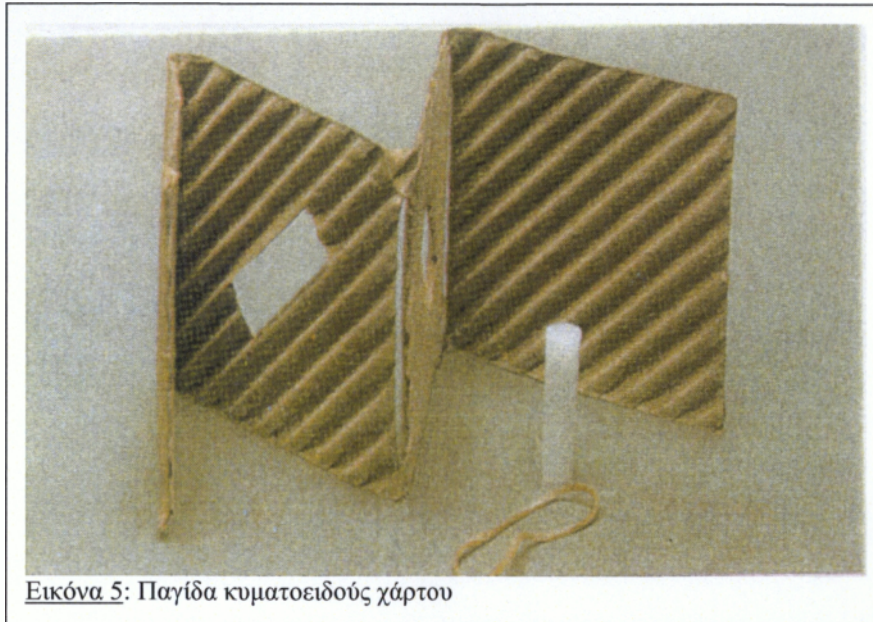
Αναλόγως με το εάν αναρτώνται ή όχι, οι παγίδες διακρίνονται σε εναέριες και επιφανειακές. Οι εναέριες παγίδες που αναρτώνται στους αποθηκευτικούς χώρους, χρησιμοποιούνται κυρίως για τις ιπτάμενες μορφές εντόμων ή για ιπτάμενα έντομα και μπορούν να είναι είτε κολλητικές,



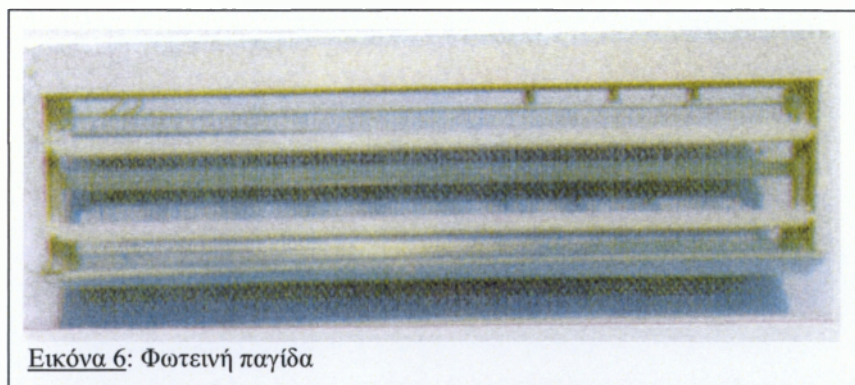
Εικόνα 4: Παγίδα τύπου δέλτα (B.C.S.)

είτε να παγιδεύουν και να θανατώνουν τα έντομα σε ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους που διαθέτουν για τον σκοπό αυτό. Οι επιφανειακές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για βαδίζοντα αλλά και για ιπτάμενα έντομα. Οι μη κολλητικές παγίδες είναι γενικώς επαναχρησιμοποιήσιμες σε σχέση με τις κολλητικές, κάτι που αποτελεί και το κυριότερο πλεονέκτημά τους. Με τις τύπου σόντας παγίδες είναι δυνατή η

δειγματοληψία σπόρου σε διάφορα βάθη της μάζας του σιταριού. Με τις παγίδες αυτού του τύπου τα έντομα παγιδεύονται σε ένα διάτρητο μεταλλικό ή πλαστικό καθετήρα που τοποθετείται εντός της μάζας του αποθηκευμένου προϊόντος σε διάφορα βάθη. Τα έντομα έρχονται μέσα στις τρύπες και πέφτουν μέσα σε ένα σωλήνα συλλογής ή σε ένα συλλογέα που μπορεί να αλλάχθει και είναι ειδικώς σχεδιασμένος για χρήση εντός της μάζας του σιταριού. Οι παγίδες τύπου σόντας έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να μείνουν για αρκετό χρονικό διάστημα μέσα στην αποθήκη.

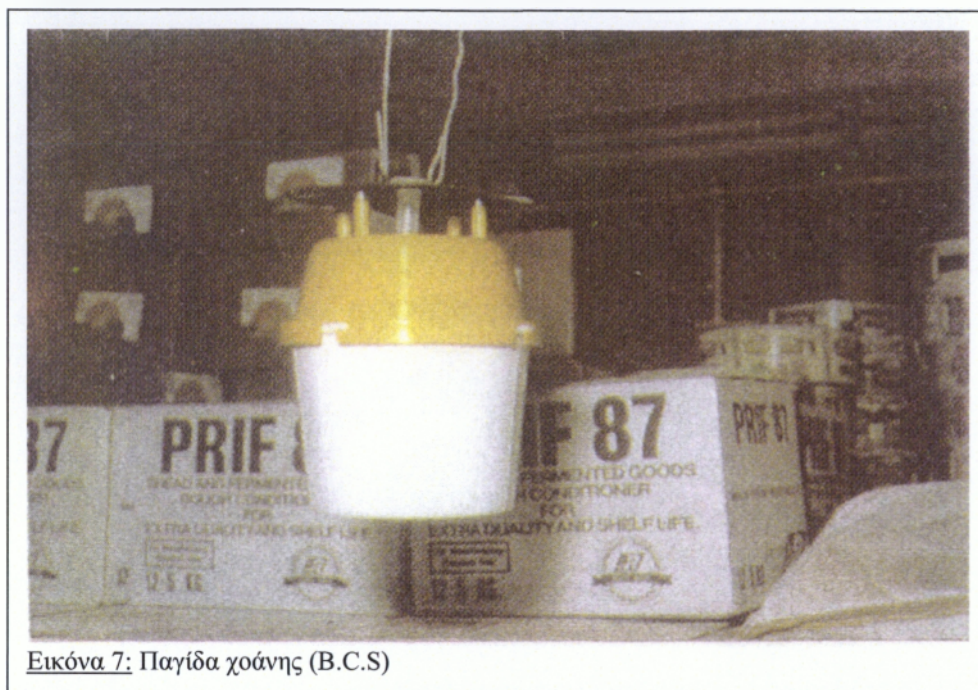


Με τις φωτεινές ή ηλεκτρικές παγίδες εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο του τροπισμού και ειδικότερα του φωτοτροπισμού. Τροπισμός είναι ο προσανατολισμός και στην συνέχεια η αντανάκλαστική μετατόπιση (θετική ή αρνητική) των οργανισμών, υπό την επίδραση κάποιου δεδομένου ερεθίσματος. Όταν το συγκεκριμένο ερέθισμα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



Με τις παγίδες αυτές όσα έντομα παρουσιάζουν το φαινόμενο του θετικού φωτοτροπισμού, προσελκύνονται και ακολούθως θανατώνονται μέσω ηλεκτροπληξίας. Ευκόλως συμπεραίνεται ότι η χρήση αυτών των παγίδων προϋποθέτει καταπολέμηση εντόμων με θετικό και όχι με αρνητικό φωτοτροπισμό. Έντομα αποθηκών με αρνητικό φωτοτροπισμό είναι: *O. surinamensis*, *Oryzaephilus mercator* (F.)

(Coleoptera: Silvanidae), *S. granarius*, *T. confusum*, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrychidae), *T. molitor*, *Tenebroides mauritanicus* (L.) (Coleoptera: Trogosididae), *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Coleoptera: Anthribidae).



Εικόνα 7: Παγίδα χοάνης (B.C.S)

Φερομόνες

Οι φερομόνες είναι ουσίες που απελευθερώνονται από έντομα ή άλλα ζώα στην επιφάνεια του σώματος ή στο περιβάλλον, επιδρώντας στη συμπεριφορά ή την φυσιολογία σε άτομα του ίδιου συνήθως είδους. Είναι πτητικές οργανικές ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους και ανήκουν σε διάφορες ομάδες. Είναι ορμόνες φύλου που παράγουν συνήθως τα θήλεα άτομα ώστε να ελκύουν τα αρρένα προς σύζευξη. Υπάρχει και μια άλλη κατηγορία φερομονών, οι φερομόνες συναθροίσεως οι οποίες παράγονται από το ένα φύλο, συνήθως το άρρεν και ελκύουν μέλη από τα δύο φύλα είτε για σύζευξη είτε για συνάθροιση στην πηγή τροφής.

Με τη χρήση φερομονικών παγίδων μπορούμε να ανιχνεύσουμε και να προσδιορίσουμε ταυτόχρονα τα έντομα-εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων, ενώ κατ' ευθείαν έλεγχος των πληθυσμών με φερομόνες μπορεί να επιτευχθεί με σκευάσματα που περιέχουν ελκυστικό, το οποίο ελκύει και ταυτόχρονα θανατώνει ή αποτρέπει την σύζευξη των εντόμων.

Ρυθμιστές ανάπτυξεως

Πρόκειται για μια καινούρια ομάδα εντομοκτόνων τα οποία δεν ταξινομούνται με βάση τη χημική δομή τους, αλλά με βάση τον τρόπο δράσεώς τους. Η χρήση των ρυθμιστών ανάπτυξεως στηρίχθηκε στην ιδέα της αντιμετώπισης των εντόμων-εχθρών με ορμόνες νεότητας που παράγουν τα ίδια τα έντομα. Τα πλεονεκτήματα της χρήσεως ρυθμιστών ανάπτυξεως 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 ανθεκτικότητας. Τα εντομοκτόνα αυτά δεν είναι τοξικά προς τον άνθρωπο και είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Μπορούν να ενταχθούν σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολεμήσεως. Δρουν σε μια ορισμένη φάση του βιολογικού κύκλου των εντόμων, με αποτέλεσμα ο χρόνος εφαρμογής τους να παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητά τους γι' αυτό είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη εφαρμογή παγίδων φερομόνης φύλου για την παρακολούθηση των πληθυσμιακών διακυμάνσεων των εντόμων. Σήμερα, στον κατάλογο των διαθέσιμων ρυθμιστών ανάπτυξης, εκτός από τις ορμόνες νεότητας, έχουν προστεθεί οι παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης καθώς και οι ανταγωνιστές εκδύσεως. Από τις ορμόνες νεότητας, το methoprene είναι πιο αποτελεσματικό επί εντόμων που τρέφονται εξωτερικώς των σπόρων (Mian & Mulla 1982, Smet et al. 1989) και έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως ως μια εναλλακτική μέθοδος ελέγχου των εχθρών *O. surinamensis* και *R. dominica* λόγω ανθεκτικότητας που παρουσίασαν το μεν πρώτο στα οργανοφωσφορικά το δε δεύτερο στα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα. 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 fenoxycarb και το το burprofen που χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα επαφής (Δημόπουλος et al. 1998).

Οι παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης, αν και δεν μιμούνται τις ορμόνες νεότητας, εμποδίζουν την ομαλή έκδυση των προνυμφών των εντόμων, παρεμποδίζοντας τον σχηματισμό του νέου δερματοσκελετού (κατά την έκδυση), 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 δίδουν αυξημένη προστασία παρεμποδίζοντας τον σχηματισμό γενεών με ταυτόχρονη θανάτωση των ανωρίμων σταδίων. Παρά το γεγονός ότι τα εργαστηριακά αποτελέσματα μελετών ήσαν ενθαρρυντικά το μέλλον τους κρίνεται αβέβαιο. 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 (παρασιτοειδών-αρπακτικών) όταν θα εφαρμόζεται πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης.

Αιθέρια έλαια

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

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

Τα αιθέρια έλαια υπόσχονται αρκετά για τον έλεγχο των κυρίων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, με το να είναι δραστικά καπνογόνα σε χαμηλές

συγκεντρώσεις, ελπίζοντας ότι κάποτε θα αντικαταστήσουν τα σημερινά χρησιμοποιούμενα καπνογόνα (Shaaya et al. 1997)

4.3 Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Με τις βιολογικές μεθόδους αντιμετώπισεως ο έλεγχος των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων έχει εσπιασθεί στην χρήση φυσικών εχθρών και εντομοπαθογόνων μυκήτων με την ένταξή τους στο οικοσύστημα της αποθήκης. Οι φυσικοί εχθροί διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα αρπακτικά και τα παρασιτοειδή.

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

Παρασιτοειδές θεωρείται ένα έντομο το οποίο έχει συνήθως, όχι πάντοτε, το ίδιο μέγεθος περίπου με τον ξενιστή του, απαιτεί δε έναν μόνον ξενιστή για τη συμπλήρωση της αναπτύξεως του τον οποίον και τελικά θανατώνει (Λυκουρέσης 1995). Για τη σωστή αλλά και έγκαιρη χρήση των φυσικών εχθρών χρειάζεται καλή γνώση

- α. της βιολογίας των φυτών από τα οποία θα συγκομιστεί το αποθηκευμένο προϊόν
- β. διαφόρων παραμέτρων που συντελούν στην διάρκεια αποθηκεύσεως του συγκομισμένου προϊόντος (πχ συντηρησιμότητα, υγρασία προϊόντος και χώρου, θερμοκρασία χώρου κα.)
- γ. του βιολογικού κύκλου των εχθρών
- δ. των ανταγωνιστών των εχθρών (βιολογία, που και πως διαχειμάζουν κα.).

Με τις γνώσεις αυτές μπορεί να καταρτιστεί ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα αντιμετώπισεως 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* (R.) (Hemiptera: Anthocoridae), το οποίο είναι αρπακτικό ωών και προνυμφών στις περισσότερες κατηγορίες εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων, και το *Teretriusoma nigrescens* (L.) (Coleoptera: Histeridae), το οποίο είναι αρπακτικό διαφόρων οικογενειών της τάξεως Coleoptera που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα. Τα γενικά παρασιτοειδή προτιμούν ένα συγκεκριμένο στάδιο αναπτύξεως των ειδών που θα παρασιτήσουν. Σπουδαία γενικά παρασιτοειδή τα οποία έχουν μελετηθεί ευρέως στον αγρό αλλά χρησιμοποιούνται και στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων είναι τα ωοπαρασιτοειδή του γένους *Trichogramma* (Hymenoptera:

Trichogrammatidae) και το *Habrobracon* (= *Bracon*) *hebetor* (L.) (Hymenoptera: Braconidae).



Εικόνα 8: *Habrobracon* (= *Bracon*) *hebetor*
(από Sá-Fisher and Schöller 1994).

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 πώλησεως όσο και σε νοικοκυριά έχει εφαρμοστεί στο Βερολίνο. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, αναρτώνται εντός του αποθηκευτικού χώρου κάρτες που περιέχουν παρασιτισμένα από Hymenoptera της οικογενείας Trichogrammatidae, ωά λεπιδοπτέρων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Η μέθοδος αυτή έδειξε πολύ καλά αποτελέσματα όσον αφορά στην αντιμετώπιση των λεπιδοπτέρων εχθρών στους αποθηκευτικούς χώρους όπου εφαρμόστηκε, καθώς και στον έλεγχο του πληθυσμού του *Dermestes maculatus* (De Geer) (Coleoptera: Dermestidae) (Sá-Fisher & 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 οικογενείας Dermestidae. Το υμενόπτερο αυτό κατέχει ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά για δυναμικό έλεγχο του *T. granarium* όπως υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό, ευκολία εκτροφής αλλά και εξαπολύσεως κάτω από τεχνητές συνθήκες (Al-Kirshi et al. 1996).

Ενώ στον αγρό η αντιμετώπιση των εντόμων-εχθρών των καλλιεργειών είναι μια πρακτική που είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό με άλλες πρακτικές, έχει δείξει ενθαρρυντικά αποτελέσματα, στις αποθήκες δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη παρά μόνον 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. Το κατώτερο όριο πληθυσμού εχθρών στην αποθήκη, από το οποίο θα πρέπει να αρχίσει η εφαρμογή του βιολογικού ελέγχου, πρέπει να είναι κατά πολύ χαμηλότερο σε σχέση με αυτό που απαιτείται για χημικό έλεγχο.

Για παράδειγμα, αν και πολλά ωά ή προνύμφες θανατώνονται από ένα ωοπαρασιτοειδές ή παρασιτοειδές προνυμφών αντιστοίχως, τα υπόλοιπα στάδια των εχθρών, θα συνεχίσουν να υπάρχουν, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η μείωση του πληθυσμού και να χρειάζεται επαναλαμβανόμενη εξαπόλυση φυσικών εχθρών. Επίσης, ο βιολογικός έλεγχος θα προτιμηθεί ως κύριο μέτρο αντιμετώπισης, μόνον όταν είναι αποδεδειγμένως αποτελεσματικός για τους συγκεκριμένους εχθρούς που θέλουμε να αντιμετωπίσουμε και στην περίπτωση όπου το κόστος της ζημιάς ή των απωλειών του προϊόντος υπερβαίνει το κόστος των μέτρων που απαιτούνται για βιολογικό έλεγχο. Οι φυσικοί εχθροί επίσης δεν είναι πάντα ευκόλως διαθέσιμοι στην αγορά ενώ ταυτοχρόνως θεωρείται πολυδάπανη τόσο η εκτροφή τους όσο και η εξαπόλυσή τους.

Οι αυξημένες απαιτήσεις σε χρόνο αλλά και σε κόστος (όπου υπάρχουν), σε συνδυασμό με την όχι πάντα μεγάλη αξιοπιστία των εφαρμογών αυτών θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν κατά την κατάσχεση ενός σχεδίου αντιμετώπισης των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί σοβαρώς υπ' όψιν είναι οι απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού και ο βαθμός αποδοχής από τους καταναλωτές ενός προϊόντος το οποίο θα έχει απεντομωθεί με βιολογικές μεθόδους και θα υστερεί έστω και λίγο σε εμφάνιση με το αντίστοιχο προϊόν που θα έχει απεντομωθεί με χημικές μεθόδους. Οι παραπάνω λόγοι, σε συνδυασμό με τις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για πιο μικρές συγκεντρώσεις υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων στα αποθηκευμένα προϊόντα μάς 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.

Εντομοπαθογόνοι μύκητες: Η χρήση εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών όπως μυκήτων, βακτηρίων, πρωτόζωων κ.α. έχει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι της χρήσεως παρασιτοειδών και αρπακτικών όπως α) τα παθογόνα μπορούν να τοποθετηθούν με τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τα εντομοκτόνα, ενώ η εξαπόλυση εντόμων είναι περισσότερο εξειδικευμένη διαδικασία, β) η παρουσία τμημάτων εντόμων στην τροφή δεν είναι αποδεκτή από τους καταναλωτές, ακόμα κι αν αυτά προέρχονται από ωφέλιμα έντομα. Μεταξύ των παθογόνων, οι εντομοπαθογόνοι μύκητες αποτελούν την περισσότερο υποσχόμενη εναλλακτική μέθοδο έναντι των παραδοσιακών εντομοκτόνων. Τα κονίδια του μύκητα προσκολλώνται και αναπτύσσονται δια μέσου της δερμίδος των εντομών, προκαλώντας το θάνατό τους. Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες είναι φυσικός υπάρχοντες οργανισμοί, ασφαλείς για το περιβάλλον και με μικρή τοξικότητα για τα θηλαστικά (Cox & Wilking, 1996). Ο *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) έχει δοκιμαστεί με επιτυχία κατά διαφόρων ειδών εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, τόσο στο εργαστήριο όσο και στην φύση (Rice & Cogburn, 1999; Moore et al., 2000; Lord, 2001; Dal-Bello et al., 2001; Padin et al., 2002; Stathers, 2002; Wakefield et al., 2002; Akbar et al., 2004). Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν ενδείξεις ότι ένας άλλος μύκητας, ο *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) είναι αποτελεσματικότερος κατά εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων (Batta, 2004, 2005, Kavallieratos et al. 2006, Michalaki et al. 2006). Το είδος αυτό αποτελεί ένα καλό πρότυπο για βιοδοκιμές δεδομένου ότι παράγει μεγάλους αριθμούς κονιδίων τα οποία συλλέγονται ευκόλως. Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα στη χρησιμοποίηση εντομοπαθογόνων μυκήτων είναι η ανάγκη για τυποποιημένα κονίδια, γεγονός το οποίο, παρ' όλο που αυξάνει τη δραστηριότητα, αυξάνει και το κόστος της

μαζικής παραγωγής ενός σκευάσματος του μύκητα. Έως τώρα έχουν εκτιμηθεί διάφορα αδρανή υλικά ως κομιστές για τα παρασκευάσματα κονιδίων και μερικά απ' αυτά αυξάνουν τη δυνατότητα προσκολλησεως των μυκήτων στην δερμίδα των εντόμων (Akbar et al. 2004).

4.4 Μηχανικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Με τις μηχανικές μεθόδους αντιμετώπισης αποσκοπούμε στην θανάτωση ή στην 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 συντηρήσεως των αποθηκευμένων προϊόντων.

Με την εφαρμογή υψηλών πιέσεων στους αποθηκευτικούς χώρους προκαλείται θανάτωση κυρίως των ακμαίων ατόμων. Επίσης, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί πεπεσμένος 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 συγκεντρώσεως 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 ενοείται ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών προκαλώντας 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 κα), καθώς το λεπτό στρώμα ελαίου καλύπτει τους προσβεβλημένους σπόρους εμποδίζοντας την αναπνοή των εντόμων τα οποία θανατώνονται από ασφυξία.

Κατά την απαλλαγή των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων από την πλεονάζουσα υγρασία, αυξάνεται η συντηρησιμότητα τους και εμποδίζεται 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 λάβουν χώρα ταυτόχρονα με άλλες μεθόδους απεντομώσεως, πριν ή κατά την επεξεργασία των προϊόντων.

4.5 Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Οι φυσικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και σήμερα για την προστασία από εντομολογικούς εχθρούς σε ορισμένα προϊόντα, είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, η χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου και η χρήση ιονιζουσών ακτινοβολιών. Στις φυσικές μεθόδους συμπεριλαμβάνεται επίσης και η χρήση της σκόνης γης διατόμων, για την οποία θα αναφερθούμε εκτενώς παρακάτω.

Μεταβολή της Θερμοκρασίας

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

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

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

Θα πρέπει όμως να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

1. 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.
2. 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 *C. ferrugineus* εάν εκτεθεί στους -12 °C επί 72 ώρες θανατώνεται. Αν όμως επί 4 εβδομάδες υποστεί θερμοκρασίες 15 °C, τότε ένα ποσοστό 61% ακμαίων ατόμων κατορθώνει να επιβιώσει για 4 εβδομάδες στους -12 °C (Σταμόπουλος 1995).
3. Τα διάφορα στάδια ενός εντόμου παρουσιάζουν και διαφορετική αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Έτσι π.χ. 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.

Άρα, η αποτελεσματικότητα των μεθόδων καταπολεμήσεως που βασίζονται στη μεταβολή της θερμοκρασίας ποικίλει αναλόγως του είδους του εντόμου, το στάδιο αναπτύξεώς του κλπ.

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.

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 ως μέθοδος προστασίας τους. Το κυριότερο μειονέκτημα της είναι το υψηλό κόστος των εγκαταστάσεων που απαιτεί η εφαρμογή της. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής για την αντιμετώπιση των εντομολογικών εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Με τον πρώτο τρόπο οι ακτινοβολίες εφαρμόζονται κατ' ευθείαν στα προσβεβλημένα προϊόντα, ενώ με τον δεύτερο τρόπο αποσκοπείται η απ' ευθείας εφαρμογή τους στα έντομα με τελικό στόχο την στείρωση και τη σταδιακή ελάττωση των πληθυσμών τους. Η εφαρμογή των ακτινοβολιών για στείρωση των εντόμων δε βρήκε έδαφος στην περίπτωση των εντόμων αποθηκών γιατί τα στείρα έντομα εξακολουθούν να τρέφονται και να προκαλούν ζημιές στα προϊόντα.

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, σε ορισμένες χώρες όπως στην Γερμανία, να απαγορεύεται ακόμη και η εισαγωγή τους. 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.

ΠΕΜΠΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα χημικά εντομοκτόνα, αν και ευρέως χρησιμοποιούμενα σήμερα, έχουν σημαντικά μειονεκτήματα και έχει αρχίσει η σταδιακή απόσυρσή τους. Για το λόγο αυτό τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται έντονη δραστηριότητα για την ανακάλυψη εναλλακτικών τρόπων καταπολέμησης των εντόμων. Οι εναλλακτικές μέθοδοι αντιμετώπισης των εντόμων που έχουν προταθεί έως σήμερα κατατάσσονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες, τις “μηχανικές”, τις “φυσικές”, τις “βιοτεχνολογικές” και τις “βιολογικές”. Ανάμεσα στις φυσικές μεθόδους, η χρήση της γης διατόμων κατέχει τη σημαντικότερη θέση.

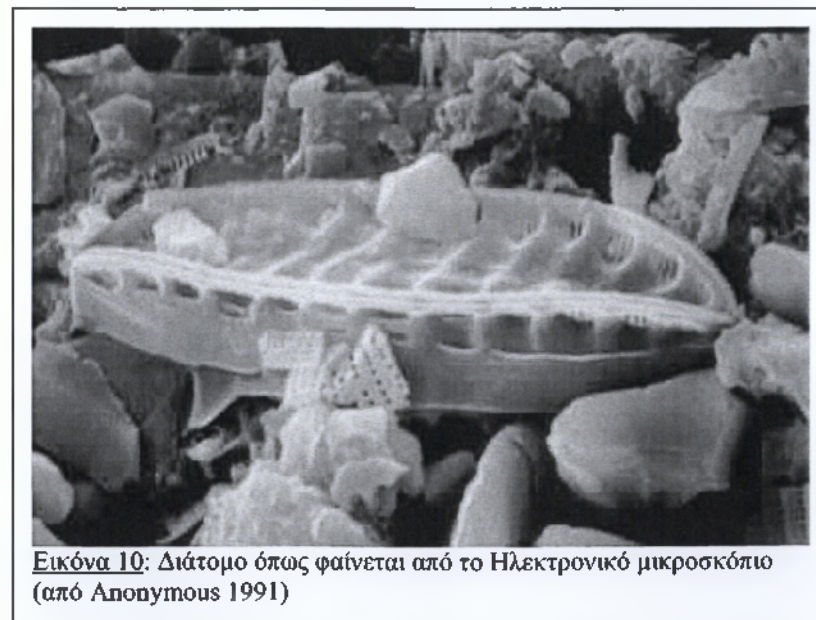
5.1. Προέλευση - Φύση της γης διατόμων

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 υδατικά οικοσυστήματα, αν και ορισμένα απαντώνται και σε χερσαία περιβάλλοντα (Round et al. 1992).

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

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 στην μείωση της υγρασίας της με ξήρανση και στην 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 1-150 μm , με την πλειονότητα τους να κυμαίνεται μεταξύ 2,5-30 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 Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency) των ΗΠΑ, η φυσική γη διατόμων περιγράφεται ως “το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου και χαρακτηρίζεται ως ασφαλές, για προσθετικό τροφίμων” (Anonymous 1991).



Πίνακας I

Είδη διατόμων, σε διάφορες τυποποιήσεις γης διατόμων διαφόρων προελεύσεων (από Anonymous 1991)	
ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΕΙΔΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ
Celite 209, ΗΠΑ	<i>Naviculura lyra</i> <i>Arachnoides orantus</i> <i>Bidulphia tuomeyi</i>
DE Australia, Αυστραλία	<i>Thalassiotrix frauenfeldi</i>
DE Canada 1, Καναδάς	<i>Anomoeonis serians</i> <i>Aulacoseira (Melosira) ambigua</i> <i>Aulacoseira (Melosira) twaites</i> <i>Aulacoseira (Melosira) islandica</i> <i>Stephanodiscus</i> sp. <i>Fragilaria</i> sp.
Melocide DE 100, ΗΠΑ	<i>Aulacoseira (Melosira) islandica</i>
Perma Guard, ΗΠΑ	<i>Aulacoseira (Melosira) islandica</i> <i>Aulacoseira (Melosira) distans</i>
DE SD, ΗΠΑ	<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, FYROM, Ευρώπη	<i>Pliocaenicus undulatus</i>
DE China 15, Κίνα	<i>Pliocaenicus undulatus</i>
DE China 20, Κίνα	<i>Aulacoseira (Melosira) twaites</i>
DE China 21, Κίνα	<i>Aulacoseira (Melosira) ambigua</i>



5.2. Φυσικές – Χημικές ιδιότητες

Το χρώμα της σκόνης της γης διατόμων εξαρτάται από την σύσταση της και ποικίλει σε λευκό, γκρι, κίτρινο και κόκκινο. 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 δραστικό συστατικό ή κύριο περιεχόμενο της είναι το άμορφο διοξείδιο του πυρίτιου. Εκτός από 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 & Winn 1996).

Έως τώρα δεν υπάρχουν κάποιες αναφορές που να σχετίζουν την εντομοκτόνο ιδιότητα της γης διατόμων με κάποια από τα παραπάνω στοιχεία (Kogonic 1997). Η περιεκτικότητα σε κρυσταλλικό πυρίτιο της θαλάσσιας γης διατόμων είναι 2 - 7% κ.β., ενώ η αντίστοιχη περιεκτικότητα της χερσαίας είναι χαμηλότερη του 1%. Το ειδικό βάρος της ποικίλει από 220 - 230 μέχρι 600 gr/lit περίπου και εξαρτάται από την πηγή της καθώς και από το είδος των διατόμων από τα οποία προήλθε. Το pH της κυμαίνεται από 4,4 έως 9,2. Είναι άοσμη, το δε ποσοστό υγρασίας της (μετά την κατεργασία) είναι 2 - 6%. Επίσης είναι αδιάλυτη στο ύδωρ, μη εύφλεκτη και μη εκρηκτική. Τέλος, όλα τα σωματίδια της γης διατόμων φέρουν πολύ μικρούς πόρους στο εσωτερικό τους.

Πίνακας II

Ορισμένες από τις φυσικές ιδιότητες σκονών γης διατόμων που προέρχονταν από διαφορετικές τοποθεσίες (από Kogonic 1997).

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 (ΗΠΑ)	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 (ΗΠΑ)	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 (ΗΠΑ)	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 (ΗΠΑ)	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 (ΗΠΑ)	250	6	89	12,7	45,7	Στρογγυλό	Μη Θαλάσσια
DiaFil 610 (ΗΠΑ)	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 (ΗΠΑ)	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 (ΗΠΑ)	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
(από Ινστιτούτο Γεωλογικών Επιστημών του Λονδίνου).

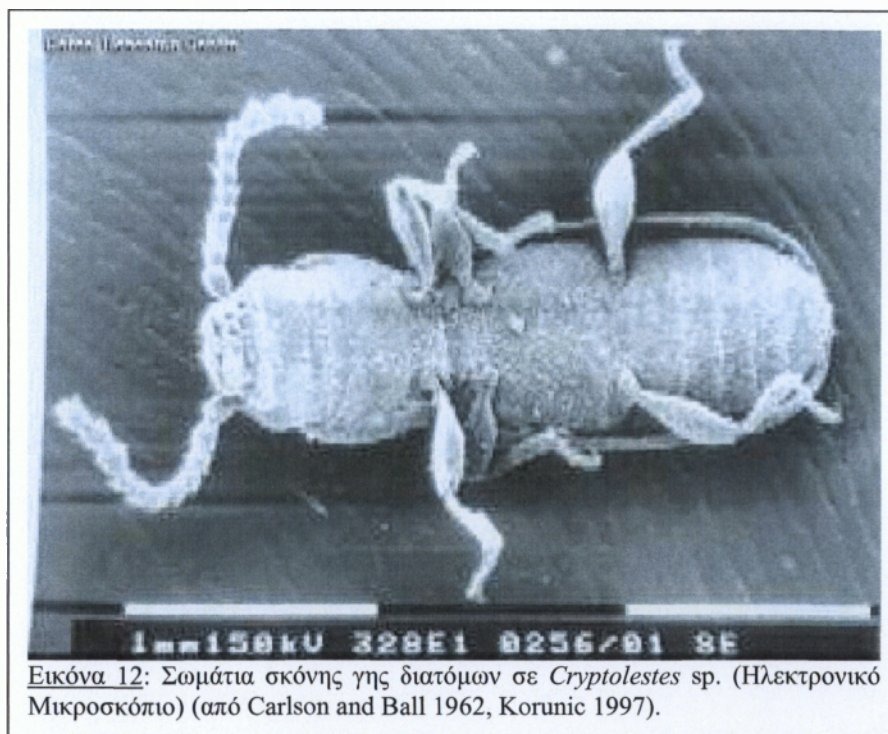
ΧΩΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΣΕ ΤΟΝΟΥΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΗΠΑ	623000	40,59
Πρώην Σοβιετική Ένωση	230000	14,99
Δανία (διατομίτες)	223192	14,54
Γαλλία	220000	14,33
Πρώην Δυτική Γερμανία	52000	3,39
Νότια Κορέα	42000	2,74
Ρουμανία	40000	2,61
Μεξικό	40000	2,61
Ισπανία	24000	1,56
Ισλανδία	20644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

5.2.1. Εντομοκτόνες ιδιότητες

Η σκόνη της γης διατόμων είναι πιθανότατα η πιο αποτελεσματική φυσική σκόνη που χρησιμοποιείται σήμερα ως εντομοκτόνο (Korunic 1997). Τα σωματίδια της προσκολλώνται στο σώμα των εντόμων καθώς τα τελευταία ή βαδίζουν επάνω σε αυτή ή έρχονται σε επαφή μαζί της. Οι εντομοκτόνες ιδιότητες της σκόνης γης διατόμων οφείλονται στην ικανότητα της να απορροφά και να δεσμεύει τα λιπίδια από τον προστατευτικό κηρώδη χιτώνα που καλύπτει την επιδερμίδα των εντόμων. Ο

κηρώδης χιτώνας είναι λιπιδιακής φύσεως και έχει ως ρόλο να προστατεύει την ισορροπία του ύδατος στο εσωτερικό των εντόμων. Όταν τα λιπίδια αυτά δεσμεύονται από τα σωματίδια της γης διατόμων, τότε τα έντομα χάνουν υγρασία από τα σημεία εκείνα της επιδερμίδας τους που βρίσκονται σε επαφή με την σκόνη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξάντληση του εντόμου και τελικά τον θάνατό του (Ebeling 1971). Το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο θα παρέλθει ο θάνατος διαφέρει αναλόγως τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον του αποθηκευτικού χώρου και το είδος του εντόμου.

Ένας άλλος τρόπος δράσεως της σκόνης γης διατόμων επί των εντόμων, είναι ο τραυματισμός τους από τα σωματίδια της σκόνης και η δημιουργία αμυχών στο σώμα τους. Με τον τρόπο αυτό, τα έντομα χάνουν υγρασία από τα σημεία στα οποία έχουν δημιουργηθεί αμυχές και εμφανίζουν τα ίδια συμπτώματα όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Υπάρχουν αναφορές συμφώνως προς τις οποίες οι σκόνες αυτές εισέρχονται στο εσωτερικό του εντόμου δια μέσου της πεπτικής οδού δρώντας με τρόπο όμοιο με εκείνον που αναφέρθηκε στις προηγούμενες περιπτώσεις (Carlson & Ball 1962, Korunic 1997). Έχει αναφερθεί επίσης πρόκληση ασφυξίας στα έντομα μετά από επίδραση της σκόνης γης διατόμων σε αυτά (Korunic 1997). Τα παραπάνω φαινόμενα συμβαίνουν είτε μεμονωμένως είτε σε συνδυασμό μεταξύ τους. Τέλος, αναφέρεται (Korunic 1997) ότι οι αδρανείς σκόνες δρουν απωθητικώς επί των εντόμων, οπότε αυτή η απωθητική ικανότητά τους μπορεί να προσδώσει κάποια επιπλέον προστασία επί των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων.



Εικόνα 12: Σωματίδια σκόνης γης διατόμων σε *Cryptolestes* sp. (Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο) (από Carlson and Ball 1962, Korunic 1997).

5.3. Γη διατόμων από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και η αποτελεσματικότητά της επί των εντόμων.

Η επίδραση της γης διατόμων που προέρχεται από διαφορετικές πηγές δεν είναι η ίδια. Η γη διατόμων από θαλάσσια διάτομα είναι η πιο κοινή, η φθηνότερη και

η λιγότερο αποτελεσματική σαν εντομοκτόνο. Ωστόσο, έρευνα έδειξε ότι η δράση της γης διατόμων εναντίων εντόμων εξαρτάται από τα διαφορετικά φυσικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των διατόμων και όχι τόσο από την καταγωγή τους (Korunic 1997).

Τυποποιημένες μορφές γης διατόμων που έχουν συλλεχθεί από διαφορετικά μέρη της γης, εκτός του κοινού τρόπου δράσεως, έχουν και σημαντικές διαφορές στην αποτελεσματικότητα εναντίων εντόμων, στις φυσικές ιδιότητες και στο είδος του διάτομου που συνθέτει την διατομική γη. Αυτά είναι πολύ σημαντικά συμπεράσματα διότι είναι κοινώς πιστευτό ότι όλοι οι τύποι γης διατόμων που είναι διαθέσιμοι στην αγορά με διαφορετικά ονόματα είναι το ίδιο αποτελεσματικοί. Στην πραγματικότητα όμως αυτό δεν ισχύει. Για παράδειγμα, για να καταγραφεί και να καταχωρηθεί ένας τύπος γης διατόμων σε πρωτόκολλο στις Η.Π.Α δεν συμπεριλαμβάνονται αποτελέσματα της δραστηριότητάς της εναντίων εντόμων (Korunic 1997).

Μερικά από τα ονόματα γης διατόμων που είναι διαθέσιμα στην αγορά ως εντομοκτόνα είναι τα εξής: Bug resistor, Flea Ant & Roach, 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, Away et al. Μέχρι σήμερα δεν έχει καταγραφεί ανθεκτικότητα των εντόμων αποθηκών στην γη διατόμων (Subramanyan 1993). Εφ' όσον χρησιμοποιείται μόνο γη διατόμων ως φυσική μέθοδος στον έλεγχο των εντόμων αποθηκών η ανάπτυξη γενετήσιας ανθεκτικότητας είναι απίθανη (Ebeling 1971).

Η γη διατόμων είναι ένα από τα πιο ασφαλή εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται στην γεωργία, στην κτηνιατρική και στην δημόσια υγεία δεδομένου ότι έχει αποδειχθεί ότι δεν είναι τοξική όταν καταναλώνεται από θηλαστικά (Bertke 1964). Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέρος μιας ολοκληρωμένης αντιμετώπισης (IPM: Integrated Pest Management) στα αποθηκευμένα προϊόντα και στην ανεπτυγμένη βιομηχανία τροφίμων ως εντομοκτόνο ώστε να μειωθεί το πρόβλημα της παρουσίας των εντόμων αποθηκών (Korunic et al. 1997).

Παρ' όλα τα διαφορετικά και συχνώς εντελώς αντίθετα αποτελέσματα που επικρατούν, υπάρχει ένα γενικό συμπέρασμα που ισχύει όσον αφορά στην ευαισθησία των εντόμων αποθηκών στην γη διατόμων. Τα έντομα δεν αντιδρούν όλα το ίδιο στην γη διατόμων. Υπάρχουν ανατομικές και μορφολογικές διαφορές τόσο μεταξύ των τελείων σταδίων όσο και μεταξύ των ατελών που συνηγορούν σε αυτήν τη διαπίστωση. Έντομα με μεγάλη σχέση επιφανείας προς όγκο δηλαδή πλατιά και μικρά είναι πιο ευπαθή στην σκόνη γης διατόμων (π.χ *Cryptolestes* spp.). Επίσης έντομα με κοντές επιφανειακές τρίχες όπως το *O. mercator*, συγκρατούν περισσότερη ποσότητα σκόνης ώστε να είναι πιο ευαίσθητα (Quarles 1992), ενώ έντομα με μακριές επιφανειακές τρίχες που εμποδίζουν την επαφή της σκόνης με την επιδερμίδα, χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ανθεκτικότητα έναντι της σκόνης γης διατόμων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τις προνύμφες των εντόμων της οικογένειας Dermestidae (Carlson & Ball 1962).

Τα πιο ευαίσθητα έντομα ανήκουν στα γένη των *Cryptolestes*. Τα *Sitophilus* spp. είναι λιγότερο ευαίσθητα και ακολουθούν τα *Rhyzopertha* spp., *Oryzaephilus* spp. και τέλος τα *Tribolium* spp., που είναι το πιο ανθεκτικά (Desmarchelier & Dines 1987, Fields & Muir 1996).

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 εντομοκτόνο ιδιότητα των σκονών της γης διατόμων είναι για την σχετική υγρασία του αποθηκευτικού χώρου 70%, ενώ για την υγρασία του σπόρου είναι 14%. Φαίνεται ότι τα έντομα είναι σε θέση να αναπληρώσουν τις απώλειες τους σε ύδωρ λόγω επιδράσεως της σκόνης, εκμεταλλευόμενα την αυξημένη υγρασία που επικρατεί εκτός του σώματος τους (σχετική υγρασία αέρα ή σπόρου).

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

Ενώ η αύξηση της υγρασίας, κατά κανόνα, επιδρά ανασταλτικώς επί της εντομοκτόνου ικανότητας των σκονών γης διατόμων, η επίδραση της αυξήσεως ή μειώσεως της θερμοκρασίας δεν είναι πάντα προβλέψιμη και εξαρτάται από το είδος του εντόμου (Arthur 2000). Πάντως, η μεταβολή της θερμοκρασίας επιδρά στην αποτελεσματικότητα των σκονών της γης διατόμων έναντι των εντόμων, άλλοτε αρνητικώς και άλλοτε θετικώς. Με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται η κινητικότητα των εντόμων. Έτσι, τα έντομα έρχονται όλο και περισσότερο σε επαφή με την σκόνη η οποία με την σειρά της προκαλεί περισσότερη μηχανική βλάβη στην δερμίδα τους. Επίσης, η αυξημένη κίνηση των εντόμων σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε εντονότερο ρυθμό αναπνοής με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ποσότητα ύδατος να χάνεται δια μέσου των αναπνευστικών τρημάτων. Οποσδήποτε όμως, η αύξηση της θερμοκρασίας ενισχύει την τροφική δραστηριότητα των εντόμων, γεγονός που οδηγεί στην αυξημένη παραγωγή μεταβολικού ύδατος, που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αντισταθμίσει τις απώλειες των εντόμων σε ύδωρ λόγω επιδράσεως της σκόνης γης διατόμων (Fields & Korunic 2000b).

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι σε αντίθεση με τα χημικά εντομοκτόνα, η θερμοκρασία δεν επιδρά αμέσως στην σκόνη γης διατόμων ώστε να την αποικοδομεί ή να τροποποιεί τις εντομοκτόνες ιδιότητές της. Οποιαδήποτε θετική ή αρνητική επίδραση της θερμοκρασίας στην αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων στα έντομα, οφείλεται αποκλειστικώς σε μηχανισμούς που σχετίζονται με την φυσιολογία των ίδιων των εντόμων.

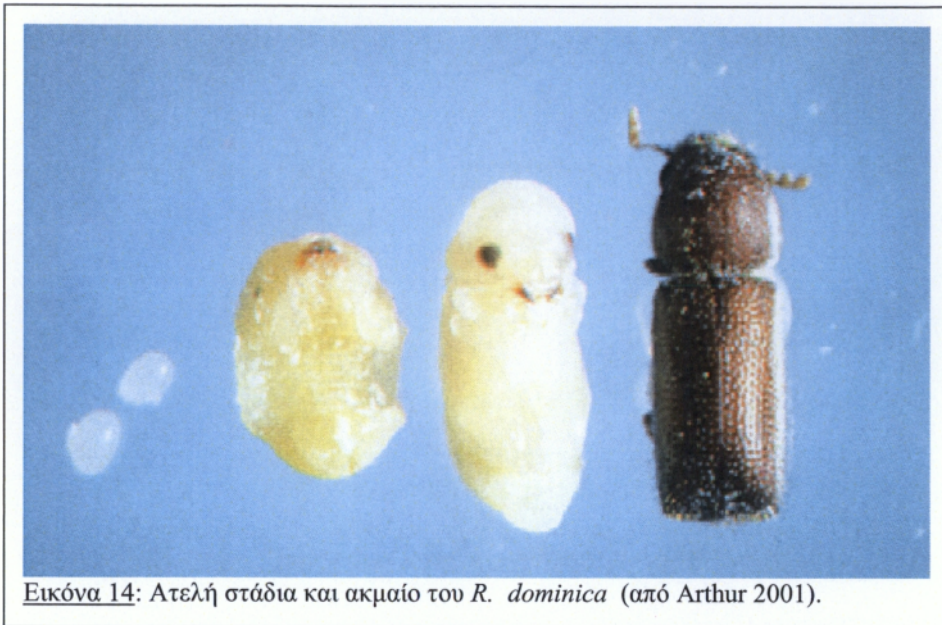
Εκτός από την θερμοκρασία, και η επάρκεια τροφής εντός του αποθηκευτικού χώρου μπορεί να αυξήσει την παραγωγή μεταβολικού ύδατος ώστε να επηρεάσει αρνητικώς την εντομοκτόνο ιδιότητα της σκόνης γης διατόμων (Arthur 2001).



Εικόνα 13: Προνύμφες της οικογένειας Dermestidae (διακρίνονται οι μακριές σμήρηγγες στο σώμα τους) (από Arthur 2001).

Διαφοροποίηση στην αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων παρατηρείται και μεταξύ ακμαίων και ατελών σταδίων για συγκεκριμένο είδος ή και γένος εντόμου. Οι διαφορές αυτές μπορεί να οφείλονται στην διαφορά που παρατηρείται στην σύνθεση των λιπιδίων του κηρώδους χιτώνα, μεταξύ του ακμαίου και των ατελών σταδίων ενός εντόμου. Επίσης, μεταξύ των ατελών σταδίων και του ακμαίου εντόμου υπάρχουν ανατομικές και μορφολογικές διαφορές που επιδρούν και αυτές με την σειρά τους στην διαφορετική επίδραση της σκόνης γης διατόμων. Ως παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση του *T. molitor*. Οι προνύμφες του *T. molitor* φέρουν κάποιες περιοχές στην έδρα, δια μέσου των οποίων είναι ικανές να απορροφούν υγρασία από τον περιβάλλοντα χώρο. Οι περιοχές αυτές παρατηρούνται μέχρι την προνύμφη τελευταίου σταδίου. Η προνύμφη τελευταίου σταδίου, η νύμφη και το ακμαίο δεν φέρουν τέτοιες περιοχές, οπότε τα στάδια αυτά είναι πιο ευαίσθητα στην επίδραση της γης διατόμων (Mewis & Ulrichs 2001).

Ορισμένες τυποποιήσεις συνίστανται όχι μόνο από γη διατόμων αλλά περιέχουν σε μικρό ποσοστό και ένα εντομοκτόνο συνήθως πυρεθρινοειδές (0,1-0,2%) και piperonyl butoxide (1,0%). Τέτοια σκευάσματα είναι τα Diacide, Homeguard, Diatect, Permaguard D-20, Permaguard D-21, κ.α. Πολλά από τα προαναφερθέντα σκευάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως ως εντομοκτόνα σε κατοικίες, κήπους και κυρίως σε αποθηκευμένα προϊόντα.



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

Τα πλεονεκτήματα της γης διατόμων για την καταπολέμηση των εντόμων αποθηκών είναι τα εξής (C.G. Athanasiou et. al., 2003):

1. Η έλλειψη τοξικότητας για τα θηλαστικά.
2. Πολύ αποτελεσματική μέθοδος με την οποία καταπολεμούνται πολλά είδη εντόμων αποθηκών.
3. Δεν αφήνει κατάλοιπα (για την κατανάλωση από τον άνθρωπο).
4. Πρόκειται για προϊόν φυσικής προέλευσης.
5. Επειδή δρα με φυσικό τρόπο, θεωρείται απίθανο τα έντομα να αναπτύξουν ανθεκτικότητα, όπως έγινε με τα χημικά εντομοκτόνα (αν και έχει αναφερθεί τέτοια περίπτωση).
6. Παρουσιάζει μεγάλη διάρκεια εντομοκτόνου δράσης.
7. Τέλος, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με αρκετές άλλες μεθόδους για την αύξηση της αποτελεσματικότητάς της.

Από τα ανωτέρω, το κυριότερο πλεονέκτημα είναι η πλήρης έλλειψη τοξικότητας στα θηλαστικά σε συνδυασμό με την μεγάλη υπολειμματική δράση της κατά 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 & Fields 2000) σε συνδυασμό με κολλητικές παγίδες (Loschiavo 1988) και σε συνδυασμό με μύκητες (Kavallieratos et. al. 2006, Vassilakos et. al. 2006). Τέλος, ως πλεονέκτημα μπορεί να αναφερθεί και η απωθητική δράση της επί των εντόμων.

Από τα μειονεκτήματα της χρήσεως σκόνης γης διατόμων το κυριότερο είναι η μείωση του ειδικού βάρους του σπόρου του σιταριού, σε υψηλές συγκεντρώσεις γης διατόμων (Vassilakos et al. 2006). 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 υποβαθμίσεως 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 απομακρύνονται με το πλύσιμο. Επίσης, ως μειονεκτήματα αναφέρεται η επίδραση της σκόνης στα αρπακτικά, στα παρασιτοειδή και στα 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 καρκινογένεση ή μορφές χρόνιας ή και οξείας τοξικότητας στα θερμόαιμα, όταν τα τελευταία καταναλώσουν κάποιες ποσότητες από αυτή (Kogunic 1997, Anonymous 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 πνευμονοκονιάσεων (black-lung diseases) 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 έτη και με πολύ μεγάλες ποσότητες σκόνης, όταν βέβαια δεν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας. Οι επιδράσεις για τον χρήστη ασφαλώς θα είναι πιο ήπιες έως και μηδαμινές, ειδικότερα εάν ληφθούν όλα τα απαιτούμενα μέτρα ασφαλείας από το προσωπικό (ειδικευμένο προσωπικό, κατάλληλη ενδυμασία, χρήση μάσκας). Για τον καταναλωτή δεν υπάρχουν αρνητικές επιδράσεις, εφ' όσον τα προϊόντα μετά την αποθήκευσή τους υφίστανται περαιτέρω επεξεργασία, μέχρι να διατεθούν στο εμπόριο.



Εικόνα 16: Τρόπος εφαρμογής σκόνης γης διατόμων, σε αποθηκευμένο σιτάρι στον Καναδά (από Dowdy and Fields 2000)

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 αποθηκευμένων προϊόντων, ειδικότερα στην σύγχρονη εποχή όπου το πρόβλημα της μόλυνσεως του περιβάλλοντος αλλά και το φαινόμενο της αναπτύξεως ανθεκτικότητας των εντόμων στα χημικά εντομοκτόνα επιτάσσουν εναλλακτικές μεθόδους αντιμετώπισεως των εντομολογικών προβλημάτων τόσο στις αποθήκες όπως και στον αγρό. Η γη διατόμων σήμερα έχει εγκριθεί και χρησιμοποιείται ως προστατευτικό αποθηκευμένων προϊόντων στις ΗΠΑ, Καναδά, Αυστραλία, Ιαπωνία, Ινδονησία, Σαουδική Αραβία και Κροατία. Στην Ελλάδα η σκόνη γης διατόμων δεν έχει λάβει ακόμη έγκριση κυκλοφορίας ως εντομοκτόνο.

ΕΚΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΙΣ ΒΙΟΔΟΚΙΜΕΣ

Στην παρούσα εργασία για τις βιοδοκιμές επελέγησαν, λόγω της μεγάλης σημασίας τους, τα τρία πολυπληθέστερα και περισσότερο καταστροφικά είδη εντόμων αποθηκών στην Ελλάδα, όσον αφορά αποθηκευμένο σιτάρι, ρύζι, άλευρα, και πίτουρα. Πρόκειται για τρία μέλη της τάξης των κολεόπτερων: το *Rhyzopertha dominica*, το *Sitophilus oryzae* και το *Tribolium confusum*.

6.1 *Rhyzopertha dominica* (F.)

<i>Rhyzopertha dominica</i> (F.)	
Επιστημονική ονομασία.....	<i>Rhyzopertha dominica</i>
Κοινή ονομασία.....	Σκαθάρι του ρυζιού
Αγγλική ονομασία.....	Lesser grain borer
Τάξη.....	Coleoptera
Υπόταξη.....	Polyphaga
Οικογένεια.....	Bostrychidae

6.1.1 Γενικώς

Το *R. dominica* αποτελεί ένα από τα καταστρεπτικότερα έντομα προκαλώντας ζημιές πολλών εκατομμυρίων δολαρίων ετησίως. Προσβάλλει δημητριακά παγκοσμίως και κυρίως τα σιτηρά. Έχει ελάχιστο χρόνο ζωής που είναι οι 25 ημέρες. Το έντομο αυτό είναι ένα ισχυρό ιπτάμενο και πρόσφατα έχει ανακαλυφτεί στις βόρειες περιοχές των Η.Π.Α. καθώς και στον Καναδά. Το σιτάρι προσβάλλεται συχνώς από διάφορα είδη εντόμων γρήγορα μετά από τη συγκομιδή τον Ιούνιο ή τον Ιούλιο στην Οκλαχόμα και στο Κάνσας (Hagstrum, 1989).

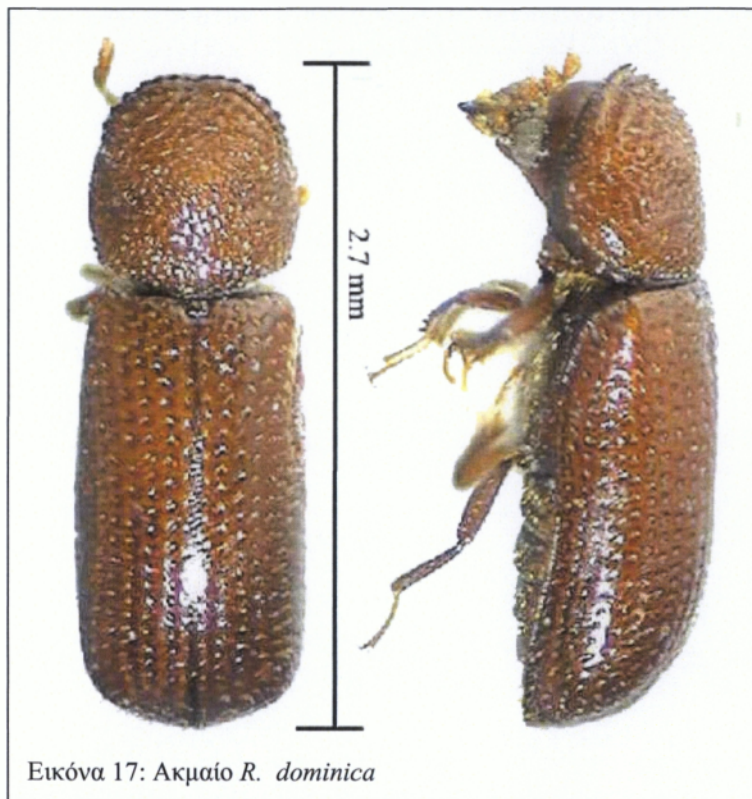
6.1.2 Χαρακτηριστικά

Μορφολογία

- Ακμαίο: είναι επίμηκες, 2,5 – 3 mm, 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 αραιά τοποθετημένα κατά τρόπο που να σχηματίζουν ρόπαλο. Ο θώρακας στην ραχιαία επιφάνεια φέρει πυκνά χιτινώδη εξογκώματα. Στα έλυτρα διακρίνονται ευκρινείς κατά μήκος γραμμές από μικρά κοιλώματα.

- **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.



Εικόνα 17: Ακμαίο *R. dominica*

Βιολογία

Πρόκειται για έντομο που προσβάλλει υγιείς σπόρους (primary pest). Αναπτύσσεται ακόμα και όταν τα επίπεδα υγρασίας των σπόρων του σιταριού είναι εξαιρετικώς χαμηλά (πχ. 8% υγρασία), και είναι αδύνατον να επιβιώσουν άλλα έντομα. Διαχειμάζει στις αποθήκες σε όλα τα στάδια. Πολλαπλασιάζεται σχετικώς αργά. Η εμφάνιση μεγάλων πληθυσμών του εντόμου ευνοείται όταν οι σπόροι από τους οποίους τρέφεται μείνουν για πολύ καιρό αμετακίνητοι (Vassilakos et. al. 2006). Πολλές προνύμφες του μπαίνουν σε κάθε σπόρο και καταστρέφουν το εσωτερικό του, εντός του οποίου νυμφώνονται. Το σκαθάρι του ρυζιού αναπτύσσεται όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 18-30 °C. Οι ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη του είναι οι 30 °C. Όταν η θερμοκρασία είναι 25-28 °C τότε μπορεί να παρατηρηθούν έως και 4 ή 6 επάλληλες γενιές το έτος. Ένα θήλυ μπορεί να γεννήσει από 200-500 ωά χρώματος λευκού κατά τη διάρκεια της ζωής του.

Τα ακμαία αλλά και οι προνύμφες είναι αδηφάγα και αφήνουν τεμαχισμένους τους πυρήνες και κονιορτοποιημένα 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 αποτελεσματικό θέλγητρο για τη χρήση στις παγίδες.

6.1.3 Ζημιές – Προσβολές

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 (ξηρός άρτος, φρυγανιές, ζυμαρικά). Μπορεί επίσης να τραφεί και με άλευρο, πίτουρα ή πλιγούρι. Σε μικρότερο βαθμό, προσβάλλει επίσης όσπρια, καπνό, λαχανικά καθώς και ορισμένα άλλα τρόφιμα όπως επίσης και ζωοτροφές (Σταμόπουλος 1995). Το *R. dominica* είναι το πολυπληθέστερο έντομο που παρατηρείται σε αποθήκες με ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα.



6.1.4 Αντιμετώπιση

Για τη μείωση της ζημιάς που προκαλεί το *R. dominica* καθώς και για τον έλεγχο του πληθυσμού του, εφαρμόζονται κυρίως χημικά μέσα καταπολεμήσεως. Όμως η ανάγκη για πιο ασφαλείς και φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους καταπολεμήσεως έχει οδηγήσει στη χρησιμοποίηση και άλλων μεθόδων όπως φυσικές, βιοτεχνολογικές καθώς επίσης και σε συνδυασμούς μεθόδων. Στη συνέχεια περιγράφονται οι κυριότερες μέθοδοι.

Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης.

Η αντιμετώπιση του *R. dominica* είναι πολύ δύσκολη λόγω της αναπτύξεως των προνυμφών και των νυμφών του εντός του σπόρου. Επίσης, επειδή και το ακμαίο τρέφεται εντός του σπόρου, είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί διάγνωση, κυρίως στα αρχικά στάδια της προσβολής. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, φανερώνουν πως τα ακμαία άτομα *R. dominica* είναι από τα λιγότερο ευαίσθητα είδη κολεοπτέρων αποθηκών όταν για την καταπολέμησή τους εφαρμόζεται κάποιο σκεύασμα γης διατόμων (Subramanyam & Roesli 2000, Fields & Korunic 2000).

Γενικώς, το σκαθάρι του ρυζιού δεν είναι πολύ κινητικό, συγκριτικώς με άλλα είδη της ίδιας τάξεως και έτσι η επαφή με τα μόρια της γης διατόμων είναι μειωμένη. Παρ' όλα αυτά, οι (Athanasίου & 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, πράγμα το οποίο καθιστά δύσκολη την καταπολέμησή 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 τις παραπάνω αιτίες 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 καθώς 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 εφαρμοστεί ευρυτάτως 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 σκευάσματα εντομοκτόνων που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση του *R. dominica* είναι το L-cyhalothrin και τα οργανοφωσφορικά chlorpyrifos-methyl. Πρόσφατη έρευνα, όμως, αναφέρει ότι το *R. dominica* έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα και σε αυτά (Arthur 1992). Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη ανάπτυξης εναλλακτικών χημικών μεθόδων. Ο Arthur (1992) έδειξε ότι η εφαρμογή bioresmethint σε συνδυασμό με piperonyl butoxide είχε καλά αποτελέσματα κατά του *R. dominica*.

6.2 *Sitophilus oryzae* (L.)

<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	
Επιστημονική ονομασία.....	<i>Sitophilus oryzae</i>
Κοινή ονομασία.....	Ρυγχωτό σκαθάρι ρυζιού
Αγγλική ονομασία.....	Rice weevil
Τάξη.....	Coleoptera
Υπόταξη.....	Polyphaga
Οικογένεια.....	Curculionidae

6.2.1 Γενικός

Το *S. oryzae* είναι ένας από τους σοβαρότερους εχθρούς του αποθηκευμένου σιταριού παγκοσμίως. Εμφανίστηκε στην Ινδία και έχει εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο. Είναι ανθεκτικό στα θερμά κλίματα. Προσβάλλει το σιτάρι, τον αραβόσιτο, τη βρώμη, τη σίκαλη, το κριθάρι, το σόργο, τα ξερά φασόλια, τα καρύδια και τα προϊόντα δημητριακών (ειδικότερα τα μακαρόνια). Είναι το πιο πολυπληθές έντομο των αποθηκών δημητριακών στην Ελλάδα (Athanasίου, et al. 2004).

6.2.2 Χαρακτηριστικά

Μορφολογία

- Ακμαίο: είναι ρυγχοφόρο Κολεόπτερο. Το μήκος του είναι 2,5 – 3,5 mm. Μακροσκοπικώς ομοιάζει με το *S. granarius* επειδή έχουν 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 ελύτρο (μία στην ωμιαία γωνία και μία πιο πίσω από το μέσο του ελύτρου). Στο επιθωράκιο του έχει στρογγυλά κοιλώματα. Τα βοθρία του pronώτου είναι περίπου κυκλικά και πολύ πυκνά ακόμα και κατά μήκος του προσθίου χείλους του pronώτου. Οι κατά μήκος των ελύτρων ραβδώσεις αποτελούνται από σχετικά μεγάλα στίγματα – βοθρία ενώ οι μεταξύ τους ζώνες έχουν μεγάλα στίγματα. Τα ακμαία ζουν συχνώς επί 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 έλκει μέσα τους πόδες του και προσποιείται ότι είναι νεκρό.

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



Εικόνα 19: Ακμαίο *S. oryzae*

Βιολογία

Τα ακμαία ζουν συνήθως επί 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, τη συνολική ανάπτυξη και τη δραστηριότητα του εντόμου. Οι ευνοϊκότερες συνθήκες είναι 27- 30 °C για τη θερμοκρασία και 75-90% για τη 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 στη 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 ως 400 ωά, αλλά ανά ένα εντός κάθε κοιλότητας. Τα θήλεα συζεύγνυνται αμέσως μετά την έξοδο από τους σπόρους και δύο εβδομάδες μετά αρχίζουν να ωοτοκούν (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, αποειδή και λαμπερά, διαστάσεων 0.5 – 0.8 X 0.2 – 0.4 mm.

Αν ο σπόρος είναι σκληρός, το άνοιγμα της οπής διαρκεί 45 περίπου λεπτά. Μετά την εναπόθεση του ωού η οπή καλύπτεται από αλεύρι και ένα ζελατινώδες έκκριμα που εκκρίνει το θήλυ από τους κολλητηρίους αδένες. Το έκκριμα έχει την

ιδιότητα να στερεοποιείται όταν έρθει σε επαφή με τον αέρα. Πρέπει να αναφερθεί ότι στον αραβόσιτο μπορεί να εναποτεθούν 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 προνυμφική εκκόλαψη σε θερμοκρασίες 13 °C ή 35 °C και σε σχετική υγρασία κατώτερη του 30%. Το έντομο δεν αντέχει στις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες ορισμένων ευκράτων χωρών. Γι' αυτό, 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 προνυμφικό στάδιο διαρκεί, αναλόγως της θερμοκρασίας, 18 ή περισσότερες ημέρες. Η προνύμφη όταν συμπληρώσει την ανάπτυξή της, νυμφώνεται εντός του σπόρου. Στο στάδιο της νόμφης παραμένει από 3 ως 9 ημέρες με μέσο όρο 6 ημέρες. Οι ευνοϊκότερες συνθήκες για την ανάπτυξη του εντόμου είναι: 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.

6.2.3 Ζημιές – Προσβολές

Είναι ένα από τα πλέον καταστρεπτικά έντομα αποθηκών σε όλο τον κόσμο (Vassilakos, 2006, Athanasiou et. al 2005). Τόσο το ακμαίο όσο και η προνύμφη προσβάλλουν το ρύζι και τους σπόρους σιτηρών (στάρι, σίκαλη, κριθάρι, αραβόσιτο και σπανιότερα βρώμη), στους αποθηκευτικούς χώρους, όπως επίσης και συμπαγή αμυλούχα προϊόντα (ξηρό ψωμί, φρυγανιές, ζυμαρικά). Μπορεί να τραφεί και με αλεύρι, πίτυρα ή πλιγούρι, αλλά δεν μπορεί να αναπαραχθεί (Lepesme 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 το αποφλοιωμένο ρύζι (Σταμόπουλος 1995).

Η ποσοτική αλλά και ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος προκαλείται από τα ακμαία και τις προνύμφες εξαιτίας των στοών που ανοίγουν με τη δράση τους. Προσβάλλει ολόκληρους σπόρους (primary pest) και στα αρχικά στάδια είναι αόρατο. Οι οπές που ανοίγει διευκολύνουν τις δευτερογενείς προσβολές άλλων εντόμων πχ. *Tribolium sp* (secondary pest). Εκτός από τις ανωτέρω δευτερογενείς προσβολές, είναι δυνατή η ανάπτυξη μυκήτων που και αυτοί όχι μόνο υποβαθμίζουν το προϊόν, αλλά το καθιστούν και τοξικολογικός επικίνδυνο (μυκοτοξίνες).



Εικόνα 20: *S. oryzae* σε κόκκους σταριού

Στη περίπτωση των ενσακκισμένων 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 εξωτερικού τού σπόρου του προϊόντος, όπου η υγρασία είναι υψηλότερη και σε συνδυασμό με την έντονη μεταβολική δραστηριότητα που παρατηρείται εκεί, προκαλεί μίαν τοπική ανύψωση της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα τη δημιουργία των θερμών κηλίδων ((hot spots). Οι κηλίδες αυτές ευνοούν την ανάπτυξη μυκήτων στους ήδη προσβεβλημένους σπόρους, με τελικό αποτέλεσμα να σχηματίζονται συμπαγή συσσωματώματα του προϊόντος, που το υποβαθμίζουν τόσο ποσοτικώς όσο και ποιοτικώς.

6.2.4 Αντιμετώπιση

Πρόκειται για ένα από τα πλέον καταστρεπτικά έντομα διεθνώς και εάν η ανάπτυξη του δεν ελεγχθεί, συντόμως εξαπλώνεται με μεγάλη ταχύτητα. Για την μείωση της ζημιάς που προκαλεί το *S. oryzae* και τον έλεγχο του πληθυσμού, χρησιμοποιούνται κυρίως χημικά μέσα καταπολεμήσεως. 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 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 τοποθετηθεί εντός

δοχείου με ύδωρ. Οι προσβεβλημένοι σπόροι λόγω του κενού θα ανέλθουν στην επιφάνεια, ενώ οι υγιείς θα παραμείνουν στον βυθό.

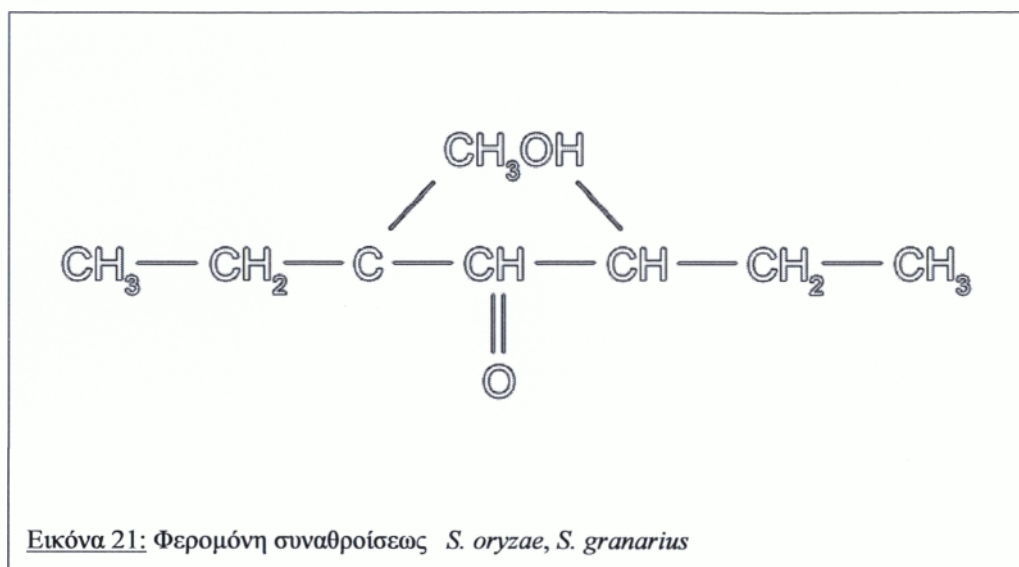
Σε πειράματα που έγιναν με το *S. oryzae* (Nelson & Charity, 1972), χρησιμοποιήθηκε συσκευή που εκμεταλλεύτηκε το ηλεκτρικό ρεύμα. Συγκεκριμένως, δημιουργήθηκε διάταξη, που αποτελείται από σωλήνα εντός του οποίου διοχετεύεται σιτάρι. Ο σωλήνας καταλήγει σε ένα θάλαμο ο οποίος είναι συνδεδεμένος με κύκλωμα που του παρέχει ηλεκτρικό ρεύμα συχνότητας 10-100Mhz. Εντός του θαλάμου αναπτύσσεται θερμοκρασία που φτάνει μέχρι 65 °C. Έτσι τα έντομα θανατώνονται από ηλεκτροπληξία εξ αιτίας 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.

Βιοτεχνολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Επειδή ο βιολογικός κύκλος του *S. oryzae* ολοκληρώνεται εντός του σπόρου του αποθηκευμένου προϊόντος, είναι δύσκολη η καταπολέμηση σε όλα τα στάδια ανάπτυξης εκτός από το στάδιο του τέλειου εντόμου. Πολλά έντομα έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα σε διάφορα σκευάσματα. Τα παραπάνω συνηγορούν στην εφαρμογή παγίδων διαφόρων τύπων για τη μείωση του πληθυσμού του *S. oryzae* στις αποθήκες. Συγκεκριμένως, για το γένος *Sitophilus* sp. εφαρμόζονται παγίδες τύπου σόντας (Σταμόπουλος 1995).

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

Το *S. oryzae* κατατάσσεται στα μακρόβια είδη (Μπουχέλος 1996). Αυτό σημαίνει όσον αφορά στην δραστηριότητά 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-υδρόξυ-επτανόνη (3).



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) με επεμβάσεις ελαίων φυτικής προελεύσεως από φυτά των γενών *Eucalyptus*, *Gossypium* κ.α. 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 στάρι 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 10-15gr/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 σκόρδου 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

κίνησή της. Η πίεση αυτή που ασκείται από τον ωσθήτη του θήλεος παρασιτοειδούς επί της προνύμφης του *S. oryzae* έχει ως αποτέλεσμα την παράλυση της τελευταίας. Παραλλήλως, 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, καταστρέφοντάς 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 μόνον 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).

Χημικές Μέθοδοι Αντιμετώπισεως

Για την αντιμετώπιση του *S. oryzae* έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν (πριν απαγορευτούν) χλωριωμένα εντομοκτόνα, κυρίως το lindane καθώς και οργανοφωσφορικά με κυριότερο εκπρόσωπο το malathion. Το malathion έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στο παρελθόν και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα. 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. oryzae*. 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 ((Papadopoulou & Tomazou 1991). Τα φάρμακα αυτά όχι μόνο θανατώνουν τα ακμαία του *S. oryzae*, αλλά εμποδίζουν την εμφάνιση της F_1 και των μετέπειτα γενεών. Αναφέρεται ότι το *S. oryzae* 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, τελικώς 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.

6.3 *Tribolium confusum* Jacquelin du Val

<i>Tribolium confusum</i> Jacquelin du Val	
Επιστημονική ονομασία.....	<i>Tribolium confusum</i>
Κοινή ονομασία.....	Σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων
Αγγλική ονομασία.....	Confused flour beetle
Τάξη.....	Coleoptera
Υπόταξη.....	Polyphaga
Οικογένεια.....	Tenebrionidae

6.3.1 Γενικώς

Το *T. confusum* είναι ένα έντομο γνωστό από τους αρχαίους χρόνους για τις ζημιές του. Βρέθηκε σε τάφους των Φαραώ (Τουτανχαμών) στην Αίγυπτο που χρονολογούνται από το 2500 π.χ. Είναι το αφθονότερο και πιο επιβλαβές έντομο στο Ηνωμένο Βασίλειο, στις Ηνωμένες Πολιτείες και στην Αυστραλία. Επίσης είναι ένα από τα πλέον κοινά έντομα αποθηκών δημητριακών στην Ελλάδα.

6.3.2 Χαρακτηριστικά

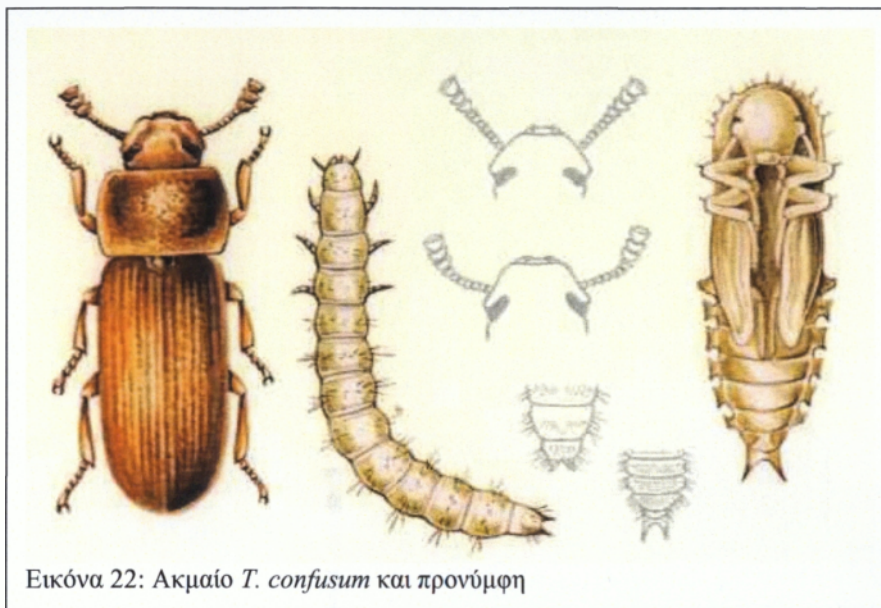
Μορφολογία

- Ακμαίο: είναι επίμηκες, πεπιεσμένο, λείο (χωρίς τρίχωμα). Έχει μήκος 3,5 – 4,5 χιλ., χρώμα στίλπνο ερυθροκαστανό, κεφαλή και επιθωράκιο με πολλά μικρά στίγματα. Οι κεραίες έχουν άρθρα που μεγεθύνονται βαθμιαίως προς το άκρο, πράγμα χαρακτηριστικό για την διάκριση από το *T. castaneum*.
- Προνύμφη: ευκέφαλη, ολιγόποδη. Έχει σώμα επίμηκες είναι ωχροκίτρινη και το μήκος της φθάνει τα 4-5 mm. Έχει σμήριγγες στα πλάγια των σωματικών τμημάτων, κεφαλή σκοτεινού χρώματος και το τελευταίο κοιλιακό τμήμα έχει χιτνισμένη δικρανοειδή 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.

Βιολογία

Το *T. confusum* ζει σε μεγάλο εύρος θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Επιβιώνει ακόμα και σε πολύ ξηρό περιβάλλον με σχετική υγρασία μικρότερη του 10% (Vayias et. al. 2006). 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 γκρίζα απόχρωση. Τα ακμαία εκπέμπουν μια δυσάρεστη οσμή εξαιτίας των αδένων που βρίσκονται στην κοιλιά και στο θώρακα. Όταν οι συνθήκες της αποθήκης γίνουν ευνοϊκές (αισθητή άνοδος της θερμοκρασίας) τα ακμαία αναλαμβάνουν δραστηριότητα, συζευγνύονται και τα θήλεα αρχίζουν να ωοτοκούν. Είναι μακρόβια ζώντας 1-2 χρόνια.



Εικόνα 22: Ακμαίο *T. confusum* και προνύμφη

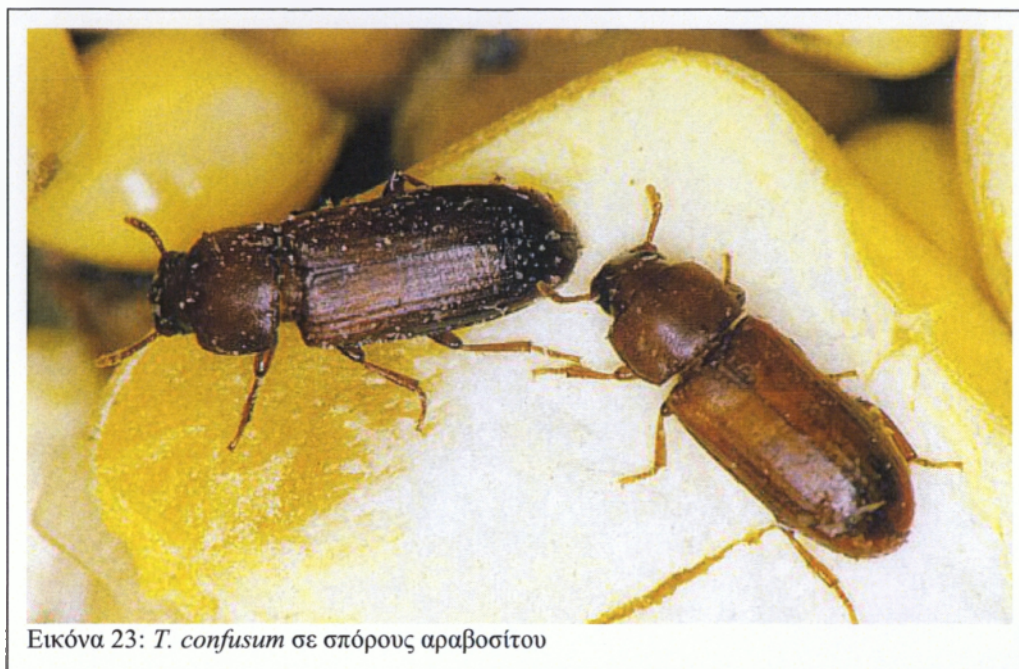
Κάθε θήλυ μπορεί να γεννήσει 300 με 600 ωά περίπου, τα οποία εναποθέτει μεμονωμένως, προσκολλούμενα στα άλευρα, στους σπόρους, στα πίτυρα, στους σάκους και σε άλλα υποστρώματα. Τα ωά είναι μικρά, λευκά και γλοιώδη με διαστάσεις 0,6X0,3 mm. Ο ρυθμός ωοτοκίας είναι αργός και ημερησίως γίνεται μικρή εναπόθεση ωών. Η εκκόλαψη είναι επίσης βραδεία και βασικώς εξαρτάται από τη θερμοκρασία (ευνοϊκές θερμοκρασίες 30 – 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.

Συνήθως, ολόκληροι και υγιείς σπόροι σιτηρών και άλλων φυτών δεν προσβάλλονται από το *T. confusum* (secondary Pest). 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* (primary pests).

Η προνύμφη φτάνει σε πλήρη ανάπτυξη, κάτω από ευνοϊκές συνθήκες, εντός 3-5 εβδομάδων. 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.

6.3.3 Ζημιές – Προσβολές

Τρέφεται με εξαιρετικώς μεγάλη ποικιλία τροφών. Γι' αυτό προσβάλλει όλα τα είδη (σπασμένων) σπόρων, άλευρα, πίτυρα, σπέρματα ψυχανθών, ξηρές ρίζες, ξηρά φρούτα, ξηρούς καρπούς, εντομολογικές συλλογές, σοκολάτα, φάρμακα, καπνό και πολλά άλλα προϊόντα.



6.3.4 Αντιμετώπιση

Φυσικές Μέθοδοι Αντιμετωπίσεως

Η μορφολογία καθώς και η φυσιολογία του συγκεκριμένου εντόμου προσδίδουν σε αυτό την ικανότητα να αντέχει περισσότερο, απ' ό,τι τα άλλα κολεόπτερα των αποθηκευμένων προϊόντων, όταν εκτίθεται σε προϊόν στο οποίο έχει προστεθεί γη διατόμων. Αυτό το γεγονός θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιώντας μεγαλύτερες ποσότητες γης διατόμων στο προϊόν (Mewis & 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). Συμφώνως προς τους Athanassiou et al. (2003) σε ορισμένες περιπτώσεις η παραγωγή απογόνων ήταν υψηλή σε προϊόντα που είχε προστεθεί γη διατόμων, ακόμη και όταν τα πατρικά άτομα είχαν κατασταλεί κατά 100%. Παρ' όλα αυτά, η αποτελεσματικότητα της σκόνης είναι ικανοποιητική κατά των προνυμφών του εντόμου, όπως αναφέρουν οι Mewis & 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 αντιμετώπισεως 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 το *T. confusum*. Το έντομο αυτό έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα στα σκευάσματα malathion και lindane (Evans 1985).

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ

(πειραματικό)

ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Εξετάστηκε η επίδραση διαφορετικών τεχνικών προσθήκης δύο σκευασμάτων ΓΔ στην αποτελεσματικότητά τους κατά των ακμαίων *R. dominica*, *T. confusum* και *S. oryzae* σε σιτάρι και σε αραβόσιτο.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σκευάσματα

Τα δύο σκευάσματα ΓΔ που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές ήσαν τα SilicoSec και Protect-It. Το SilicoSec (Biofa GmbH, Münsingen, Germany) είναι προελεύσεως γλυκού νερού περιέχον 92% SiO₂, 3% Al₂O₃, 1% Fe₂O₃, 1% Na₂O. Το Protect-It (Hedley Technologies Inc., Mississauga, Ontario) περιέχει 83,7 % SiO₂ με 10 % silica aerogel (Korunic & Fields 1995)

Προϊόντα

Για τον πειραματισμό χρησιμοποιήθηκε σιτάρι (ποικιλία Mexa) και αραβόσιτος (ποικιλία Δίας), άνευ προσβολής που προέρχονταν από τις ελληνικές εσοδείες του 2003 και του 2004. Η περιεκτικότητα σε υγρασία των δύο προϊόντων, όπως καθορίστηκε από τον μετρητή υγρασίας Dickey John (Dickey-John Multigrain CAC II, Dickey-John Co, Lawrence, KS, USA), ήταν 11,5 %.

Έντομα

Τα ακμαία *S. oryzae* που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές λήφθηκαν από πληθυσμόν που διατηρείται στο εργαστήριο, σε 27 ± 1 °C και 65 ± 5 % ΣΥ, ενώ τα ακμαία *T. confusum* λήφθηκαν από πληθυσμό που διατηρείται σε αλεύρι αναμεμιγμένο με 5 % ζυθοζύμη σε 28 ± 1 °C και 65 ± 5 ΣΥ. Όλα τα άτομα που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές ήσαν < 2 εβδομάδων.

Βιοδοκιμές

Οι βιοδοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών στους 25 °C και σε 55 % ΣΥ. Το επιθυμητό επίπεδο σχετικής υγρασίας διατηρήθηκε σταθερό με τη χρήση διαλυμάτων κεκορεσμένου άλατος βρωμιούχου σοδίου συμφώνως προς τον Greenspan (1977). Το επίπεδο ΣΥ 55% αντιστοιχεί περίπου σε 11,5 % περιεχόμενη υγρασία σιταριού (Pixton 1967, Pixton & Warburton 1971). Κατά τη διάρκεια του πειράματος η θερμοκρασία και η ΣΥ παρακολουθούνταν με ψηφιακό μετρητή HOB0 (HOB0 H8, Onset Computers, USA). Τα σκευάσματα ΓΔ χρησιμοποιήθηκαν σε δοσολογίες των 0,03 και 0,015 g/30g σιταριού ή αραβόσιτου. Ποσότητα προϊόντος των 30 gr τοποθετούνταν εντός γυάλινων φιαλιδίων και στη συνέχεια εφαρμοζόταν η αντίστοιχη ποσότητα ΓΔ σε κάθε φιαλίδιο. Υπήρχαν εννέα φιαλίδια για κάθε σκεύασμα ΓΔ και για κάθε δοσολογία. Τα εννέα φιαλίδια υποδιαιρέθηκαν σε τρεις ομάδες των τριών φιαλιδίων εκάστη. Στην πρώτη ομάδα η

ΓΔ προστέθηκε στο προϊόν χωρίς ανακίνηση. Στη δεύτερη και στην τρίτη ομάδα, μετά την προσθήκη της ΓΔ το προϊόν ανακινήθηκε για μισό λεπτό και για 3 λεπτά αντιστοίχως. Στη συνέχεια τοποθετούνταν 30 ακμαία έντομα *S. oryzae* σε κάθε φιαλίδιο. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για το *R. dominica* και το *T. confusum*. Η θνησιμότητα εκτιμήθηκε μετά από 7 και 14 ημέρες εκθέσεως των εντόμων στη ΓΔ (υπήρχαν χωριστές σειρές φιαλιδίων για κάθε δόση). Η σειρά αυτή των βιοδοκιμών επαναλήφθηκε τρεις φορές και κάθε φορά προετοιμάζονταν νέα φιαλίδια.

Στατιστική ανάλυση

Η θνησιμότητα στους μάρτυρες διορθώθηκε με τη μέθοδο του Abbott (1925) αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις, η θνησιμότητα στους μάρτυρες ήταν γενικά χαμηλή. Πριν την ανάλυση, όλα τα δεδομένα μετατράπηκαν σε τόξο του ημιτόνου προκειμένου να σταθεροποιηθούν οι μέσοι όροι και να κανονικοποιηθούν οι διασπορές. Τα δεδομένα αναλύθηκαν, χωριστά για κάθε είδος εντόμου, χρησιμοποιώντας τη διαδικασία GLM of SAS (SAS Institute, 1995), με τη διάρκεια ανακινήσεως, το προϊόν, το σκεύασμα της ΓΔ, τη δόση και το χρόνο εκθέσεως ως κύριες επιδράσεις. Οι μέσοι όροι διαχωρίστηκαν με τη δοκιμή Tukey-Kramer (HSD), για $P < 0,05$ (Sokal & Rohlf 1995).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Θνησιμότητα του *R. dominica*

Από τις κύριες επιδράσεις, σημαντικές ήταν το προϊόν, η δόση, ο χρόνος ανακινήσεως και ο χρόνος εκθέσεως (Πίνακας 1). Μετά από έκθεση 7 ημερών, στην περίπτωση του σιταριού, σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν μόνον στην περίπτωση της μικρότερης δόσεως ΓΔ. Η θνησιμότητα ήταν σημαντικώς υψηλότερη στα φιαλίδια τα οποία δεν είχαν ανακινηθεί εν συγκρίσει με τις άλλες δύο περιπτώσεις (Πίνακας 4). Στην περίπτωση της χαμηλής δόσεως του SilicoSec υπήρχαν σημαντικώς περισσότερα νεκρά σε εκείνα τα φιαλίδια τα οποία είχαν ανακινηθεί επί 3 min εν συγκρίσει με εκείνα τα οποία είχαν ανακινηθεί επί 0,5 min. Στην περίπτωση του αραβοσίτου, η θνησιμότητα ήταν υψηλότερη στα φιαλίδια τα οποία δεν ανακινήθηκαν εν συγκρίσει με αυτά που είχαν ανακινηθεί. Μετά από έκθεση 14 ημερών, στην περίπτωση του σιταριού δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ διαφορετικών τρόπων προσθήκης των σκευασμάτων, με εξαίρεση την χαμηλή δόση του SilicoSec όπου η θνησιμότητα στα φιαλίδια τα οποία δεν ανακινήθηκαν και σε εκείνα που ανακινήθηκαν επί τρία λεπτά έφθασε το 89% και 87% αντιστοίχως (Πίνακας 5). Στην περίπτωση του αραβοσίτου σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν μόνον στην περίπτωση του Protect-It, όπου η θνησιμότητα στα φιαλίδια τα οποία δεν ανακινήθηκαν ήταν περίπου 98%, ενώ στις δύο περιπτώσεις ανακινήσεως ήταν μικρότερη από 63%.

Θνησιμότητα του *S. oryzae*

Από τις κύριες επιδράσεις, σημαντικές ήσαν ο χρόνος ανακινήσεως και ο χρόνος εκθέσεως (Πίνακας 2). Μετά από έκθεση 7 ημερών, στην περίπτωση του σιταριού η θνησιμότητα κυμάνθηκε μεταξύ 98 και 100% στα φιαλίδια τα οποία δεν ανακινήθηκαν, ενώ στις άλλες δύο περιπτώσεις η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 15% (Πίνακας 6). Αντιθέτως, στην περίπτωση του αραβόσιτου δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς το χρόνο ανακινήσεως και ως προς τη δόση της ΓΔ (Πίνακας 6). Οι ίδιες περίπου τάσεις παρατηρήθηκαν και στις 14 ημέρες εκθέσεως, όπου η θνησιμότητα στα φιαλίδια τα οποία δεν ανακινήθηκαν έφθασε το 100% σε όλες τις περιπτώσεις (Πίνακας 7). Παρά το γεγονός ότι στα φιαλίδια τα οποία ανακινήθηκαν η θνησιμότητα αυξήθηκε εν συγκρίσει με την έκθεση των 7 ημερών, εν τούτοις δεν υπερέβη το 29%. Στην περίπτωση του αραβόσιτου, η θνησιμότητα έφθασε το 100% μόνο στα φιαλίδια που περιείχαν SilicoSec.

Θνησιμότητα του *T. confusum*

Όλες οι κύριες επιδράσεις ήσαν σημαντικές εκτός από το προϊόν (Πίνακα 3). Στην περίπτωση του σιταριού, μετά από έκθεση 7 ημερών στις περισσότερες περιπτώσεις συνδυασμών ΓΔ-δόσεως η θνησιμότητα ήταν σημαντικώς μεγαλύτερη στα φιαλίδια τα οποία δεν είχαν ανακινηθεί εν συγκρίσει με τις άλλες δύο περιπτώσεις (Πίνακας 8). Όλα τα ακμαία ήσαν νεκρά στα φιαλίδια χωρίς ανακίνηση. Οι ίδιες περίπου τάσεις παρατηρήθηκαν και στην περίπτωση του αραβόσιτου, αλλά σε αυτό το προϊόν η θνησιμότητα κυμάνθηκε μεταξύ 27 και 97%. Μετά από έκθεση 14 ημερών, η θνησιμότητα ήταν σημαντικώς μεγαλύτερη στα φιαλίδια τα οποία δεν είχαν ανακινηθεί εν συγκρίσει με τις άλλες δύο περιπτώσεις (Πίνακας 9). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στους τρεις από τους τέσσερις συνδυασμούς που εξετάστηκαν με το Protect-It, η θνησιμότητα ήταν μικρότερη στα φιαλίδια τα οποία είχαν ανακινηθεί μισό λεπτού εν συγκρίσει με αυτά που ανακινήθηκαν επί 3 min (Πίνακας 9).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι Subramanyam & Roesli (2000) αναφέρουν ότι σε εργαστηριακές βιοδοκιμές η διαδικασία ανάμιξης της ΓΔ με το προϊόν πιθανόν να επηρεάζει το ποσοστό θνησιμότητας των εντόμων. Οι ανωτέρω συγγραφείς πρότειναν ότι είναι προτιμότερο να τοποθετείται η απαιτούμενη ποσότητα ΓΔ χωριστά σε κάθε φιαλίδιο, παρά να προετοιμάζονται μεγαλύτερες ποσότητες προϊόντος και στη συνέχεια να λαμβάνονται μικρές ποσότητες και να τοποθετούνται στα φιαλίδια. Συνεπώς, όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάμιξη της ΓΔ με τη μάζα του προϊόντος επιδρούν άμεσα και στην αποτελεσματικότητά της. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι η διάρκεια αναμίξεως της ΓΔ με το προϊόν είναι ένας κρίσιμος παράγων για όλα τα είδη εντόμων και για όλα τα προϊόντα που εξετάστηκαν. Από τα τρία είδη εντόμων, η θνησιμότητα του *R. dominica* επηρεάστηκε λιγότερο από το χρόνο ανακινήσεως, πιθανώς λόγω της μεγάλης κινητικότητας αυτού του εντόμου. Επίσης, η αύξηση της δόσεως αλλά και η αύξηση του χρόνου εκθέσεως του *R. dominica* περιορίζουν τις διαφορές στο χρόνο ανακινήσεως, τουλάχιστον στην περίπτωση του σιταριού. Αντιθέτως, στην περίπτωση του αραβόσιτου οι

παρατηρηθείσες διαφορές στην θνησιμότητα διατηρήθηκαν ασχέτως της εκθέσεως και της δόσεως. Όσον αφορά στο *S. oryzae*, τα αποτελέσματα του πειράματος ήσαν προς την αντίθετη κατεύθυνση. Ενώ δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην περίπτωση του αραβόσιτου, αξιοσημείωτες διαφορές παρατηρήθηκαν στο σιτάρι. Οι Athanassiou et al. (2003) αναφέρουν ότι η θνησιμότητα των ακμαίων *S. oryzae* ήταν υψηλότερη στην περίπτωση του κριθαριού παρά του αραβόσιτου, όταν και στα δύο τοποθετήθηκε SilicoSec. Παρόμοια συμπεράσματα καταγράφηκαν και από τους Vayias et al. (2006) για το *T. confusum*. Στην παρούσα εργασία η συνολική θνησιμότητα ήταν μεγαλύτερη στον αραβόσιτο από ότι στο σιτάρι. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η θνησιμότητα των ακμαίων ήταν εξαιρετικά χαμηλή σε χρόνους ανακινήσεως 0,5 και 3 min, εν συγκρίσει με τα φιαλίδια τα οποία δεν είχαν ανακινηθεί, όπου η θνησιμότητα ήταν 100% ή σχεδόν 100%. Παρά το γεγονός ότι η θνησιμότητα στην περίπτωση του αραβόσιτου χωρίς ανακίνηση δεν έφθασε το 100% (με μία εξαίρεση), ήταν μεγαλύτερη στις δύο περιπτώσεις με ανακίνηση εν συγκρίσει με το σιτάρι. Υποθέτουμε ότι στην περίπτωση του σιταριού απαιτείται ανακίνηση μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας (>3 min). Φαίνεται ότι στους χρόνους ανακινήσεως που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία τα σωματίδια της ΓΔ δεν αναμείχθηκαν επαρκώς με το προϊόν και ορισμένες ποσότητες προϊόντος είχαν μερικώς μόνον αναμειχθεί με τη ΓΔ. Αυτές οι ανεπαρκώς αναμιχθείσες ποσότητες δημητριακών φιλοξενούσαν έντομα τα οποία, λόγω της ανεπαρκούς ΓΔ, ανέλαβαν και προξένησαν περαιτέρω φθορά στο προϊόν (Subramanyam & Roesli 2000). Όσον αφορά στην προσθήκη της ΓΔ στην επιφάνεια του προϊόντος (χωρίς ανακίνηση), αυτό αποτελεί προσομοίωση επιφανειακής εφαρμογής. Επομένως, εάν τα έντομα τοποθετούνται μετά την προσθήκη της ΓΔ θα περάσουν μέσα από το επιφανειακό στρώμα ΓΔ μεταφέρουν μία επαρκή ποσότητα σωματιδίων ΓΔ στην δερμίδα τους επιφέροντα ταχύ θάνατο ακόμη κι αν η κατώτερη μάζα προϊόντος δεν περιέχει ΓΔ. Παρόμοια αποτελέσματα περιπτώσεως επιφανειακής εφαρμογής του Protect-It σε ρύζι κατά του *R. dominica* έχουν αναφερθεί από τους Vardeman et al. (2006). Σημειώνεται ότι στην περίπτωση των σπόρων αραβόσιτου, λόγω των μεγαλύτερων διαστημάτων ανάμεσα σε αυτούς, η επιφανειακώς τοποθετηθείσα ΓΔ διαπερνά την επιφάνεια και προχωρά σε κατώτερα στρώματα προϊόντος. Επίσης, λόγω των μεγαλύτερων διαστημάτων ανάμεσα στους σπόρους αραβόσιτου, τα ακμαία *S. oryzae* και *T. confusum*, τα οποία είναι ιδιαίτερος κινητικά, ενθαρρύνονται να μετακινηθούν σε όλη την ποσότητα προϊόντος που υπάρχει μέσα στο φιαλίδιο. Προηγούμενες μελέτες τεκμηρίωσαν ότι το *T. confusum* είναι ιδιαίτερος ανθεκτικό στη ΓΔ (Vayias & Athanassiou 2004, Athanassiou et al. 2004), αλλά στην παρούσα εργασία και στο έντομο αυτό η θνησιμότητα ήταν υψηλή στα φιαλίδια με επιφανειακά τοποθετημένη ΓΔ (χωρίς ανακίνηση). Συνεπώς, η τοποθέτηση της ΓΔ στην επιφάνεια και στο ανώτερο στρώμα των αποθηκευμένων προϊόντων (σε μεγάλες ποσότητες) πιθανόν να αποτελεί μία καλή και αποτελεσματική λύση στα προβλήματα που εμφανίζονται κατά την τοποθέτηση της ΓΔ στο σύνολο της ποσότητας του προϊόντος.

Πίνακας 1. Παράμετροι της ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και για τις αλληλεπιδράσεις για το *R. dominica* (df total =647)

Πηγή	df	<i>F</i>	<i>P</i>
Προϊόν	1	77,6	< 0,01
ΓΔ	1	0,4	0,55
Δόση ΓΔ	1	10,9	< 0,01
Χρόνος ανακινήσεως	2	39,1	< 0,01
Έκθεση	1	44,4	< 0,01
Προϊόν X ΓΔ	1	4,9	0,03
Προϊόν X Δόση	1	3,3	0,07
Προϊόν X Έκθεση	2	7,0	< 0,01
Προϊόν X Έκθεση	2	0,6	0,40
Δόση ΓΔ X Χρόνος ανακινήσεως	2	4,1	0,02
Δόση ΓΔ X Έκθεση	1	0,2	0,70
Χρόνος ανακινήσεως X Έκθεση	2	1,5	0,23

Πίνακας 2. Παράμετροι της ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και για τις αλληλεπιδράσεις για το *S. oryzae* (df total =647)

Πηγή	df	F	P
Προϊόν	1	216,5	< 0,01
ΓΔ	1	0,5	0,49
Δόση ΓΔ	1	0,3	0,61
Χρόνος ανακινήσεως	2	148,1	< 0,01
Έκθεση	1	70,2	< 0,01
Προϊόν X ΓΔ	1	0,1	< 0,81
Προϊόν X Δόση	1	1,6	0,22
Προϊόν X Έκθεση	2	90,5	< 0,01
Προϊόν X Έκθεση	2	24,5	< 0,01
Δόση ΓΔ X Χρόνος ανακινήσεως	2	3,4	0,04
Δόση ΓΔ X Έκθεση	1	1,8	0,18
Χρόνος ανακινήσεως X Έκθεση	2	0,4	0,65

Πίνακας 3. Παράμετροι της ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και για τις αλληλεπιδράσεις για το *T. confusum* (df total =647)

Πηγή	df	F	P
Προϊόν	1	0,0	0,93
ΓΔ	1	8,0	< 0,01
Δόση ΓΔ	1	13,3	< 0,01
Χρόνος ανακινήσεως	2	96,6	< 0,01
Έκθεση	1	42,3	< 0,01
Προϊόν X ΓΔ	1	2,6	0,11
Προϊόν X Δόση	1	5,0	0,03
Προϊόν X Έκθεση	2	3,8	0,02
Προϊόν X Έκθεση	2	4,8	0,03
Δόση ΓΔ X Χρόνος ανακινήσεως	2	0,7	0,51
Δόση ΓΔ X Έκθεση	1	0,6	0,43
Χρόνος ανακινήσεως X Έκθεση	2	6,3	< 0,01

Πίνακας 4. Μέση θνησιμότητα (%) (\pm SE) ακμαίων *R. dominica* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε σιτάρι και σε αραβόσιτο φέροντα δύο σκευάσματα ΓΔ εφαρμοσθέντα με τρεις τεχνικές (διάρκεια ανακινήσεως φιαλιδίων) σε δυο δόσεις (για κάθε διάρκεια ανακινήσεως εντός κάθε σκευάσματος ΓΔ και δόσεως, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς, όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές, Tukey Kramer HSD test, P=0,05)

	Σιτάρι			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ.Ανακ. /Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	86,7 \pm 3,9a	93,3 \pm 3,3	88,7 \pm 9,4	90,0 \pm 5,1
0.5	46,7 \pm 6.9b	88,9 \pm 4,0	65,4 \pm 11,9	80,1 \pm 11,6
3	74,6 \pm 2.9c	81,1 \pm 9,1	71,1 \pm 9,1	88,9 \pm 10,2
<i>F</i>	17,9	1,1	3,1	0,5
<i>P</i>	<0,01	0,41	0,12	0,65
	Αραβόσιτος			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ. / Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	83,3 \pm 5,1a	78,9 \pm 10,9a	73,3 \pm 6,7a	88,9 \pm 6,2a
0.5	32,2 \pm 9,3b	41,1 \pm 11,8b	28,9 \pm 10,7b	32,2 \pm 9,5b
3	56,7 \pm 10,2b	46,7 \pm 10,4b	50,2 \pm 5,1c	40,3 \pm 8,9b
<i>F</i>	10,7	5,5	5,9	7,3
<i>P</i>	0,01	0,04	0,04	0,03

Πίνακας 5. Μέση θνησιμότητα (%) (\pm SE) ακμαίων *R. dominica* εκτεθέντων επί 14 ημέρες σε σιτάρι και σε αραβόσιτο φέροντα δύο σκευάσματα ΓΔ εφαρμοσθέντα με τρεις τεχνικές(διάρκεια ανακινήσεως φιαλιδίων) σε δυο δόσεις (για κάθε διάρκεια ανακινήσεως εντός κάθε σκευάσματος ΓΔ και δόσεως, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς, όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές, Tukey Kramer HSD test, P=0,05)

	Σιτάρι			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ. Ανακ. / Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	88,9 \pm 2,9a	97,8 \pm 1,1	96,9 \pm 1,1	98,7 \pm 1,3
0.5	61,1 \pm 7,6b	96,7 \pm 1,9	88,9 \pm 11,1	91,1 \pm 4,8
3	86,5 \pm 1,9a	86,7 \pm 8,4	94,4 \pm 5,6	97,8 \pm 2,2
<i>F</i>	5,7	1,5	0,5	1,0
<i>P</i>	0,04	0,30	0,64	0,43
	Αραβόσιτος			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ./ Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	86,7 \pm 9,1	85,6 \pm 7,3	86,7 \pm 6,9a	97,8 \pm 2,2a
0.5	56,7 \pm 15,7	77,8 \pm 8,5	47,8 \pm 6,8b	61,1 \pm 8,7b
3	75,6 \pm 12,4	68,9 \pm 12,9	68,9 \pm 12,4ab	62,2 \pm 4,0b
<i>F</i>	2,4	0,4	5,6	13,6
<i>P</i>	0,18	0,69	0,04	< 0,01

Πίνακας 6. Μέση θνησιμότητα (%) (\pm SE) ακμαίων *S. oryzae* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε σιτάρι και σε αραβόσιτο φέροντα δύο σκευάσματα ΓΔ εφαρμοσθέντα με τρεις τεχνικές (διάρκεια ανακινήσεως φιαλιδίων) σε δυο δόσεις (για κάθε διάρκεια ανακινήσεως εντός κάθε σκευάσματος ΓΔ και δόσεως, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς, όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές, Tukey Kramer HSD test, $P=0,05$)

	Σιτάρι			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ. Ανακ. / Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	97,8 \pm 2,2a	100 \pm 0,0a	98,9 \pm 0,9a	100 \pm 0,0a
0.5	2,2 \pm 2,2b	3,0 \pm 1,1b	5,6 \pm 2,4b	8,9 \pm 1,1b
3	6,7 \pm 5,1b	6,7 \pm 3,3b	6,9 \pm 4,0b	14,4 \pm 5,6b
<i>F</i>	243,7	844,0	361,3	228,9
<i>P</i>	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Αραβόσιτος			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ./Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	51,1 \pm 12,8	82,2 \pm 14,6	48,9 \pm 10,6	76,7 \pm 3,3
0.5	47,8 \pm 9,7	57,8 \pm 10,6	65,6 \pm 7,8	71,1 \pm 21,1
3	56,7 \pm 6,7	76,7 \pm 17,1	55,6 \pm 4,0	80,0 \pm 3,3
<i>F</i>	2,5	1,0	0,5	2,7
<i>P</i>	0,16	0,42	0,62	0,14

Πίνακας 7. Μέση θνησιμότητα (%) (\pm SE) ακμαίων *S. oryzae* εκτεθέντων επί 14 ημέρες σε σιτάρι και σε αραβόσιτο φέροντα δύο σκευάσματα ΓΔ εφαρμοσθέντα με τρεις τεχνικές(διάρκεια ανακινήσεως φιαλιδίων) σε δυο δόσεις (για κάθε διάρκεια ανακινήσεως εντός κάθε σκευάσματος ΓΔ και δόσεως, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς, όπου δεν υπάρχουν γράμματα δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές, Tukey Kramer HSD test, P=0,05)

	Σιτάρι			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ. Ανακ. / Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	100 \pm 0,0a	100 \pm 0,0a	100 \pm 0,0a	100 \pm 0,0a
0.5	13,3 \pm 5,8b	28,9 \pm 7,3b	13,7 \pm 8,8b	16,2 \pm 4,2b
3	23,3 \pm 5,1b	25,6 \pm 9,1b	22,2 \pm 2,9b	27,8 \pm 7,3b
<i>F</i>	113,8	45,5	78,9	113,4
<i>P</i>	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Αραβόσιτος			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ. / Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	97,8 \pm 1,1	100 \pm 0,0	97,8 \pm 1,1	98,9 \pm 1,0
0.5	94,4 \pm 3,6	91,1 \pm 7,3	94,4 \pm 5,5	97,8 \pm 2,1
3	92,2 \pm 4,0	92,8 \pm 6,0	91,2 \pm 4,2	92,1 \pm 4,3
<i>F</i>	0,5	1,4	0,5	1,4
<i>P</i>	0,64	0,31	0,64	0,31

Πίνακας 8. Μέση θνησιμότητα (%) (\pm SE) ακμαίων *T. confusum* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε σιτάρι και σε αραβόσιτο φέροντα δύο σκευάσματα ΓΔ εφαρμοσθέντα με τρεις τεχνικές (διάρκεια ανακινήσεως φιαλιδίων) σε δυο δόσεις (για κάθε διάρκεια ανακινήσεως εντός κάθε σκευάσματος ΓΔ και δόσεως, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς, Tukey Kramer HSD test, $P=0,05$)

	Σιτάρι			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ.Ανακ./ Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	100 \pm 0,0a	100 \pm 0,0a	100 \pm 0,0a	100 \pm 0,0a
0.5	24,4 \pm 5,6b	70,0 \pm 8,4b	14,4 \pm 7,3b	26,7 \pm 3,4b
3	12,2 \pm 5,9b	63,3 \pm 6,7b	23,3 \pm 3,8b	22,2 \pm 4,0b
<i>F</i>	103,6	10,0	97,8	210,7
<i>P</i>	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
	Αραβόσιτος			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ./Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	87,8 \pm 2,9a	96,7 \pm 1,9a	76,7 \pm 12,0a	90,0 \pm 9,5a
0.5	56,7 \pm 5,1b	63,3 \pm 13,9b	30,0 \pm 16,9b	60,0 \pm 5,3b
3	26,7 \pm 3,9c	47,8 \pm 6,2b	64,7 \pm 16,0b	65,6 \pm 4,1b
<i>F</i>	56,7	8,0	5,7	8,2
<i>P</i>	< 0,01	0,02	0,04	0,02

Πίνακας 9. Μέση θνησιμότητα (%) (\pm SE) ακμαίων *T. confusum* εκτεθέντων επί 14 ημέρες σε σιτάρι και σε αραβόσιτο φέροντα δύο σκευάσματα ΓΔ εφαρμοσθέντα με τρεις τεχνικές(διάρκεια ανακινήσεως φιαλιδίων) σε δυο δόσεις (για κάθε διάρκεια ανακινήσεως εντός κάθε σκευάσματος ΓΔ και δόσεως, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικώς, ό,που δεν υπάρχουν γράμματα δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές, Tukey Kramer HSD test, P=0,05)

	Σιτάρι			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ. Ανακ./ Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	100 \pm 0,0a	100 \pm 0,0	100 \pm 0,0a	100 \pm 0,0a
0.5	68,9 \pm 7,9b	97,8 \pm 2,1	44,4 \pm 13,0b	72,2 \pm 4,0b
3	53,3 \pm 6,7b	98,9 \pm 1,0	65,6 \pm 6,2b	69,4 \pm 10,2b
<i>F</i>	31,9	0,6	5,8	9,2
<i>P</i>	< 0,01	0,58	0,04	0,02
	Αραβόσιτος			
ΓΔ	SilicoSec		Protect-It	
Χρ. / Δόση ΓΔ	0,015 g/30g	0,03 g/30g	0,015 g/30g	0,03 g/30g
0	96,7 \pm 1,9a	97,8 \pm 1,1a	83,3 \pm 8,4	92,2 \pm 7,8a
0.5	64,4 \pm 7,3b	68,9 \pm 9,6b	60,0 \pm 13,9	65,6 \pm 16,0b
3	66,7 \pm 6,9b	56,7 \pm 4,3b	72,3 \pm 7,2	78,2 \pm 1,1ab
<i>F</i>	9,3	6,0	3,8	7,8
<i>P</i>	0,02	0,04	0,08	0,02

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbot, W.S. (1925) A method for computing the effectiveness of an insecticide J. Econ. Entomol, 18: 265-266.
- Akbar, W., Lord J.G., Nechols, J.R., Howard, R.W., 2004. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment Journal of Economic Entomology, 97, 273-280
- Al-Kirshi A.G., H. Boshow, W. E. Burkholder & 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 the 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, September 1991.
- Anonymous, 1994. Official United states standards for grain. USDA *Federal Grain Inspection Service* page 47.
- Arthur, F.H. 1992. Recidual efficacy of chlorpyriphos methyl + bioresmethrin and Chlorpyriphos methyl + resmethrin for controlling lesser grain borers (Coleoptera: Bostrychidae), rice weevils (Coleoptera: Curculionidae) in stored Wheat. J. Econ. Entomol, 85, 570-575.
- Athur, 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.
- Athanassiou, C.G., N.G. Kavallieratos, F.C. Tsaganou, B.J. Vayias, C.B. Dimizas, & 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, & N.S. Andris. 2004a. Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on oat, rye and triticale. J. Econ. Entomol. 97: 2160-2167.
- Athanassiou, C.G., B.J. Vayias, C.B. Dimizas, N.G. Kavallieratos, A.S. Papegeorgiou, C. Th. Buchelos, 2004b. 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 internal, *Journal of Stored Product Research*, Elsevier.
- Athanassiou, C.G., & N.G. Kavallieratos. 2005a. Insecticidal effect and Adherence of RyriSec in different grain commodities. *Crop Prot.* 24: 703-710.
- Athanassiou, C.G., N.G. Kavallieratos, L.P. Economou, C.B. Dimizas, B.J. Vayias, S. Tomanovic, and M. Milutinovic, 2005b, Persistence and Efficacy of Three Diatomaceous Earth Formulations Against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) on Wheat and Barley, *Journal of Economic Entomology*, pp. 1404-1412.
- Athanassiou, C.G., N.G. Kavallieratos, J.B. Tsakiri, S.N. Xyrafidis, & B.J. Vayias, 2006, "Effect of Temperature and Humidity on Insecticidal Effect of Silico Sec Against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae)", *Journal of Economic Entomology*, p. 1520-1524.
- Batta, Y.A. 2004. Control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae*. L., Coleoptera: Curculionidae) with various formulations of *Metarhizium anisopliae*. *Crop Prot.* 23, 103-108.
- Batta, Y.A. , 2005. Control of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (F), (Coleoptera: Bostrychidae) by treatments with residual formulations of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes). *J. Stored Prod. Res.* 41, 221-229.
- Bertke E.M., 1964. The effect of ingestion of diatomaceous earth in white rats: a subacute toxicity test. *Toxicology of Applied Pharmacology*. Volume 6, pages 284-291.
- Buchelos C Th & Athanassiou C.G., Dominance and frequency of Coleoptera found on stored cereal products in central Greece. *Entomol Hell* 11: 17-22 (1993).
- Calderon, M. (1981). "The ecosystem approach for apprehending the extent of Postharvest grain losses", *Phytoparasitica*, 9, 157-167.
- Carlson S.D. & 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.
- Cotton R. J., 1963. Pests of Storage grain Products. Pages 71-72.
- Cox, P.D., Wilking, D. R. 1996. The potential use of biological control of pests in stored grain. *Research Review* 36. Home-Grown Cereals Authority, London.
- Dal-Bello, G. Padin, S. Lopez-Lastra, C., Fabrizio M. 2001. Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *J. Stored Prod. Res.* 37, 77-81.

- Desmarchelier, J. M., & J.C. Dines, 1987. Dryacide treatment of stored wheat: Its efficacy against insects, and after processing. *Aust. J. Exp. Agric* 27: 309-312.
- Δημόπουλος, Βασ. 1998, Φυτοπροστατευτικά Προϊόντα, εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.
- Dowdy AK & Fields PC. (2000), Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mill. *J. Stored Prod Res* 38: 11-22.
- Dunkel, F. V. (1992). "The stored grain ecosystem". *J. Stored Prod. Res.* 28: 73-87.
- 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.G. & Muir W.E., 1996. Integrated Management of Insects in Stored Products. Ed B.B. Subramanyam and D.W. Hangstrum. New York pages 165-201.
- Fields, P., & Z. Korunic. 2000(a). 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, 13-21.
- Fields P.G., & Korunic Z., 2000(b). Diatomaceous earth to control *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucuzidae) in stored barley in farm granaries. *The Canadian Entomologist* Volume 132 pages 247-258.
- Greenspan, L. (1977) Humidity fixed points of binary saturated aqueous Solutions. *J. Res. Nat. 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.
- Haines, C. P. (1991). "Insects and arachnids of tropical stored products: their Biology and identification." *Natural Resources Institute, Chatham, U.K.*, 246 pp.
- Hall, D.W. (1970). "Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas". *Agriculture Development Paper 90m F.A.O. Rome Italy*, 350 pp.
- Ηλιόπουλος, Π.Α. 2002, Φυτοπροστασία ΙΙ, ΤΕΙ Καλαμάτας.
- Kavallieratos, N. G., C.G. Athanassiou, F.G. Paschalidou, N.S. Andris, & Z. Tomanovic. 2005. Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F). (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Management Science*, pp. 660-666.

- Kavallieratos, N.G., C.G. Athanassiou, M.P. Michalaki, Y.A. Batta, H.A. Rigatos, F.G. Pashalidou, G.N. Balotis, Z. Tomanovic, B.J. Vayias 2006. Effect of the combined use of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) sorokin and diatomaceous earth for the control of three stored-product beetle species. *Crop Protection*, Elsevier (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, 1995. Diatomaceous earth insecticidal composition. USA Patent 5, 773,017.
- Lepesme P. 1944. Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposes. Le chevalier, Paris
- 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.
- Lord J.C., 2001. Desiccant dusts synergize the effect of *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) on stored-grain beetles. *J. Econ. Entomol.*, 94, 367-372.
- Λυκουρέσης Δ.Π., (1995. Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση Εντόμων-Εχθρών Καλλιεργείων. (Πανεπιστημιακές παραδόσεις) σελ. 69, 77.
- Mewis, I., & 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 Granaries* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Stored Prod. Res.* 37: 153-164.
- Mian L.S. & 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.
- Michalaki, M.P., C.G. Athanassiou, N.G. Kavallieratos, Y.A. Batta, G.N. Balotis, 2006, Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin applied alone or in combination with diatomaceous earth against *Tribolium confusum* Du Val larvae: Influence of temperature, relative humidity and type of Commodity, *Crop Protection* (in Press).
- Moore, D., Lord, J.C. Smith, S.M. 2000. Pathogens. In: Subramanyam, Bh. Hagstrum D.W. (Eds.). *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Kluwer Academi Publishers, Dordrecht, pp. 193-227.
- Μπουχέλος Κ., (1996). «Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και Τροφίμων».

- Μπουχέλος, Κ.Θ. , 2002, Οδηγός προσδιορισμού κυριότερων εντόμων αποθηκών και Τροφίμων, Αθήνα.
- Nelson S.O., L.F. Charity, 1972. Frequency dependence of energy absorption by insect and grain in electric fields. *Transaction of the A.S.A.E.* 15 (6) pages 1099-1102
- Oberlander H., D.L. Silhack, E. Shayya & 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.
- Ορφανίδης, Π.Σ., 1968. Γεωργική Φαρμακολογία τόμος Α΄σελ. 67-68.
- Ορφανίδης, Π.Σ., 1968. Γεωργική Φαρμακολογία τόμος Β΄. Σελ. 65-68.
- Padin, S., Bello Dal, G. & Fabrizio, M. (2002). "Grain loss caused by *Tribolium Catesaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum Wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*". *J. of Stored Prod.* 38: 69-74.
- Papadopoulou, Moulkidou E. & 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.
- 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 Pest Research* Volume 22 No. 2 pages 63-69.
- Pixton, S.W.(1967). Moisture content-its significance and measurement in stored Products. *J.Stored Prod. Res.* 3: 35-47.
- Pixton, S.W. & S. Warburton (1971). Moisture content/relative humidity Equilibrium of some cereal grains at different temperatures. *J. Stored. Prod. Res.* 6: 283-293.
- Pixton, S.W. (1982). "The importance of moisture and equilibrium relative humidity in stored products". *Trop. Stored Prod. Inf.*, 43: 16-29.
- Pracash, A. & Goel S.C. (1993) "Factors effecting losses due insects and their Management in rice storage" *Sanatan Dharm College, Muzzafarnagar, India*, 50-54.
- Quarles W., 1992. Diatomaceous earth for pest control. *IPM Practitioner* Volume 14, Pages 1-11.
- Quarles W. & Winn P., 1996. Diatomaceous earth and stored-product pests. *IPM Practitioner* Volume 18, pages 1-10.

- Rice, W.C. & Cogburn, R.R. (1999). "Activity of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota: Hyphomycetes) against three Coleopteran Pests of stored grain." *J. Econ. Entomol.* 92(3): 691-694.
- Round F.E., Crawford R.M. & Mann D.G., 1992. The Diatoms. Biology & Morphology of the genera. *Cambridge University Press*, N.Y. USA.
- Rowley, J. Q. (1984). "An assessment of losses during handling and storage of millet in Mali". *Trop. Stored Prod. Inf.* , 47: 21-33.
- Sa-Fischer A. & M. Scholler, 1994. Nachweis der Parasitierung von *Dermestes Maculates* durch *Trichogramma evanescens*. (Record of the parasitisation of *Dermestes maculates* by *Trichogramma enanescens*). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft fur Allgemeine und Angewandte Entomologie* 9, 161-164.
- SAS Institute (1998) SAS users guide. 7th ed. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. 1660 pp.
- Shayya E., M. Kostjovski U., J. Eilberg & 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.
- Sinha, R.N. (1973). "Ecology of storage" *Ann. Technol. Agric.*, 22: 351-359.
- Sinha, R.N. (1995). "The stored grain Ecosystem. In: Stored-Grain by Jayas D.S, N.D.G. White & W.E. Williams (eds), *Marcel Dekker Inc. New York*, Chapter 1, 1-32.
- Smet H.J., M. Rans & A. De Loof, (1989). "Activity of new juvenile hormone Analogues on a stored food insect, *Tribolium confusum*", *Journal of Stored Products Research* Volume 25: 165-169.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf (1995) *Biometry*. 3rd ed. Freeman, New York, 887 pp.
- Σταμόπουλος Δ.Κ., (1995). Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιέργειών & λαχανικών. σελ. 8-13.
- Stathers, T.E., M. Denniff, & P. Golob. (2002). The efficacy and persistence of diatomaceous earths admixed with commodity against four tropical stored product beetle pests. *J. Stored Prod. Res.* 40: 113-123.
- Subramanyam B., 1993. Chemical composition of Insecto. *Report of Department of Entomology. University of Minesota, St. Paul: M.N.* Sept. 1993, 4.
- Subramanyam, Bh., & 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.
- Τόλης Ι.Δ., 1986. Βαμβάκι: Εχθροί, Ασθένειες, Ζιζάνια. Σελίδες 383-386.

- Τομάζου Γ., 1989. Υπολειμματική δράση εντομοκτόνων εναντίον του *Sitophilus oryzae* αποθηκευμένα σιτηρά. Β΄Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο. Ανακοινώσεις, Σελίδες 185-199.
- Vassilakos, T.N., C.G. Athanassiou, N.G. Kavallieratos, B.J. Vayias, 2006, Influence of temperature on the insecticidal effect of *Beauveria bassiana* in combination with diatomaceous earth against *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* on stored wheat. *Biological Control*, 38, Elsevier, pp. 270-281.
- Vardeman EA, Arthur FH, Hechols JR. Campbell JF. 2006. Effect of temperature, Exposure interval, and depth of diatomaceous earth treatment on distribution, Mortality, and progeny production of lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. *JOURNAL OF ECONOMIC ENTOMOLOGY* 99 : 1017-1024.
- Vayias B. J., & C.G. Athanassiou. 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.
- Vayias, B.J., C.G. Athanassiou, N. G. Kavallieratos, C.D. Tsesmeli & C.Th. Buchelos, 2006, Persistence and efficacy of two diatomaceous earth Formulations and a mixture of diatomaceous earth with natural pyrethrum Against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat and maize, *Pest Management Science*, 62: 456-464.
- Wakefield, M. Cox, P.D., Wildey, K.B., Price, N.R., Moore, D., Bell, B.A., 2002. The use of entomopathogenic fungi for stored product insect and mite control-further progress in the "Mycopest project". In: Zdarkova , E., Lukas, J. Hubert, J. (Eds). *Proceedings of the 2nd meeting of WG4 of COST Action 842*, Prague, pp. 110-115.
- Zaidi, S.H., 1969. *Experimental Pneumoconiosis*. Johns Hopkins Press, Baltimore, M.D.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Προσβεβλημένοι σπόροι σιταριού από *R. dominica*



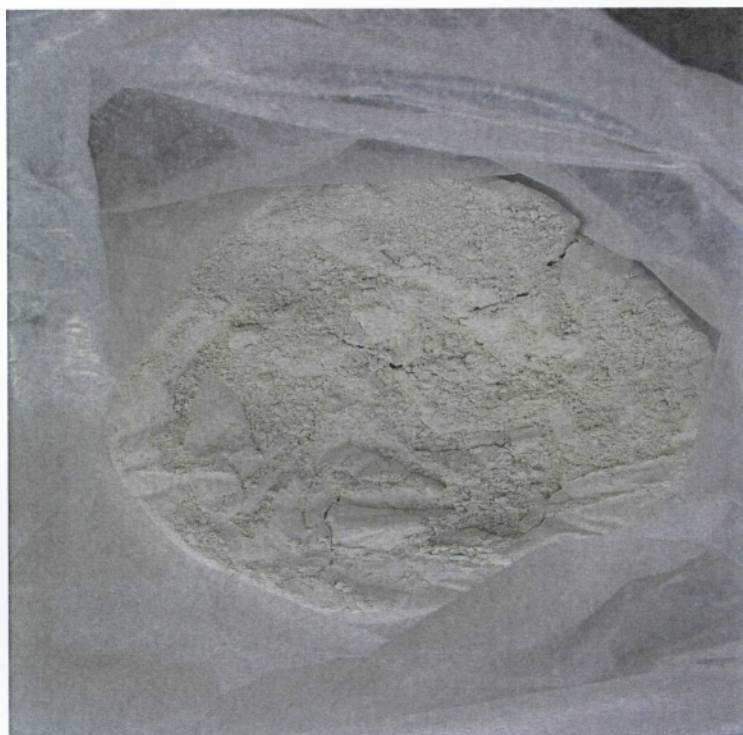
Σιτάρι προσβεβλημένο από ακμαία *R. dominica*



Εφαρμογή Γης Διατόμων σε *T. confusum*



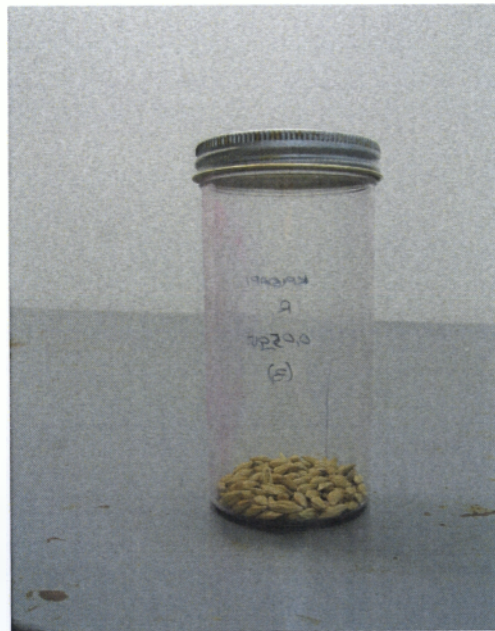
Εφαρμογή γης διατόμων σε *T. confusum*



Γη Διατόμων



Προσβεβλημένος σπόρος σιταριού από
S. oryzae



Φιαλίδιο βιοδοκιμών



S. oryzae σε εκτροφή αραβοσίτου



S. oryzae σε εκτροφή σιταριού



Θάλαμος εκτροφής *T. confusum*