

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

Καταπολέμηση των *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) και *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) με την μείξη τριών σκευασμάτων γης διατόμων.

Πτυχιακή εργασία
του σπουδαστή Κωνσταντίνου Μελέτη

Καλαμάτα, Νοέμβριος 2005

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

Καταπολέμηση των *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) και *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) με την μείξη τριών σκευασμάτων γης διατόμων.

Πτυχιακή εργασία
του σπουδαστή Κωνσταντίνου Μελέση

Επιβλέπων Καθηγητής: Παναγιώτης Α. Ηλιόπουλος

Καλαμάτα, Νοέμβριος 2005

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

(θεωρητικό)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΤΑ ΕΝΤΟΜΑ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

1.1 ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	1
1.1.2 Κυριότερα Έντομα Εχθροί Αποθηκευμένων Προϊόντων	2
1.1.3 Καταλυτικοί παράγοντες του μεγέθους προσβολής των αποθηκευμένων προϊόντων	6
1.2 ΜΕΛΕΤΗΘΕΝΤΑ ΕΙΔΗ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ	8
1.2.1 <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.).....	8
1.2.2 <i>Sitophilus oryzae</i> (L.).....	11
1.2.3 <i>Tribolium confusum</i> Jacquelin du Val.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΩΣ.....	25
2.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	26
2.3 ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	32
2.3.1 Χρήση Παγίδων και Φερομονών.....	32
2.3.2 Ρυθμιστές Αναπτύξεως	35
2.3.3 Αιθέρια Έλαια	37
2.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	38
2.5 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	41
2.6 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	42

2.6.1 Μεταβολή Θερμοκρασίας.....	42
2.6.2 Εφαρμογή Ιονιζουσών Ακτινοβολιών	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Η ΓΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΩΣ ΜΕΣΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ

3.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ-ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ.....	45
3.2 ΦΥΣΙΚΕΣ-ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	47
3.3 ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	49
3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ.....	50
3.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΕΩΣ ΣΚΟΝΗΣ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟ ΑΠΟΘΗΚΕΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ.....	54

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

(πειραματικό)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	57
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	57
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	59
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	61
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	71
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	 74

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

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

Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται την καταπολέμησή τριών από τα κυριότερα έντομα αποθηκών στη χώρα μας, με τη χρήση σκευασμάτων γης διατόμων.

Στο πρώτο μέρος (θεωρητικό) της εργασίας αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τα έντομα των αποθηκών αλλά και πιο συγκεκριμένα για τα τρία έντομα που μελετώνται. Αναφέρονται στοιχεία για τη βιολογία, τη μορφολογία καθώς και κάποιες συνοπτικές πληροφορίες για τις μεθόδους καταπολεμήσεως που εφαρμόζονται στα συγκεκριμένα έντομα αλλά και γενικώς για τους τρόπους αντιμετώπισης των εντόμων των αποθηκών. Επιπροσθέτως, στο πρώτο μέρος δίδονται πληροφορίες για τη γη διατόμων έτσι ώστε να γίνουν κατανοητές από τον αναγνώστη έννοιες όπως η προέλευση, οι ιδιότητες και η σημαντικότητα του προϊόντος. Η μέθοδος καταπολεμήσεως των εντόμων με τη χρήση γης διατόμων ανήκει στη κατηγορία των φυσικών μεθόδων αντιμετώπισης.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν την αποτελεσματικότητα της μεθόδου καθώς και τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της, συμπεραίνεται πως η σημασία της μεθόδου είναι μεγάλη για τους παραγωγούς.

Ο σκοπός του πειράματος τα αποτελέσματα καθώς και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν παρουσιάζονται στο δεύτερο μέρος της πτυχιακής διατριβής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρα Π. Α. Ηλιόπουλο για την ανάθεση της παρούσης εργασίας, τον Δρα Α. Ηλιόπουλο, επίκουρο καθηγητή του Τ.Ε.Ι Καλαμάτας για τη βοήθεια του, και τον Δρα Ν. Γ. Καβαλλιεράτο, Εντεταλμένο Ερευνητή Γ' του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για την πολύτιμη βοήθειά 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.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την συνεχή αύξηση του πληθυσμού των ανθρώπων έπρεπε να αυξηθεί και η παραγωγή γεωργικών προϊόντων αλλά ταυτοχρόνως να γίνει και αποθήκευση των αγροτικών προϊόντων, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του πληθυσμού. Από τα σημαντικότερα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στην συντήρηση των προϊόντων στους αποθηκευτικούς χώρους ήταν η προσβολή από έντομα αποθηκών. Η χρήση χημικών εντομοκτόνων, αν και σε πολλές περιπτώσεις έδινε αποτελέσματα, επέφερε σημαντικά προβλήματα στο περιβάλλον αλλά και στην ανθρώπινη υγεία. Το γεγονός αυτό κατέστησε επιτακτική την ανάγκη της χρήσεως εναλλακτικών μέσων καταπολεμήσεως των εντόμων.

Πριν μερικές δεκαετίες, ακόμη και σε κράτη που θεωρούνταν προηγμένα όπως η Αγγλία, οι άνθρωποι πίστευαν πως τα αποθηκευμένα προϊόντα προκαλούσαν από μόνα τους τις αλλοιώσεις που παρατηρούνταν σε αυτά, μάλιστα το φαινόμενο αυτών των αλλοιώσεων καλυπτόταν και νομικά χαρακτηριζόμενο ως «εγγενής ανωμαλία». Στις μέρες μας είναι πλέον γνωστό και γενικά παραδεκτό πως όλες αυτές τις αλλοιώσεις τις προκαλούν διάφοροι μικροοργανισμοί, αθρόοδα και τρωκτικά τα οποία δρουν είτε σε συνεργισμό είτε μεμονωμένως. Αποτέλεσμα αυτών των αλλοιώσεων είναι η ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση του εκάστοτε αποθηκευμένου προϊόντος. Συνέπεια των παραπάνω είναι οι δυσμενείς επιπτώσεις στην οικονομία αλλά και στην υγεία των ανθρώπων.

Συμφώνως προς τους υπολογισμούς του FAO (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), οι απώλειες σε έτοιμο προϊόν κατά την αποθήκευση ανέρχονται στο 17 % περίπου της παγκόσμιας παραγωγής (10% από έντομα και 7% από ακάρεα τρωκτικά και ασθένειες). Οι ποσότητες που καταναλίσκονται από τα έντομα στις αποθήκες και στις καλλιέργειες μόνο των σιτηρών θα μπορούσαν να αποτρέψουν λιμούς που σχεδόν μονίμως απειλούν τις περισσότερες χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Είναι γνωστό ότι τα ακμαία άτομα των Coleoptera και οι προνύμφες των Lepidoptera καταβροχθίζουν σε μια εβδομάδα προϊόν πολλαπλάσιο του βάρους τους. Για παράδειγμα, μια προνύμφη *Ephestia* sp. κατατρώγει φυτό 50 περίπου σπόρων μέχρι την νύμφωσή της (Μπουχέλος 1996).

Κάτω από αυτές τις συνθήκες γεννήθηκε και η αναγκαιότητα αντιμετώπισεως των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Από το 1960 άρχισαν να

χρησιμοποιούνται χημικά σκευάσματα για τη προστασία των αποθηκευμένων σιτηρών. Αυτά ήταν κυρίως οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά και πυρεθροειδή. Τα χημικά αυτά σκευάσματα συνήθως εφαρμόζονταν όταν τα προϊόντα φορτώνονταν στους αποθηκευτικούς χώρους, και η υπολειμματικότητα από αυτή την απλή εφαρμογή αναμενόταν να προστατεύσει το προϊόν για όλο το διάστημα της αποθηκεύσεως. Τα χημικά προστατευτικά χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε περιοχές όπου οι περιβαλλοντικές και οι οικονομικές συνθήκες περιορίζουν τη χρήση εναλλακτικών στρατηγικών ελέγχου των εντόμων. Οι εναλλακτικές λύσεις των συμβατικών χημικών φυτοφαρμάκων υποστηρίζονται σε πολλά γεωργικά οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένου του μετά τη συγκομιδή χώρου.

Η σημασία των συμβατικών προστατευτικών χημικών στα προγράμματα διαχείρισεως για τα αποθηκευμένα ακατέργαστα σιτηρά συνεχώς μειώνεται. Τα χημικά προστατευτικά σκευάσματα θα παραμείνουν ένα απαραίτητο μέρος των προγραμμάτων αντιμετώπισεως των εντόμων. Η εξάλειψη τους εξ ολοκλήρου θα μπορούσε να έχει σοβαρές οικονομικές συνέπειες, ειδικώς στις βιομηχανίες με στενά περιθώρια κέρδους. Εντούτοις, οι εναλλακτικές μέθοδοι καταπολεμήσεως, οι μηχανικοί έλεγχοι των πληθυσμών και οι περιβαλλοντικοί χειρισμοί αποκτούν όλο και μεγαλύτερη σημασία.

Οι βιολογικές μέθοδοι καταπολεμήσεως, η μηχανική ψύξη μέσω της χαμηλούς εντάσεως αερισμού και άλλων μορφών χειρισμού θερμοκρασίας, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, οι ρυθμιστές αυξήσεως των εντόμων, τα εκχυλίσματα φυτών, και οι αδρανείς σκόνες (γη διατόμων) καθιστούν σημαντικά όπλα στην έρευνα για τη χρήση τους στα περιβάλλοντα αποθηκεύσεως. Υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με τη συμβατότητα των προληπτικών φαρμάκων και των συγχρόνων διοικητικών προγραμμάτων για τα παράσιτα που δίνουν έμφαση στον έλεγχο και την ανίχνευση τους έτσι ώστε να καθορίσουν εάν οι πληθυσμοί των εντόμων είναι παρόντες και εάν αυτά τα επίπεδα προσβολής απαιτούν ελέγχους για να αποτρέψουν την οικονομική ζημία.

Μετά από πολλές έρευνες και αφού λήφθηκαν υπ' όψιν, από τους ερευνητές, η επικινδυνότητα των χημικών σκευασμάτων καθώς και η δυσκολία εφαρμογής άλλων μεθόδων εξαιτίας του υψηλού κόστους τους, έγιναν προσπάθειες έτσι ώστε να βρεθούν και άλλοι τρόποι αντιμετώπισεως των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων.

Το «λούσιμο στην άμμο» είναι ένα καλά γνωστό περιστατικό που εφαρμόζεται στα πουλικά ώστε να προστατευτούν από διάφορα παράσιτα. Τέσσερις χιλιάδες έτη πριν, οι παρατηρήσεις τέτοιων φυσικών φαινομένων οδήγησαν πιθανώς τους Κινέζους στην χρήση γης διατόμων για να ελέγξουν τα παράσιτα. Το 1880 στις ΗΠΑ παρατηρήθηκε ότι η οδική σκόνη σκότωνε τις κάμπιες του σκώρου βαμβακιού. Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, οι σκόνες αργίλου, η άμμος ή τα πηκτώματα πυριτίου χρησιμοποιήθηκαν εκτενέστερα στην πράξη και στην έρευνα για τη γη διατόμων. Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, η γη διατόμων χρησιμοποιήθηκε για την αντιμετώπιση των σκώρων φρούτων, των κανθάρων των αγγουριών, τα παράσιτα αποθηκευμένων προϊόντων και τις κατσαρίδες (Bartlett 1951). Γενικώς, οι σκόνες είναι απωθητικές ουσίες. Η απωθητικότητα εξαρτάται από τη δοσολογία που εφαρμόζεται στην εκάστοτε περίπτωση. Αυξημένες δοσολογίες αυξάνουν την απωθητικότητα καθώς και την δράση της σκόνης κατά των παρασίτων (Flanders 1941, Bartlett 1951).

Η πιο εκτενής έρευνα επάνω στη γη διατόμων έχει γίνει στο πεδίο της προστασίας των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων. Η επίδραση της γης διατόμων σε διάφορα είδη εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές. Τα πρώτα εμπορικά εντομοκτόνα σκευάσματα εμφανίστηκαν μετά το 1960.

Τα στοιχεία που αναφέρονται είναι ένα μικρό μέρος των ιστορικών στοιχείων που αφορούν στις αδρανείς σκόνες και στις εντομοκτόνες επιδράσεις τους στα αποθηκευμένα προϊόντα. Τα περισσότερα από τα πρώτα σκευάσματα γης τόμων δεν ήσαν ευρέως αποδεκτά από τις βιομηχανίες σιτηρών στις ανεπτυγμένες χώρες λόγω των μεγάλων δοσολογιών που απαιτούνταν για την ικανοποιητική θνησιμότητα, της ποικιλίας στην τοξικότητα κατά των ειδών-στόχων, των ζημιών στον εξοπλισμό χειρισμού των σιτηρών και των προβλημάτων υγείας των εργαζομένων που εκτίθονταν στην σκόνη. Νέες σκευάσματα αδρανών σκονών έχουν αναπτυχθεί σήμερα τα οποία είναι περισσότερο δραστικά από τα παλαιότερα προϊόντα. Μελέτες σε διάφορες χώρες έδειξαν πως τα πηκτώματα πυριτίου μπορούν να ελέγξουν τους πληθυσμούς ποικιλίας εντόμων (Le Patourel 1986, Desmarchelier and Dines 1987, Aldryhim 1991, 1993).

Στην παρούσα εργασία αναφέρονται στοιχεία σχετικά με τα έντομα των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και την καταπολέμησή τους. Κατά κύριο λόγο όμως παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης γης

διατόμων για την καταπολέμηση των εντόμων αυτών. Στο περιεχόμενο της παρούσης εργασίας παρουσιάζονται στοιχεία ικανά να βοηθήσουν στην κατανόηση της σημασίας της χρήσεως αδρανών σκονών στα προγράμματα προστασίας και αντιμετώπισεως των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Τα σκευάσματα γης διατόμων αποτελούν μια από τις εναλλακτικές λύσεις που μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση χρήσεως χημικών σκευασμάτων με σχετικώς προσιτό κόστος για τους παραγωγούς και φυσικώς μειώνοντας τους κινδύνους για τους καταναλωτές των προϊόντων.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

(Θεωρητικό)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΤΑ ΕΝΤΟΜΑ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

1.1 ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Έντομο αποθηκών θεωρείται κάθε είδος εντόμου που προσβάλλει και ζημιώνει αμέσως ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε χώρους όπου φιλοξενούνται για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα.

Στους χώρους όμως αποθηκείωσης δεν τρέφονται όλα τα έντομα με τα προϊόντα που υπάρχουν εκεί. Κάποια τρέφονται με μύκητες, κάποια με άλλα έντομα ή αρθρόποδα και κάποια με διάφορα υλικά και υπολείμματα. Τέτοια έντομα μπορούν να θεωρηθούν ως χρήσιμοι δείκτες για προϊόντα που είναι προσβεβλημένα ή βρίσκονται σε κακή κατάσταση αλλά η παρουσία τους και μόνο είναι ικανή να υποβαθμίσει την ποιότητα των αποθηκευμένων προϊόντων. Είναι άλλωστε γνωστό ότι οποιοδήποτε έντομο μπορεί να γίνει επικίνδυνο αρκεί να το ευνοήσουν ορισμένες συνθήκες. Στις Η.Π.Α. το σιτάρι θεωρείται προσβεβλημένο όταν πληθυσμός δυο ή περισσότερων εντόμων εχθρών, βρεθεί σε 1 χιλιόγραμμα βάρους, αντιπροσωπευτικού δείγματος αποθηκευμένου προϊόντος (Anonymus 1994).

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

Τα έντομα μπορούν να διανύσουν αρκετά μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις έχοντας ή όχι την ικανότητα πτήσης. Με την βοήθεια όμως του διεθνούς εμπορίου και της εκμηδένισης των αποστάσεων τα περισσότερα έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα και τρόφιμα έχουν ευρεία γεωγραφική εξάπλωση. Λαμβάνοντας υπ' όψιν και την μεγάλη προσαρμοστικότητα τους συμπεραίνεται, ότι είδη που δεν υπάρχουν ή δεν έχουν παρατηρηθεί σε μια χώρα ή χώρο, είναι πολύ εύκολο να εμφανισθούν και να εγκλιματισθούν σε μικρό χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, το *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae), αν και τροπικό είδος, είναι ικανό χρησιμοποιώντας μια σειρά από καταφύγια, να επιζήσει και να εμφανιστεί σε περιοχές πολύ διαφορετικές από την συνηθισμένη γεωγραφική θέση του.

Το μέγεθος αλλά και το σχήμα του σώματος των εντόμων αποθηκών είναι τέτοια ώστε να ευνοούν την είσοδο και την εγκατάστασή τους στους αποθηκευτικούς χώρους. Το μήκος του σώματος των τελείων ποικίλει από 1mm έως 12 mm περίπου ενώ η πλειονότητά τους δεν ξεπερνά τα 5 mm. Έτσι, μια στενή ρωγμή ή σχισμή στην εσωτερική κατασκευή του αποθηκευτικού χώρου γίνεται πολλές φορές καταφύγιο πληθυσμών εντόμων, ικανών να ξεκινήσουν σοβαρές προσβολές στα φιλοξενούμενα προϊόντα. Το μικρό μέγεθός τους, τους παρέχει την δυνατότητα να αποφεύγουν εύκολως τους φυσικούς εχθρούς τους και πολλές φορές την επίδραση των εντομοκτόνων. Για παράδειγμα τα *Oryzaephilus* spp. (Coleoptera: Silvanidae) εξαιτίας της διαπλάσεώς τους έχουν σήμερα εξαπλωθεί πολύ προσβάλλοντας μεγάλο αριθμό προϊόντων.

1.1.2 Κυριότερα Έντομα Εχθροί Αποθηκευμένων Προϊόντων

ΤΑΞΗ LEPIDOPTERA

- Οικογένεια Pyralidae

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

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

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

Προσβάλλει κυρίως μισοξηραμένα και ξερά σύκα, άλλα και πολλά άλλα ξηρά φρούτα και καρπούς (σταφίδες, δαμάσκηνα, βερίκοκα, χουρμάδες, φιστίκια,

αμύγδαλα) ενώ προσβάλλει λιγότερο το αλεύρι, τα πίτυρα, τα μπισκότα, τη σοκολάτα και τις ζωοτροφές.

Ephestia elutella (Hunder.) κν. «σκουλήκι του καπνού ή του κακάο»

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

Plodia interpunctella (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. «Τίνα των σπόρων»

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

- Οικογένεια Gelechidae

Sitotroga cerealella (Olivier.) κν. «Σιτοτρώγα»

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

ΤΑΞΗ COLEOPTERA

- Οικογένεια Curculionidae

Sitophilus granaries (L.) κν. «σκαθάρι του σιταριού»

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

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

Προσβάλλει ρύζι και σπόρους δημητριακών. Μπορεί επίσης να προσβάλλει, αλλά σε μικρότερο βαθμό, αλευρώδη προϊόντα, βαμβακόσπορο, όσπρια, ξηρούς καρπούς, ζωοτροφές, κ.α. Βρέθηκε να είναι το πολυπληθέστερο είδος σε αποθήκες σιταριού στην Ελλάδα (Αθανασίου και Μπουχέλος 1993)

Sitophilus zeamais (Mots)

Προσβάλλει σπόρους δημητριακών. Έχει καταγραφεί στις περισσότερες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδος και την Κρήτη. (Αθανασίου και Μπουχέλος 1993)

- Οικογένεια Tenebrionidae

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

Είναι σοβαρός εχθρός όλων των ειδών σπόρων (σιτηρά, όσπρια), αλεύρων, πιτύρων, ελαιωδών σπόρων και πλακούντων (ζωοτροφών), 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 (Αθανασίου και Μπουχέλος 1993).

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

Rhizopertha 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 οπώρες, ελαιώδεις σπόρους και πλακούντες, χαρούπια, όσπρια, αυτοφυή φυτά στην ύπαιθρο κ.α.

- Οικογένεια Nitidulidae

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

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

- Οικογένεια Bruchidae

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

Προσβάλλει κυρίως φασόλια όλων των ποικιλιών αλλά και σόγια.

Ανάλογες προσβολές σε όσπρια προκαλούν τα συγγενή είδη:

Bruchus pisorum (L.) κοινώς Βρούχος των μπιζελιών

Bruchus rufimanus (L.) κοινώς Βρούχος των κουκιών

Bruchus lentis (L.) κοινώς Βρούχος της φακής

- Οικογένεια Dermestidae

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

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

Trogoderma granarium (Everts.) κν. «Τρωγόδερμα των σπόρων»

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

1.1.3. Καταλυτικοί παράγοντες του μεγέθους προσβολής των αποθηκευμένων προϊόντων

Το μέγεθος της προσβολής ενός αποθηκευμένου προϊόντος εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τους εξής παρακάτω παράγοντες :

I. Κατάσταση του προϊόντος πριν από την αποθήκευση του

Σε περίπτωση που κάποιο προϊόν είναι προσβεβλημένο από τη στιγμή που είναι ακόμη στον αγρό, τότε λογικό επακόλουθο είναι να αυξηθεί το μέγεθος της προσβολής μέσα στον αποθηκευτικό χώρο καθώς και να μολυνθούν προϊόντα απρόσβλητα που αποθηκεύονταν στον ίδιο χώρο.

II. Βαθμός καταλληλότητας και προστασία των αποθηκευτικών χώρων

Ο σχεδιασμός κάθε αποθηκευτικού χώρου πρέπει να αποβλέπει στην αποτροπή της προσπελάσεως στο εσωτερικό του, οποιουδήποτε εντόμου ή άλλου

εχθρού. Τα δάπεδα θα πρέπει να επιτρέπουν τον εύκολο καθαρισμό τους και να μην αποτελούν καταφύγιο για τα έντομα, οι πόρτες θα πρέπει να κλείνουν πολύ καλά, τα παράθυρα θα πρέπει να καλύπτονται με ψιλή σίτα, επιπροσθέτως δε πρέπει να υπάρχουν ρωγμές ή ανοίγματα στους τοίχους και τις οροφές.

III. Περιβαλλοντικές συνθήκες του εσωτερικού των αποθηκευτικών χώρων.

Οι κυριότερες είναι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του αποθηκευτικού χώρου και η υγρασία τόσο του αποθηκευτικού χώρου όσο και του ίδιου του προϊόντος. Οι παράγοντες αυτοί παίζουν καθοριστικό ρόλο στα παρακάτω: στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του εντόμου, στη διάπαυση του εντόμου, στη γονιμότητα του εντόμου και στην εν γένει δραστηριότητα του.

IV. Ικανότητα πτήσεως των εντόμων

Οι πιθανότητες να μολυνθεί ένα προϊόν είναι αυξημένες όταν κάποιο έντομο είναι πτερωτό και μπορεί να μετακομίσει σε διάφορες αποστάσεις αποτελώντας έτσι κίνδυνο προσβολής ή και επαναμολύνσεως ήδη απεντομοθέντων προϊόντων.

V. Συμπεριφορά των εντόμων

Η συμπεριφορά ενός εντόμου μπορεί να είναι πολλές φορές καθοριστική του μεγέθους της προσβολής ενός αποθηκευμένου προϊόντος. Ορισμένα έντομα προσβάλλουν αποκλειστικώς σπασμένους ή ήδη προσβεβλημένους από άλλα έντομα σπόρους και έτσι αποβαίνουν επιζήμια μόνο όταν πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις. Αρκετά έντομα επίσης κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου τους, προσβάλλουν περισσότερους από έναν καρπούς ενώ άλλα συμπληρώνουν την ανάπτυξη τους μόνο σε έναν καρπό. Στη πρώτη περίπτωση οι ζημιές που αναμένονται είναι μεγαλύτερες αν και θα πρέπει να συνυπολογίζεται η γονιμότητα του εντόμου, ο αριθμός των γενεών που μπορεί να έχει, την ύπαρξη ή μη διαπαύσεως κ.λπ. (Σταμόπουλος 1999).

1.2 ΜΕΛΕΤΗΘΕΝΤΑ ΕΙΔΗ ENTOMΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται η συστηματική κατάταξη, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, στοιχεία βιολογίας και μέθοδοι αντιμετώπισης των μελετηθέντων εντόμων.

1.2.1 *Rhyzopertha dominica* (F.)

Τάξη: Coleoptera

Υπόταξη: Polyphaga

Οικογένεια: Bostrychidae

Κοινή ονομασία: Σκαθάρι του σιταριού

Αγγλική ονομασία: Lesser grain borer

I. Μορφολογία

Το ακμαίο άτομο έχει μήκος σώματος 2,5 - 3 mm, είναι επίμηκες, κυλινδρικού σχήματος και το χρώμα του είναι καστανό έως ερυθροκαστανό. Έχει χαρακτηριστικές ροπαλοειδής κεραίες και ο θώρακας στη ραχιαία επιφάνεια του έχει πυκνά χιτινώδη εξογκώματα που ονομάζονται βόστρυχοι (Bostrychidae). Τέλος στα έλυτρα διακρίνονται κατά μήκος αυλακώσεις.

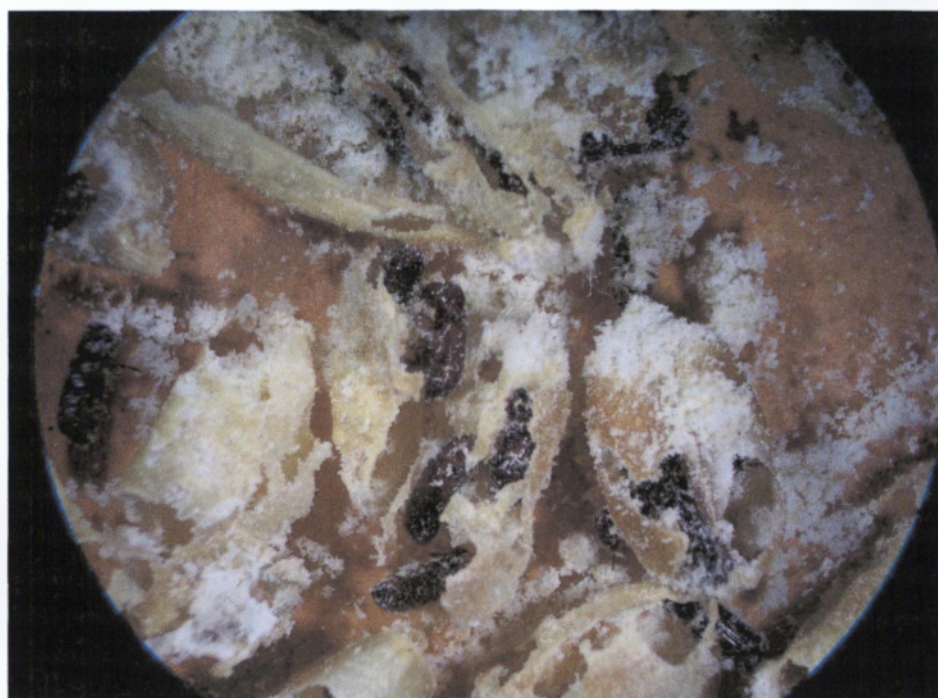
Η προνύμφη έχει σώμα κυρτό, παχύ και διογκωμένο στο πρόσθιο τμήμα. Το χρώμα της είναι υπόλευκο ενώ η κεφαλή και οι πόδες έχουν χρώμα καστανό. Το μήκος της κυμαίνεται μεταξύ 4-6 mm.

II. Βιολογία

Διαχειμάζει στις αποθήκες σε όλα τα στάδια. Πολλαπλασιάζεται σχετικώς αργά. Η εμφάνιση μεγάλων πληθυσμών του εντόμου ευνοείται όταν οι σπόροι από τους οποίους τρέφεται μένουν για πολύ καιρό αμετακίνητοι. Πολλές προνύμφες του μπαίνουν σε κάθε σπόρο και καταστρέφουν το εσωτερικό του, μέσα στο οποίο νυμφώνονται. Το σκαθάρι του ρυζιού αναπτύσσεται όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 18 - 30 °C. Οι optimum συνθήκες για την ανάπτυξή του είναι οι 30 °C. Όταν η θερμοκρασία είναι 25 έως 28 °C τότε μπορεί να παρατηρηθούν μέχρι και 4 ή 6 επάλληλες γενιές το έτος.

III. Ζημιές - Προσβολές

Όπως υποδηλώνει και η κοινή ονομασία του, το σκαθάρι του ρυζιού προσβάλλει κατά κύριο λόγο τους σπόρους του ρυζιού, παρ' όλα αυτά προσβάλλει και άλλους σπόρους όπως το σιτάρι, τον αραβόσιτο, το κριθάρι καθώς και άλευρα και προϊόντα αλεύρων όπως μπισκότα κ.α. Το *R. dominica* είναι το πολυπληθέστερο έντομο που παρατηρείται σε αποθήκες με ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα.



Εικόνα 1. Σιτάρι σοβαρώς προσβεβλημένο από ακμαία άτομα *R. dominica*.

IV. Χημική καταπολέμηση

Η χημική αντιμετώπιση του *R. dominica* στηρίζεται κυρίως στη χρήση πυρεθροειδών σκευασμάτων. Αυτό συμβαίνει γιατί το σκαθάρι του ρυζιού είναι αρκετά ευαίσθητο στα σκευάσματα που περιέχουν πύρεθρο παρά σε αυτά που είναι οργανοφωσφορικά. Το γεγονός αυτό έχει διαπιστωθεί και από τους Samson and Parker (1989) καθώς και από τον Arthur (1994). Επιπροσθέτως οι White and Launch (1996) χαρακτηριστικά αναφέρουν πως οι πυρεθρίνες είναι πιο τοξικές για το σκαθάρι του ρυζιού, σε αντίθεση με τα οργανοφωσφορικά, παράλληλως όμως είναι και πιο ακριβές, γεγονός που αποτελεί μειονέκτημα.

Η ουσία cyfluthrin έχει δοκιμασθεί για την αντιμετώπιση του εν λόγω εντόμου, όμως έχει παρατηρηθεί πως χρειάζονται υψηλότερες δόσεις αυτής καθώς και μεγαλύτερα διαστήματα εκθέσεως σε αυτήν έτσι ώστε να επιτευχθούν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η παρουσία προϊόντος που δεν είναι κατεργασμένο με cyfluthrin μπορεί να δώσει την ευκαιρία στα έντομα να επανέλθουν μετά από την έκθεσή τους σε προϊόν που έχει υποστεί κατεργασία. (Arthur 1999). Τα bioremethrin και resmethrin μπορούν επίσης να δώσουν πολύ καλά αποτελέσματα (Arthur 1992).

Ένα από τα οργανοφωσφορικά φάρμακα που έχουν δώσει καλά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση του *R. dominica* είναι το chlorpyrifos-methyl. Μόνο του ή σε συνδυασμό με κάποιο πυρεθροειδές μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο του εντόμου στο σιτάρι για αρκετό διάστημα όπως αναφέρει και ο Arthur (1992, 1999).

V. Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Έρευνες που έχουν γίνει δείχνουν πως τα ακμαία άτομα *R. dominica* είναι από τα λιγότερο ευαίσθητα είδη σκαθαριών των αποθηκών όταν για τη καταπολέμηση τους χρησιμοποιείται κάποιο σκεύασμα γης διατόμων (Subramanyam et Roesli 2000, Fields et Korunic 2000). Γενικώς το σκαθάρι του ρυζιού δεν είναι πολύ κινητικό, σε σύγκριση με άλλα είδη της ίδιας τάξεως, και έτσι η επαφή με τα μόρια της γης διατόμων είναι μειωμένη. Παρ' όλα αυτά, οι Athanassiou and Kavallieratos (2005) και οι Kavallieratos et al. (2005) αναφέρουν την ιδιαίτερη ευαισθησία του *R. dominica* στα σκευάσματα γης διατόμων PyriSec, Insecto και Pirezct-it.

1.2.2 *Sitophilus oryzae* (L.)

Τάξη: Coleoptera

Υπόταξη: Polyphaga

Οικογένεια: Curculionidae

Κοινή ονομασία: Σκαθάρι του ρυζιού

Αγγλική ονομασία: Rice weevil

I. Γεωγραφική κατανομή

Συναντάται στις περισσότερες περιοχές της γης. Στις τροπικές, στις υποτροπικές, καθώς και στις εύκρατες περιοχές, αναπτύσσεται σε μεγάλους πληθυσμούς και προκαλεί αξιόλογες ζημιές. Συναντάται ιδιαίτερος στην Ινδία, Αυστραλία, Η.Π.Α. στα παράλια της Β. Αφρικής αλλά και σε ορισμένες περιοχές της Κίνας (Σταμόπουλος 1999). Είναι ανθεκτικό στα θερμά κλίματα.

II. Μορφολογία του εντόμου.

Το ακμαίο είναι ρυγχοφόρο, το μήκος του κυμαίνεται μεταξύ 2,5 - 4mm και το χρώμα του είναι καστανό έως βαθύ καστανό. Έχει καλώς ανεπτυγμένες τις οπίσθιες πτέρυγες και μπορεί να ίπταται. Επίσης έχει δύο χαρακτηριστικές κοκκινωπές ή κιτρινωπές κηλίδες σε κάθε έλυτρο. Στο επιθωράκιο του έχει στρογγυλά κοιλώματα. Οι κατά μήκος των ελύτρων ραβδώσεις αποτελούνται από σχετικώς μεγάλα στίγματα - βοθρία ενώ οι μεταξύ τους ζώνες έχουν μεγάλα στίγματα. Η προνύμφη έχει μήκος 3 - 4 mm, είναι άπους και κοντόχονδρη. Το χρώμα της είναι κιτρινωπό (αχυρόλευκο). Υφίσταται τρεις εκδύσεις.

Τόσο το ακμαίο όσο και η προνύμφη προσβάλλουν το ρύζι και τους σπόρους σιτηρών (σιτάρι, σίκαλη, κριθάρι, αραβόσιτο και σπανιότερα τη βρώμη), στους αποθηκευτικούς χώρους, όπως επίσης και συμπαγή αμυλούχα προϊόντα (ξηρός άρτος, φρυγανιές, ζυμαρικά). Μπορεί να τραφεί και με αλεύρι, πίτυρα ή πλιγούρι, αλλά δεν μπορεί να αναπαραχθεί σε αυτά. Προσβάλλει επίσης σε μικρότερο βαθμό όσπρια, καπνό, λαχανικά και ορισμένα άλλα τρόφιμα και ζωοτροφές.



Εικόνα 2. Ακμαίο άτομο *Sitophilus oryzae*

III. Βιολογία

Ο αριθμός των γενεών, η συνολική ανάπτυξη, και η δραστηριότητα του εντόμου καθορίζονται κατά κύριο λόγο από την υγρασία και τη θερμοκρασία, που αποτελούν τους βασικότερους παράγοντες ανάπτυξεως του. Συγκεκριμένως, οι ευνοϊκότερες συνθήκες είναι 27 - 30 °C για την θερμοκρασία και 75 - 90 % για την σχετική υγρασία. Τα όρια μέσα στα οποία αναπτύσσεται με επιτυχία, είναι θερμοκρασία 17 – 34 °C και σχετική υγρασία 40 - 100 %. Ο αριθμός των γενεών στην Νάπολη της Ιταλίας είναι τέσσερις ενώ στο Κάιρο της Αιγύπτου δέκα, γεγονός που δείχνει τις διαφορές που μπορεί να προκαλέσει η διαφοροποίηση θερμοκρασίας και υγρασίας.

Τα θήλα συζεύγνυνται αμέσως μετά την έξοδο από τους σπόρους και δύο εβδομάδες μετά αρχίζουν να γεννούν 150 - 200 ωά ημερησίως με ρυθμό που εξαρτάται από :

(α) Τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και

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

Τα ωά είναι λευκά, απιοειδή και λαμπερά, διαστάσεων 0,5 – 0,8 X 0,2 – 0,4 mm.

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/σπόρο. Η διάρκεια της ωοτοκίας κρατά πολλούς μήνες και στην περίοδο του χειμώνα είναι μειωμένη. Για την ωοτοκία και την εκκόλαψη οι άριστες συνθήκες



Εικόνα 3. Ακμαίο *S. oryzae* κατά την στιγμή εξόδου από σπόρο σίτου.

είναι θερμοκρασία 30 °C και σχετική υγρασία 99 %. Η ωοτοκία είναι ασθενέστατη και δεν υπάρχει προνυμφική εκκόλαψη σε θερμοκρασίες 13 °C ή 35 °C και σχετική υγρασία κατώτερη του 30 %. Το έντομο δεν αντέχει στις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες ορισμένων εύκρατων χωρών. Γι' αυτό όπως αναφέρεται είναι σοβαρός εχθρός των αποθηκευμένων σπόρων στις τροπικές και υποτροπικές χώρες και σε ζεστά μέρη των εύκρατων χωρών.

Οι προνύμφες εκκολάπτονται εντός 3 - 10 ημερών, αναλόγως της θερμοκρασίας και διατρέφονται από το άμυλο των σπόρων χωρίς να προσβάλλουν την κυτταρίνη. Έχει 3 προνυμφικά στάδια και κάθε στάδιο διαρκεί, αναλόγως της θερμοκρασίας, 18 ή περισσότερες ημέρες. Όταν η προνύμφη συμπληρώσει την ανάπτυξή της, νομφώνεται εντός του σπόρου. Στο στάδιο της νύμφης παραμένει από 3 έως 9 ημέρες με μέσο όρο 6 ημέρες

Στην Ελλάδα ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 40 περίπου ημέρες με 3 - 4 γενεές το χρόνο όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 22°C και 25 °C (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.



Εικόνα 4. Προσβολή αποθηκευμένου σιταριού από *S. oryzae*

Είναι πιθανό να παρατηρηθεί δραστηριότητα του εντόμου και στον αγρό. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, τα ακμαία άτομα του εντόμου πετούν και στα τέλη της ανοίξεως έχει παρατηρηθεί πως μεταναστεύουν από τις αποθήκες προς τους αγρούς όπου γεννούν ωά στα στάχυα. Αφού γίνει η προσβολή στον αγρό, μετά τη συγκομιδή και αφού μεταφερθεί το προϊόν στους αποθηκευτικούς χώρους η προσβολή συνεχίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό μέσα σε αυτούς. Για το λόγο αυτό η αντιμετώπιση του εντόμου θα πρέπει να ξεκινά αμέσως μετά τη συγκομιδή, κατά τη μεταφορά των προϊόντων στους αποθηκευτικούς χώρους. Επιπροσθέτως θα πρέπει να πληρούνται όλα τα μέτρα για τη πρόληψη της προσβολής στους αποθηκευτικούς χώρους.

IV. Ζημιές – Προσβολές

Οι στοές οι οποίες ανοίγονται με την δράση τόσο των ακμαίων όσο και των προνυμφών, καθώς επίσης και η μείωση του αμύλου του ενδοσπερμίου, το οποίο χρησιμοποιείται ως τροφή, προκαλούν τόσο την ποσοτική όσο και την ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Οι οπές διευκολύνουν τις δευτερογενείς προσβολές άλλων εντόμων π.χ. *Tribolium* sp. Εκτός από τις ανωτέρω δευτερογενείς προσβολές, είναι δυνατή η ανάπτυξη μυκήτων που και αυτοί όχι μόνο υποβαθμίζουν το προϊόν, αλλά το καθιστούν και τοξικολογικά επικίνδυνο (μυκοτοξίνες).

Στη περίπτωση των ενσακκισμένων σπόρων που μένουν αρκετή ώρα στον ήλιο, τα ακμαία, σε αντίθεση απ' ότι συνηθίζουν, εξέρχονται στην επιφάνεια. Η

συγκέντρωση τους σε μεγάλους αριθμούς, σε ορισμένα σημεία του εσωτερικού του σπόρου του προϊόντος, κυρίως όταν αυτό βρίσκεται αποθηκευμένο σε μεγάλες ποσότητες, όπου η υγρασία είναι υψηλότερη και σε συνδυασμό με την έντονη μεταβολική δραστηριότητα που παρατηρείται εκεί, προκαλεί μία τοπική ανύψωση της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα τη δημιουργία των θερμών κηλίδων (hot spots). Οι κηλίδες αυτές ευνοούν την ανάπτυξη μυκήτων στους είδη προσβεβλημένους σπόρους, με τελικό αποτέλεσμα να σχηματίζονται συμπαγή συσσωματώματα του προϊόντος, που το υποβαθμίζουν τόσο ποσοτικώς όσο και ποιοτικώς.

V. Αντιμετώπιση του εντόμου

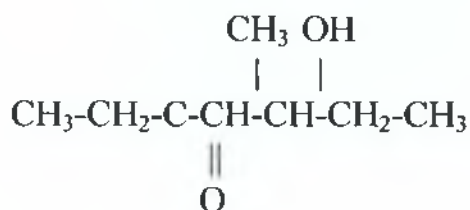
Για την μείωση της ζημιάς που προκαλεί το *S. oryzae* και για τον έλεγχο του πληθυσμού, χρησιμοποιούνται κυρίως χημικά μέσα καταπολεμήσεως. Όμως η ανάγκη για πιο ασφαλή και οικολογική εφαρμογή έχει οδηγήσει στη χρησιμοποίηση και άλλων μεθόδων όπως φυσικές μέθοδοι, βιοτεχνολογικές και βιολογικές, καθώς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

A. Βιοτεχνολογικές μέθοδοι αντιμετώπισεως

Επειδή ο βιολογικός κύκλος του *S. oryzae* ολοκληρώνεται εντός του σπόρου του αποθηκευμένου προϊόντος, είναι δύσκολη η καταπολέμηση σε άλλα στάδια αναπτύξεως, εκτός από το στάδιο του ακμαίου. Το *S. oryzae* έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα στην φωσφίνη. Τα παραπάνω συνηγορούν στην εφαρμογή παγίδων διαφόρων τύπων για την μείωση του πληθυσμού του *S. oryzae* στις αποθήκες. Συγκεκριμένως, για το γένος *Sitophilus* sp. εφαρμόζονται παγίδες τύπου σόντας (Σταμόπουλος 1999). Χρησιμοποιούνται επίσης παγίδες τροφικές και φερομονικές. Στις τροφικές παγίδες χρησιμοποιούνται ως προσελκυστικές ουσίες κυρίως ακόρεστα και κεκορεσμένα λιπαρά οξέα, όπως τριγλυκερίδια του παλμιτικού, του ολεϊκού και του λινολεϊκού οξέος. Οι προσελκυστικές αυτές ουσίες συγκεντρώνουν άτομα του γένους *Sitophilus* sp. (Σταμόπουλος 1999).

Το *S. oryzae* κατατάσσεται στα μακρόβια είδη (Μπουχέλος 1996). Αυτό σημαίνει 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.



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

Επί του *S. oryzae* έχουν εφαρμοστεί σκευάσματα που στηρίζουν την δράση τους σε ρυθμιστές αναπτύξεως. Συμφώνως προς τους Oberlander et al. (1997), εφαρμογή του παρεμποδιστού συνθέσεως της χιτίνης diflubenzuron σε αναλογία 0.2 mg/ Kgr σίτου 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* sp., θα πρέπει να γίνεται έλεγχος του πληθυσμού των εντόμων με επιπρόσθετη ποσότητα diflubenzuron ώστε να επιτυγχάνεται η προστασία από τα έντομα.

Σε πειράματα (Shaaya et al. 1997) που έγιναν με επεμβάσεις ελαίων φυτικής προελεύσεως από φυτά των γενών *Eucalyptus* sp., *Gossypium* sp. και άλλων επί του γένους *Sitophilus* sp., έγινε φανερό ότι τα έλαια αυτά μπορούν να παρέχουν προστασία. Η εφαρμογή των ελαίων αυτών στηρίζεται σε μεθόδους υποκαπνισμού. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η αναλογία που απαιτείται για πλήρη έλεγχο, δηλαδή 10 - 15 gr/Kgr σπόρου, μειώνει σε μεγάλο βαθμό την βλαστικότητα του σπόρου, κάτι που καθιστά την μέθοδο δύσχρηστη έως και ακατάλληλη. Πρέπει παρ' όλα αυτά να αναφερθεί ότι για το *S. oryzae* τα πιο αποτελεσματικά έλαια είναι αυτά που προέρχονται από σκελίδες σκόρδου και από κέδρο.

Β. Βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισεως

Για την βιολογική αντιμετώπιση του *S. oryzae*, έχουν μελετηθεί τρία έντομα που ανήκουν στην τάξη Hymenoptera. Τα έντομα αυτά δρουν παρασιτικά. Το σημαντικότερο παρασιτοειδές του *S. oryzae* καθώς και του συγγενούς είδους *S. granarius* είναι το *Anisopteromalus calandrae* Howard (Hymenoptera: Pteromalidae). Η δράση του εντοπίζεται επί της προνύμφης του *S. oryzae*. Το θήλυ παρασιτοειδές έχει την ικανότητα να ανιχνεύει το κάλυμμα της οπής που δημιουργεί το ακμαίο *S. oryzae*, στον σπόρο, κατά την ωοτοκία. Στην συνέχεια τρυπά με τον ωοθέτη του την είσοδο της οπής και σπρώχνει την προνύμφη περιορίζοντας την κίνηση της. Η πίεση αυτή που ασκείται από τον ωοθέτη του θηλυκού παρασιτοειδούς επί της προνύμφης του *S. oryzae* έχει ως αποτέλεσμα την παράλυση της τελευταίας. Παράλληλως, 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 τη. Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου του παρασιτοειδούς είναι 15 ημέρες. Έχει παρατηρηθεί ότι ένα θήλυ παρασιτοειδές εναποθέτει περισσότερα από 283 ωά, αλλά παρ' όλα αυτά τα παρασιτοειδή δεν είναι αρκετά ώστε να ελέγξουν τον πληθυσμό του *S. oryzae*, με μία μόνο εφαρμογή. Γι' αυτό η εξαπόλυση του είδους αυτού πρέπει να επαναλαμβάνεται.

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



Εικόνα 5. Ακμαίο άτομο *Anisopteromalus calandrae*

Γ. Χημικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Τα τελευταία 15 χρόνια τα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως οργανοφωσφορικά (malathion) αλλά και πυρεθροειδή. Το πρόβλημα των οργανοφωσφορικών σκευασμάτων είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότητας ορισμένων εντόμων γεγονός που τα καθιστά αναξιόπιστα, ενώ τα πυρεθροειδή είναι περισσότερο αποτελεσματικά. Μετά από τη διενέργεια πειραμάτων έχει βρεθεί πως υπάρχουν και πιο αποτελεσματικά φάρμακα όπως το οργανοφωσφορικό pyrimiphos methyl (Τομάζου 1989) και το πυρεθροειδές permethrin (Papadopoulou and Tomazou 1991) τα οποία εκτός του ότι προκαλούν τη θανάτωση ικανοποιητικού αριθμού ακμαίων, παραλλήλως εμποδίζουν και την εμφάνιση της F1 γενεάς.

Στη πράξη χρησιμοποιούνται οι διάφορες μέθοδοι σε συνδυασμό μεταξύ τους. Αρχικώς γίνεται χρήση καπνογόνων (κατά κανόνα φωσφίνη) έτσι ώστε να απαλλαγεί το προϊόν από όλες τις μορφές εντόμων. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα με μεγάλη υπολειμματικότητα αποβλέποντας στη μακράς διάρκειας προστασία του προϊόντος.

Δ. Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Η προσβολή από το *S. oryzae* μπορεί να γίνει αντιληπτή πριν την έξοδο των ακμαίων από το σπόρο, εάν μικρή ποσότητα σπόρου ριχθεί μέσα σε δοχείο με ύδωρ. Οι προσβεβλημένοι σπόροι, λόγω του κενού ανέρχονται στην επιφάνεια και οι υγιείς βυθίζονται.

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

Πίνακας I

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

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

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

Η γη διατόμων έχει επίδραση μόνο στα ακμαία του *S. oryzae* αφού τα ατελή στάδια του εντόμου βρίσκονται μέσα στον σπόρο. Τόσο η υγρασία (σπόρου, αποθηκευτικού χώρου) όσο και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, επιδρούν στην αποτελεσματικότητα της γης διατόμων κατά των ακμαίων του *S. oryzae*. Η αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας (σπόρου, αποθηκευτικού χώρου) φαίνεται να αυξάνει την αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων (Mewis and Urlichs 2001).

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

1.2.3 *Tribolium confusum* Jacquelin du Val

Τάξη: Coleoptera

Υπόταξη: Polyphaga

Οικογένεια : Tenebrionidae

Κοινή ονομασία: Σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων

Αγγλική ονομασία: Confused flour beetle

Το έντομο αυτό είναι γνωστό από τους αρχαίους χρόνους για τις ζημιές που προκαλεί. Βρέθηκε σε τάφους των Φαραώ (Τουτανχαμών) στην Αίγυπτο το 2500 π.Χ. Προσβάλλει όλα τα είδη σπόρων, τα άλευρα, πίτυρα, σπέρματα ψυχανθών, ξηρές ρίζες, ξηρά φρούτα, ξηρούς καρπούς, εντομολογικές συλλογές, σοκολάτα, φάρμακα, καπνό και πολλά άλλα προϊόντα.

I. Μορφολογία

Ακμαίο: Έχει σώμα επίμηκες, πεπιεσμένο, λείο (χωρίς τρίχωμα), μήκους 3,5 - 4,5 mm, χρώματος στιλπνού ερυθροκαστανού, 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 και είναι ωχροκίτρινη με μήκος 4 - 5 mm. Έχει σμήριγγες στα πλάγια των σωματικών τμημάτων, κεφαλή σκοτεινού χρώματος και το τελευταίο κοιλιακό τμήμα με χιτινισμένη δικρανοειδή απόφυση (Μπουχέλος 1996).

II. Βιολογία – προσβολή

Το *T. confusum* σε ψυχρές και μη θερμαινόμενες αποθήκες αναστέλλει την δραστηριότητά του και διαχειμάζει στο στάδιο του ακμαίου στα διάφορα προϊόντα και ύλες της διατροφής του, καθώς και σε ρωγμές και σε άλλα καταφύγια. Όταν οι συνθήκες της αποθήκης γίνουν ευνοϊκές (αισθητή άνοδος της θερμοκρασίας) οι μικροί κάνθαροι αναλαμβάνουν δραστηριότητα, συζεύγνυνται και τα θήλεα αρχίζουν να ωοτοκούν. Αυτά είναι μακρόβια και ζουν 1 - 2 χρόνια. Κάθε θηλυκό 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 0,6 X 0,3 mm. Ο ρυθμός ωοτοκίας είναι αργός και ημερησίως γίνεται μικρή εναπόθεση ωών. Η εκκόλαψη των ωών είναι επίσης βραδεία και εξαρτάται από την θερμοκρασία (ευνοϊκές θερμοκρασίες 30 °C - 35 °C). Οι προνύμφες εκκολάπτονται ύστερα από 1 έως 2 εβδομάδες και αρχίζουν να τρέφονται κατά προτίμηση από άλευρα και σπασμένους ή προσβεβλημένους σπόρους από άλλα έντομα.



Εικόνα 6. Ακμαίο άτομο *T.confusum*

Γενικώς, ολόκληροι και υγιείς σπόροι σιτηρών και άλλων φυτών δεν προσβάλλονται από το *T. confusum*. Έτσι η παρουσία του εντόμου αυτού στις αποθήκες αποτελεί ένδειξη ότι προηγήθηκε προσβολή από άλλα έντομα και πιθανότερο από τα *S. oryzae* και *S. granarius*. Η προνύμφη φτάνει σε πλήρη ανάπτυξη εντός 3 - 5 εβδομάδων κάτω από ευνοϊκές συνθήκες. Έτσι, ο πλήρης βιολογικός κύκλος του εντόμου συμπληρώνεται εντός 7 - 8 εβδομάδων κατά τη διάρκεια των θερμών μηνών. Το *T. confusum* μπορεί να συμπληρώσει 3 έως 5 γενιές το χρόνο. Αυτό εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στις αποθήκες.

III. Χημική αντιμετώπιση

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

IV. Φυσικές μέθοδοι αντιμετώπισης

Με το πέρασμα του χρόνου έγινε αναγκαία η χρήση μεθόδων αντιμετώπισης αποτελεσματικών αλλά και συνάμα ασφαλών για την υγεία των καταναλωτών. Έτσι δε θα μπορούσε να μην καταλογισθεί και η χρήση της γης διατόμων σαν ένα ασφαλές όπλο για τη καταπολέμηση και του *T. confusum*. Η μορφολογία καθώς και η φυσιολογία του συγκεκριμένου εντόμου προσδίδουν σε αυτό την ικανότητα να αντέχει περισσότερο, από ότι τα υπόλοιπα σκαθάρια των αποθηκευμένων προϊόντων, όταν εκτίθεται σε προϊόν στο οποίο έχει προστεθεί γη διατόμων. Αυτό το γεγονός θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί χρησιμοποιώντας μεγαλύτερες ποσότητες γης διατόμων στο προϊόν (Mewis and Ch.Ulrichs 2001, Athanassiou et al. 2004). Ακόμη και αν η θνησιμότητα του πληθυσμού του δεν φθάνει το 100% άμεσα, είναι δυνατό να ελέγχεται ο πληθυσμός του εντόμου εφ' όσον δεν παρατηρείται μεγάλο ποσοστό απογόνων μετά από επέμβαση με σκόνη γης διατόμων (Athanassiou et al. 2004). Συμφώνως προς τον Athanassiou et al (2003) σε ορισμένες περιπτώσεις η παραγωγή απογόνων ήταν υψηλή σε προϊόντα που είχε προστεθεί γη διατόμων, ακόμη και όταν τα πατρικά άτομα είχαν κατασταλεί κατά 100%. Παρ' όλα αυτά, η αποτελεσματικότητα της σκόνης είναι ικανοποιητική κατά των προνυμφών του εντόμου, όπως αναφέρουν οι Mewis and Ch.Ulrichs (2001) οπότε ακόμη και αν είναι υψηλοί οι αριθμοί των απογόνων, δε θα είναι δυνατή περαιτέρω προσβολή.

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



Εικόνα 7. Εφαρμογή γης διατόμων σε *T. confusum*. Διακρίνεται η σκόνη στο σώμα του εντόμου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΩΣ

Είναι γεγονός ότι οι απώλειες που προκαλούνται κατά την αποθήκευση του συγκομισμένου και πολλές φορές ετοιμού για κατανάλωση προϊόντος είναι ανεπανόρθωτες. Έτσι, η προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων έχει πολύ μεγαλύτερη σημασία από όση νομίζεται. Εάν παρ' όλα τα προληπτικά μέτρα που έχουν ληφθεί στο αποθηκευμένο προϊόν ανιχνευθούν προσβολές τότε θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την άμεση καταπολέμηση των εχθρών.

Η πιο αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, ακόμη και σήμερα είναι η χημική. Παρά το γεγονός ότι με τις χημικές μεθόδους αντιμετώπισης επιτυγχάνεται πλήρης έλεγχος των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, οι συνέπειες της χρήσεως τέτοιων μεθόδων είναι πολύ αρνητικές για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Αν στους παραπάνω παράγοντες προστεθεί και το φαινόμενο της ανθεκτικότητας των εντόμων εχθρών στα χημικά σκευάσματα τότε είναι επιτακτική η ανάγκη ευρέσεως αλλά και χρησιμοποίησεως διαφορετικών μεθόδων, προκειμένου να ελεγχθούν οι πληθυσμοί των εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα. Οι μέθοδοι αυτές μπορεί να ενεργούν μεμονωμένως ή συνεργιστικώς τόσο μεταξύ τους όσο και με τις χημικές μεθόδους, και βέβαια θα πρέπει να είναι ιδιαίτερας αποτελεσματικές, με τις όσο δυνατόν λιγότερες συνέπειες για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. (Μπουχέλος 1996)

Οι εναλλακτικές αυτές μέθοδοι αντιμετώπισεως, πέραν των χημικών, διακρίνονται στις εξής :

- Μηχανικές
- Φυσικές
- Βιοτεχνολογικές
- Βιολογικές

2.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις χημικές μεθόδους αντιμετώπισης αποσκοπούμε στον ευθύ 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

Απεντομώσεις χώρων με τη χρήση χημικών εντομοκτόνων.

Τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται κυρίως στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι οργανοφωσφορικά, πυρεθρινοειδή και καρβαμιδικά. Από τα οργανοφωσφορικά χρησιμοποιούνται κυρίως τα Acephate, Chlorpyrifos, Dichlorvos, Fenthion, Malathion και Pyrimiphos methyl δυστυχώς όμως ορισμένα είδη κολεοπτέρων όπως το *R. dominica* απέκτησαν αντοχή σε κάποια οργανοφωσφορικά: από τα πυρεθρινοειδή, τα deltamethrin, cyfluthrin, beta-cyfluthrin και από τα καρβαμιδικά το carbaryl και το prochlor.

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 κατεύθυνση του ψεκαστικού υγρού σε δύσκολα μέρη, όπως για παράδειγμα στο εσωτερικό των μηχανημάτων. Οι ίδιες συσκευές χρησιμοποιούνται επίσης για μυοκτονίες ή ακόμη για την καταπολέμηση εντόμων θερμοκηπίου (αλευρώδεις, λυριόμυζες, θρίπες). 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: το είδος του εντόμου που πρόκειται να

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

Στις Η.Π.Α. οι ουσίες εκείνες που είναι επιτρεπτό να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις όπου παράγονται ή μεταποιούνται τρόφιμα, είναι πολύ λίγες. Η καταπολέμηση ανεπιθύμητων εντόμων σε τέτοιους χώρους, γίνεται κυρίως με τη χρήση πυρεθροειδών (π.χ. resmethrin) και ιδίως με πυρεθρίνες που είναι εγκλεισμένες σε μικροκάψουλες και απελευθερώνουν την εντομοκτόνο ουσία με αργό ρυθμό και για μακρό χρονικό διάστημα.

Καπνογόνα

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



Εικόνα 8. Φιάλες CH_3Br

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, για αυτό η εφαρμογή τους πρέπει να γίνεται προληπτικά, πριν την εισαγωγή του προϊόντος στην αποθήκη., μάλιστα έχει χαρακτηριστεί και ως καρκινογόνο, ενώ παραλλήλως συμβάλλει στην καταστροφή του όζοντος της στρατοσφαιρας. Για τους παραπάνω λόγους το CH_3Br μέχρι το έτος 2006 θα έχει αποσυρθεί εντελώς.

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

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.

Πτητικότητα-Τάση ατμών

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

Ειδικό βάρος

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

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



Εικόνα 9. Φωσφίνη 1.χαλίκια φωσφίνης 2.τοποθέτηση χαλιών φωσφίνης σε χύμα σπόρους με την βοήθεια σόντας 3.Τοποθέτηση χαλιών κάτω από ντάνες 4.Σακίδια ή φάκελοι 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 χύδην προϊόντα 14.μάσκα και φίλτρο για την προστασία των εφαρμογών 15.ανιχνευτές φωσφίνης τύπου λεπτού σωλήνος (από Detia GmbH)

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.

Διαλυτότητα

Η διαλυτότητα του καπνογόνου από το νερό και τις λιπαρές ουσίες, καθορίζει το ποσοστό του που συκρατείται από τα διάφορα προϊόντα.

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.

Άμεσες και έμμεσες 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 διάφορων συνθέσεων, για όλες τις γεωργικές χρήσεις. Η διαδικασία της νομικής καταχώρισεως γεωργικού εντομοκτόνου μπορεί να διαρκέσει 8-10 χρόνια και να κοστίσει 40-80 χιλιάδες δολάρια (Arthur 1996) 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 καταχώρισεως είναι απαγορευτικό για πολλά γεωργικά συστήματα, γιατί κάθε προϊόν το οποίο καταχωρείται ή πρέπει να ξανάκαταχωρηθεί είναι αναγκαίο να επιφέρει εντυπωσιακού όγκου ετήσιες πωλήσεις για να καλύψει το συγκεκριμένο κόστος. (Arthur 1996).

Παρ' όλο το ότι υπάρχουν φανερά οφέλη προερχόμενα από τα γεωργικά εντομοκτόνα συμπεριλαμβανομένων και αυτών που χρησιμοποιούνται προληπτικώς, υπάρχουν και 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 1996).

Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας των εντόμων αποθηκών που αναπτύσσονται στα ακατέργαστα γεωργικά προϊόντα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι χρειάζονται επιπρόσθετα μέτρα για τον έλεγχο τους ή 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 1996)

2.3 ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

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

2.3.1 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 απ' ευθείας έλεγχο των εντόμων. Σε γενικές γραμμές οι παγίδες ανιχνεύουν τους πληθυσμούς των εντόμων σε χρονικό διάστημα πολύ πιο σύντομο από το αντίστοιχο που χρειάζεται μια απλή δειγματοληψία, ευνοώντας με τον τρόπο αυτό μια πρωϊμότερη κατάστροφηση του σχεδίου αντιμετώπισεως των εντομολογικών προσβολών.

Οι παγίδες μπορούν να διαφέρουν αναλόγως το μέσο παγιδεύσεως ή θανατώσεως. Το μέσο αυτό μπορεί να είναι κάποια κολλητική ουσία π.χ. κολλητικές παγίδες, ένα εντομοκτόνο, κάποιος αποθηκευτικός χώρος από τον οποίο δεν μπορούν να ξεφύγουν τα έντομα π.χ. 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 το σχήμα τους (π.χ. μορφή δέλτα, κυματοειδούς χάρτου).

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

μπορούν να είναι είτε κολλητικές, 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 γενικά επαναχρησιμοποιήσιμες σε σχέση με τις κολλητικές, κάτι που αποτελεί και το κυριότερο πλεονέκτημα τους.

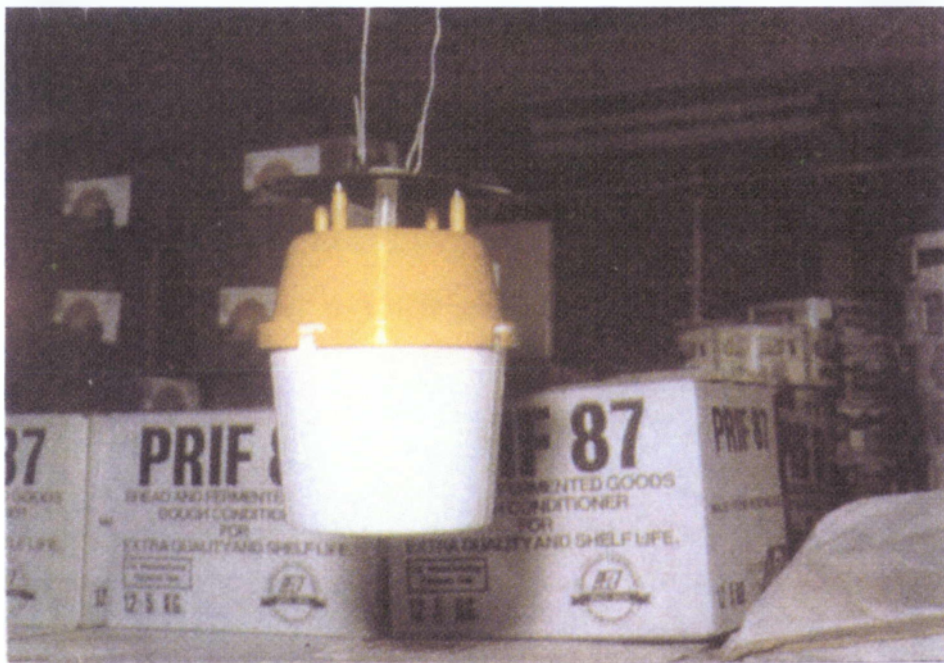
Με τις τύπου σόντας παγίδες είναι δυνατή η δειγματοληψία σπόρου σε διάφορα βάθη της μάζας του σιταριού. Με τις παγίδες αυτού του τύπου τα έντομα παγιδεύονται σε ένα διάτρητο μεταλλικό ή πλαστικό καθετήρα που τοποθετείται μέσα στην μάζα του αποθηκευμένου προϊόντος σε διάφορα βάθη. Τα έντομα έρχονται μέσα στις τρύπες και πέφτουν μέσα σε ένα σωλήνα συλλογής ή σε ένα συλλογέα που μπορεί να αλλαχθεί και είναι ειδικά 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. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα τους που αποτελεί ταυτόχρονα και το σημαντικότερο μειονέκτημα της δειγματοληψίας είναι ότι με τις τύπου σόντας παγίδες είμαστε σε θέση να παρακολουθήσουμε την διακύμανση των πληθυσμών από πολύ νωρίς, ακόμη και όταν αυτοί είναι πολύ χαμηλοί.

Με τις φωτεινές ή ηλεκτρικές παγίδες εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο του τροπισμού και ειδικότερα του φωτοτροπισμού. Τροπισμός είναι ο προσανατολισμός και στην συνέχεια η αντανακλαστική 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, προσελκύονται και ακολούθως θανατώνονται μέσω ηλεκτροπληξίας. Εύκολα συμπεραίνει κανείς ότι η χρήση αυτών των παγίδων προϋποθέτει καταπολέμηση εντόμων με θετικό και όχι με αρνητικό φωτοτροπισμό. Έντομα αποθηκών με αρνητικό φωτοτροπισμό είναι:



Εικόνα 10. Παγίδα τύπου δέλτα (B.C.S.)



Εικόνα 11. Παγίδα χοάνης (B.C.S)

O. surinamensis
Oryzaephilus mercator (F.) (Coleoptera: Silvanidae)
S. granarius
T. confusum
Prostephanus truncatus (Herbst.) (Coleoptera:Bostrichidae)
T. molitor
Tenebroides mauritanicus (L.) (Coleoptera: Trogosididae)
Araecerus fasciculatus (De Geer.) (Coleoptera: Anthribidae)

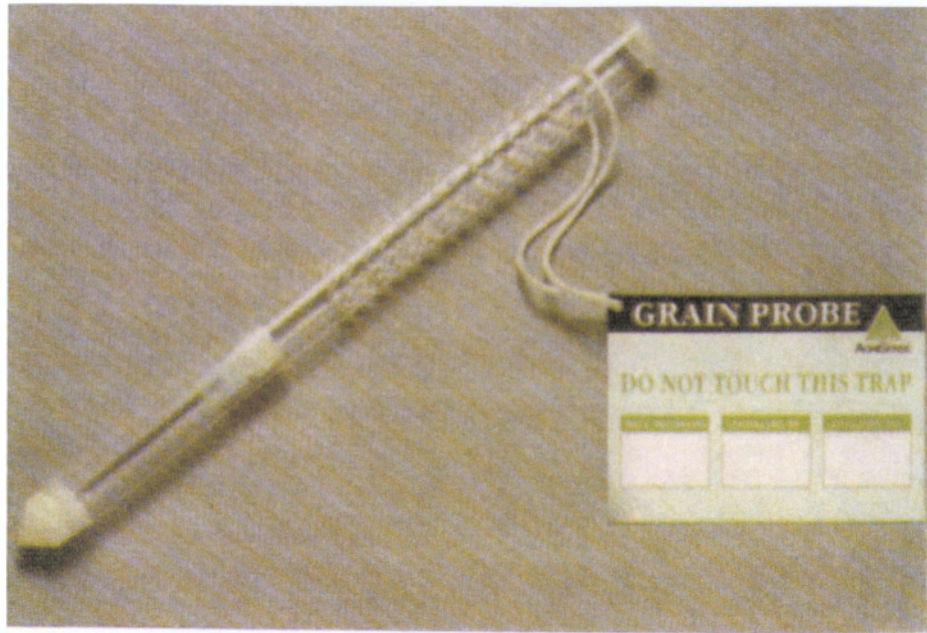
Φερομόνες

Οι φερομόνες είναι πτητικές, χαμηλού μοριακού βάρους, οργανικές ενώσεις και ανήκουν σε διάφορες ομάδες. Είναι ορμόνες φύλου που παράγουν συνήθως τα θήλεα άτομα ώστε να ελκύουν τα αρρενα 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 .

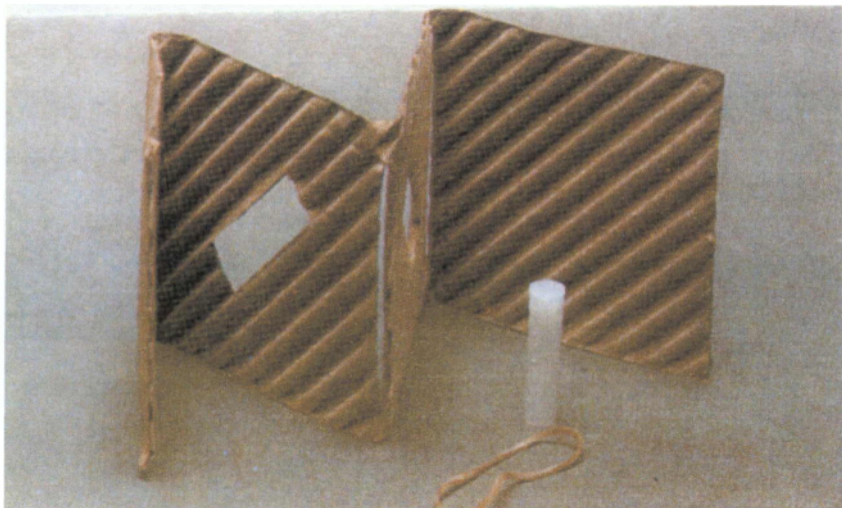
Με τη χρήση φερομονικών παγίδων μπορούμε να ανιχνεύσουμε και να προσδιορίσουμε ταυτόχρονα τα έντομα εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων, ενώ κατ' ευθείαν έλεγχος των πληθυσμών με φερομόνες μπορεί να επιτευχθεί με σκευάσματα που περιέχουν ελκυστικό, που ελκύει και ταυτόχρονα θανατώνει ή αποτρέπει την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

2.3.2. Ρυθμιστές αναπτύξεως

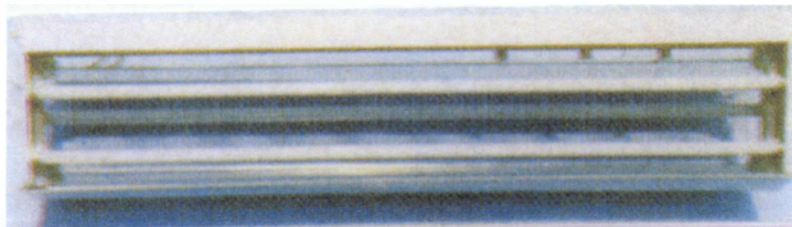
Η χρήση των ρυθμιστών αναπτύξεως στηρίχθηκε στην ιδέα της αντιμετώπισης των εντόμων εχθρών με ορμόνες νεότητας που παράγουν τα ίδια τα έντομα. Τα πλεονεκτήματα της χρήσεως ρυθμιστών αναπτύξεως στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι η εκλεκτική επί των εντόμων δράση τους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



Εικόνα 12. Παγίδα τύπου σόντας



Εικόνα 13. Παγίδα κυματοειδούς χάρτου



Εικόνα 14. Φωτεινή παγίδα

Από τις ορμόνες νεότητας, το methoprene είναι πιο αποτελεσματικό επί εντόμων που τρέφονται εξωτερικώς των σπόρων (Mian and Mulla 1982, Smet et al. 1989) και έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως ως μια εναλλακτική μέθοδος ελέγχου των εχθρών *O. surinamensis* και *R. dominica* λόγω ανθεκτικότητας που παρουσίασαν το μεν πρώτο στα οργανοφωσφορικά το δε δεύτερο στα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα. Συμφώνως 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 pyriproxyphen που χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα επαφής.

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

Γενικώς, οι παρεμποδιστές συνθέσεως χιτίνης 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 καλόν 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.

2.3.3. 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, linalool, terpineal.

Τα αιθέρια έλαια υπόσχονται αρκετά για τον έλεγχο των κυρίων εχθρών εντόμων 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).

2.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

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

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

Παρασιτοειδές θεωρείται ένα έντομο το οποίο έχει συνήθως, όχι πάντοτε, το ίδιο μέγεθος περίπου με τον ξενιστή του, απαιτεί δε έναν μόνον ξενιστή για τη συμπλήρωση της αναπτύξεως του τον οποίον και τελικά θανατώνει (Λυκουρέσης 1995). Για τη σωστή άλλα 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 (π.χ συντηρησιμότητα, υγρασία προϊόντος και χώρου, θερμοκρασία χώρου κ.α.) γ) του βιολογικού κύκλου των εχθρών και δ) των ανταγωνιστών των εχθρών (βιολογία, που και πως διαχειμάζουν, κ.α.). 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 τους οικολογία, 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*



Εικόνα 15. *Habrobracon* (= *Bracon*) *hebetor*

flavipes (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae), το οποίο είναι αρπακτικό ωών και προνυμφών στις περισσότερες κατηγορίες εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων και το *Teretriosoma nigrescens* (L.) (Coleoptera: Histeridae) το οποίο είναι αρπακτικό διαφόρων οικογενειών της τάξεως Coleoptera που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα. Τα γενικά παρασιτοειδή προτιμούν ένα συγκεκριμένο στάδιο αναπτύξεως των ειδών που θα παρασιτήσουν. Σπουδαία γενικά παρασιτοειδή τα οποία έχουν μελετηθεί ευρέως στον αγρό αλλά χρησιμοποιούνται και στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων είναι τα ωοπαρασιτοειδή του γένους *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) και το *Habrobracon* (= *Bracon*) *hebetor*(L.) (Hymenoptera: Braconidae). 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 αντιμετώπισεως να είναι απλή και με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος τόσο στην χρήση της όσο και στον εξοπλισμό που θα απαιτηθεί. Ένας απλός τρόπος χρησιμοποίησεως φυσικών εχθρών τόσο σε αποθήκες εμπορίου λιανικής πωλήσεως όσο και σε νοικοκυριά έχει εφαρμοστεί στο Βερολίνο. Συμφώνως προς την μέθοδο αυτή, αναρτώνται εντός του αποθηκευτικού χώρου κάρτες που περιέχουν παρασιτισμένα από Hymenoptera της οικογενείας Trichogrammatidae, ωά Λεπιδοπτέρων εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων. Η μέθοδος αυτή έδειξε πολύ καλά αποτελέσματα όσον αφορά στην αντιμετώπιση των Λεπιδοπτέρων εχθρών στους αποθηκευτικούς χώρους ό,που εφαρμόστηκε, καθώς και στον έλεγχο του πληθυσμού

του *Dermestes maculatus* (De Geer) (Coleoptera: Dermestidae) (Sá-Fisher and Schöller 1994).

Οι ειδικοί «φυσικοί εχθροί» των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι παρασιτοειδή που παρασιτούν λίγες και στενώς συνδεδεμένες κατηγορίες εχθρών. Το *Laelius pedatus* (Say) (Hymenoptera: Bethyilidae) είναι ένας ειδικός φυσικός εχθρός που παρασιτεί τις προνύμφες κυρίως των Κολεοπτέρων εντόμων της οικογενείας Dermestidae. Το Υμενόπτερο αυτό κατέχει ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά για δυναμικό έλεγχο του *T. granarium* όπως υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό, ευκολία εκτροφής αλλά και εξαπόλυσεως 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. Έτσι το κατώτερο όριο πληθυσμού εχθρών στην αποθήκη, από το οποίο θα πρέπει να αρχίσει η εφαρμογή του βιολογικού ελέγχου, πρέπει να είναι κατά πολύ χαμηλότερο σε σχέση με αυτό που απαιτείται για χημικό έλεγχο .

Για παράδειγμα, αν και πολλά ωά ή προνύμφες θανατώνονται από ένα ωοπαρασιτοειδές ή παρασιτοειδές προνυμφών αντιστοίχως, τα υπόλοιπα στάδια των εχθρών, θα συνεχίσουν να υπάρχουν, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η μείωση του πληθυσμού, και να χρειάζεται επαναλαμβανομένη εξαπόλυση φυσικών εχθρών. Επίσης, ο βιολογικός έλεγχος θα προτιμηθεί ως κύριο μέτρο αντιμετώπισεως, 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 σοβαρώς υπ' όψιν κατά την κατάστρωση ενός σχεδίου αντιμετώπισεως 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.

2.5 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις μηχανικές μεθόδους αντιμετώπισεως 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 της συντηρήσεως των αποθηκευμένων προϊόντων.

Με την εφαρμογή υψηλών πιέσεων στους αποθηκευτικούς χώρους προκαλείται θανάτωση κυρίως των ακμαίων ατόμων. Επίσης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί πεπιεσμένος ξηρός αέρας για την απαλλαγή των μηχανών, σκευών, δαπέδων, τοίχων από έντομα που αναζητούν καταφύγιο σε αυτούς τους χώρους. Παραλλήλως, πλήρες ή υψηλό και παρατεταμένο κενό θανατώνει πολλά είδη εντόμων. Η έλλειψη ατμοσφαιρικού αέρα προκαλεί αύξηση τής 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 ευνοείται 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 κ.α). 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 συντηρητικότητα 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 ταυτοχρόνως με άλλες μεθόδους απεντομώσεως, πριν ή κατά την επεξεργασία των προϊόντων.

2.6 ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

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

2.6.1 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 θανατώσεως 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 απεντόμωσης 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 έχουμε υπ' όψη μας όταν μεταχειριζόμαστε αυτή τη μέθοδο τα, εξής:

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 1999).

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

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

Η αποδοχή από μέρος του καταναλωτικού κοινού των ακτινοβολημένων προϊόντων αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα, που καθιστά ακόμη πιο δύσκολη την εφαρμογή της μεθόδου αυτής. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το καταναλωτικό κοινό αρνείται να καταναλώνει τέτοια προϊόντα με αποτέλεσμα να απαγορεύεται ακόμη και η εισαγωγή τους σε ορισμένες χώρες όπως στην Γερμανία. Αντιθέτως, στην Πολωνία η ακτινοβόληση διαφόρων τροφίμων για την απαλλαγή τους από έντομα και ακάρεα, όπως επίσης φρούτων και λαχανικών για προστασία από διάφορους μύκητες που προκαλούν μετασυλλεκτικές αλλοιώσεις, έχει γίνει αποδεκτή από τους καταναλωτές.

2.6.3 Χρήση της γης διατόμων

Η γη διατόμων αποτελεί μια φυσική μέθοδο αντιμετώπισης των εντόμων γενικότερα αλλά και πιο συγκεκριμένα των εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα. Η χρήση της σκόνης αυτής δεν επιτρέπεται ακόμη στη χώρα μας παρόλα αυτά σε άλλες χώρες όπως οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, η Ιταλία, η Σερβία και άλλες χρησιμοποιείται ευρέως για τη προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων αποδίδοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σε επόμενο κεφάλαιο δίδονται αναλυτικά στοιχεία για τη προέλευση, τη χρήση και την αποτελεσματικότητα της σκόνης.

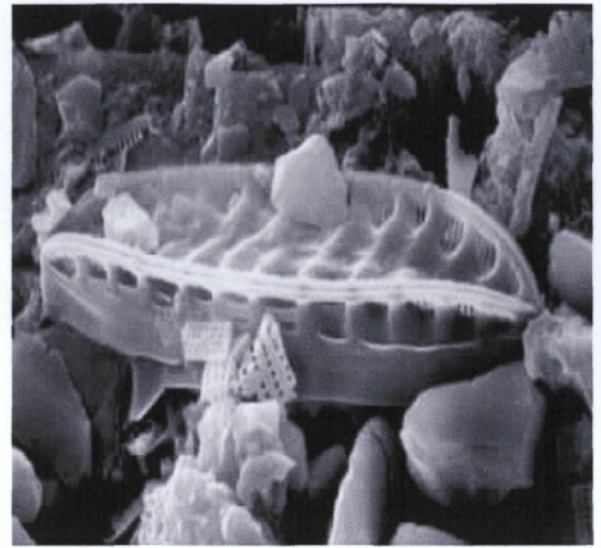
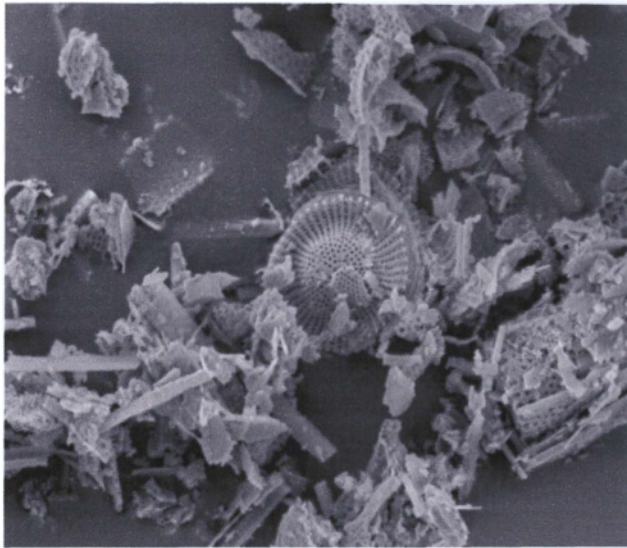
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Η ΓΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΩΣ ΜΕΣΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΕΩΣ ΕΝΤΟΜΩΝ

3.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ – ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

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 στον 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 πέρασ του βιολογικού κύκλου τους (περίπου 6 ημέρες) βυθίζονταν και δημιουργούσαν, στο πέρασμα των αιώνων, υπόγεια και βαθιά στρώματα με ένυδρη πυριτική δομή. Στη συνέχεια τα υπόγεια στρώματα απολιθώνονταν και συμπιέζονταν (από λίγα εκατοστά έως και μερικές εκατοντάδες μέτρα) σε ένα μαλακό και λευκό πέτρωμα που σήμερα καλείται γη διατόμων. Η προέλευση της γης διατόμων μπορεί να είναι θαλάσσια (από θαλάσσια διάτομα) ή χερσαία (από χερσαία διάτομα).



Εικόνα.16 Διάτομα όπως φαίνονται από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως.

Η περιεκτικότητα της γης διατόμων σε υγρασία (H_2O) είναι υψηλότερη του 50 %, το 86 – 94 % της στερεάς μορφής της αποτελεί το πυρίτιο ενώ το υπόλοιπο είναι άργιλος και πηλός (Korunic 1997). Πριν την οποιαδήποτε χρήση της, η γη διατόμων, υφίσταται επεξεργασία που αφορά στη μείωση της υγρασίας της με ξήρανση και στη μείωση του μέσου συνολικού μεγέθους των κόκκων (σωματίδια) της με άλεση. Μετά την επεξεργασία, η περιεκτικότητα της σε υγρασία είναι 2 – 6 % ενώ το μέγεθος των κόκκων (ή σωματιδίων) λαμβάνει τιμές μεταξύ 1 και 150 μm , με την πλειονότητα τους να κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 30 μm . Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η παραγωγή μίας λεπτόκοκκης σκόνης που θεωρείται ότι δεν έχει τοξική επίδραση στα θηλαστικά (Quarles 1992). Η γη διατόμων είναι εξαιρετικώς σταθερή καθώς δεν αντιδρά με διάφορα υποστρώματα του περιβάλλοντος και δεν παράγει τοξικά χημικά παράγωγα. Συμφώνως προς την Εταιρεία Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency) των Η.Π.Α., η φυσική γη διατόμων περιγράφεται ως «το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου και χαρακτηρίζεται ως ασφαλές, για προσθετικό τροφίμων» (Anonymus 1991).

Πίνακας II

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

Είδη διατόμων, σε διάφορες τυποποιήσεις γης διατόμων διαφόρων προελεύσεων.

3.2 ΦΥΣΙΚΕΣ – ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Το χρώμα της σκόνης της γης διατόμων εξαρτάται από την σύσταση της και ποικίλει σε λευκό, γκρι, κίτρινο και ερυθρό. Το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων της εξαρτώνται για μεν το πρώτο από το είδος του νεκρού διατόμου από το οποίο προήλθε, για δε το δεύτερο από την επεξεργασία που δέχθηκε. Το δρών συστατικό ή κύριο περιεχόμενο της είναι το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου. 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 and Winn 1996). Έως τώρα δεν υπάρχουν κάποιες αναφορές που να σχετίζουν την εντομοκτόνο ιδιότητα της γης διατόμων με κάποια από τα παραπάνω στοιχεία (Korunic 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 600gr/lit περίπου και εξαρτάται από την πηγή της καθώς και από το είδος των διατόμων από τα οποία προήλθε. Το pH της κυμαίνεται από 4,4 έως 9,2. Είναι άοσμη, το ποσοστό υγρασίας (μετά την κατεργασία) είναι 2 – 6%. Επίσης είναι αδιάλυτη στο ύδωρ, μη εύφλεκτη και μη εκρηκτική. Τέλος, όλα τα σωματίδια της γης διατόμων φέρουν πολύ μικρούς πόρους στο εσωτερικό τους και έχουν την ιδιότητα να απορροφούν μόρια λιπιδίων με μεγάλη ευκολία (Ebeling 1971).

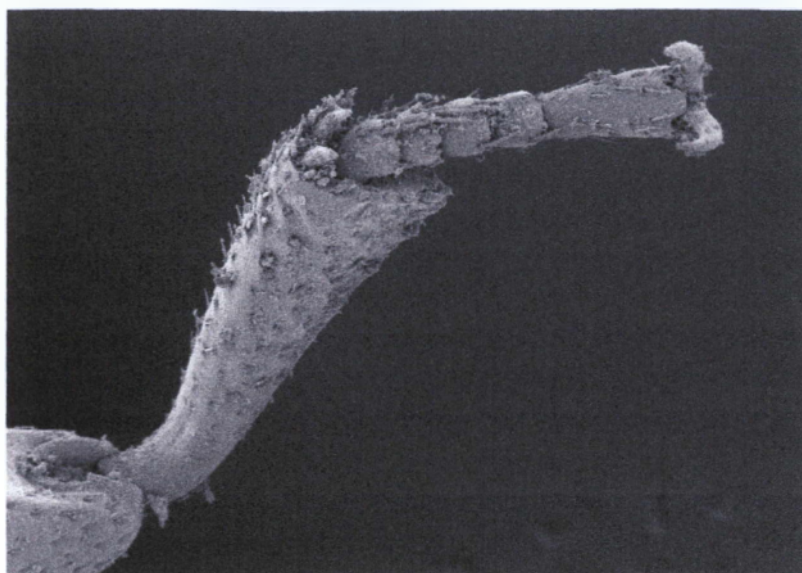
Πίνακας III

Τυποποίηση γης διατόμων	Ειδικό βάρος σε gr/lit	pH	(%) Περιεκτικότη τα σε SiO ₂	Μέγεθος σωματιδίων		Σχήμα	Τύπος γης διατόμων
				Μέσο μέγεθος σε μm	(%) σωματίδια με μέγεθος λιγότερο από 12 μm		
Celite 209 (H.P.A.)	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	Χερσαία
DE Australia	220	6,5	80-90	11,1	57,8	Επίπεδο	Χερσαία
DE China 17	234	6	>85	16,4	34,7	Επίπεδο	Χερσαία
DF 3 (H.P.A.)	330	8,2	82-92	2,5	91,9	Στρογγυλό	Χερσαία
DE China 9	325	6,2	70-80	9,3	6,1	Επίπεδο Στρογγυλό	Χερσαία
DE China 1	370	6	>85	10,9	55,4	Στρογγυλό	Χερσαία
Perma Guard (H.P.A.)	286	8	93	10,7	62,7	Στρογγυλό	Χερσαία
DE Japan B	320	4,4	>80	31,8	20,8	Επίπεδο	Χερσαία
DiaFil 610 (H.P.A.)	244	8	82-92	7	80	Στρογγυλό	Χερσαία
DE China 19	370	6,5	80-85	14,7	33,9	Στρογγυλό	Χερσαία
DE Mexico 1	330	9	>80	11,8	50,9	Επίπεδο	Χερσαία
DE China 18	679	5,1	65-70	7,5	67,6	Επίπεδο Στρογγυλό	Χερσαία
DE China 15	400	9,2	>88	29,3	11,6	Επίπεδο	Χερσαία

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

3.3 ENTOMOKTONEΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

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 εξαρτώνται από την ικανότητα της να απορροφά και να δεσμεύει τα λιπίδια από τον προστατευτικό κηρώδη χιτώνα που καλύπτει την επιδερμίδα των εντόμων. Ο κηρώδης χιτώνας είναι λιπιδιακής φύσεως και έχει ως ρόλο να προστατεύει την ισορροπία του νερού 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 των συνθηκών 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 and Ball 1962, Korunic 1997). Έχει αναφερθεί επίσης πρόκληση ασφυξίας στα έντομα μετά από επίδραση της σκόνης γης διατόμων σε αυτά (Korunic 1997). Τα παραπάνω φαινόμενα συμβαίνουν είτε μεμονωμένως είτε σε συνδυασμό μεταξύ τους. Τέλος, αναφέρεται ότι οι αδρανείς σκόνες δρουν απωθητικά επί των εντόμων, οπότε αυτή η απωθητική ικανότητά τους μπορεί να προσδώσει κάποια επιπλέον προστασία επί των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων (Korunic 1997).



Εικόνα 17. Σωμάτια σκόνης γης διατόμων επί ποδός του εντόμου *T. confusum* (Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σαρώσεως).

3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ

Η αποτελεσματικότητα της γης διατόμων επί των εντόμων διαφέρει αναλόγως με την πηγή και την προέλευσή της. Σκόνες γης διατόμων από διαφορετικές περιοχές της υφηλίου διαφέρουν όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα τους επί των εντόμων, λόγω ακριβώς των διαφορετικών φυσικών και μορφολογικών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν τα διάτομα από τα οποία προήλθαν. Συμφώνως προς τον Korunic (1997) αν και η σκόνη της γης των θαλάσσιων διατόμων είναι λιγότερο αποτελεσματική σε σχέση με εκείνη που προέρχεται από χερσαία διάτομα, οι ποσοσιώδεις διαφορές στην αποτελεσματικότητα των σκονών της γης διατόμων έναντι των εντόμων, οφείλονται κυρίως στις διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των φυσικών και μορφολογικών ιδιοτήτων των διατόμων, και λιγότερο στο περιβάλλον από το οποίο προήλθαν (θαλάσσιο ή μη).

Άλλοι παράγοντες που επιδρούν επί της αποτελεσματικότητας της σκόνης γης διατόμων στα έντομα, είναι οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας που επικρατούν στον αποθηκευτικό χώρο, η ύπαρξη επαρκούς τροφής για τα έντομα καθώς και το είδος του εντόμου που δέχεται την επίδραση της σκόνης γης διατόμων.

Η αύξηση της σχετικής υγρασίας της αποθήκης και η αύξηση της υγρασίας του αποθηκευμένου σπόρου μειώνουν την αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων έναντι των εντόμων. Οι κρίσιμες τιμές υγρασίας πάνω από τις οποίες

εκμηδενίζεται η εντομοκτόνος ιδιότητα των σκονών της γης διατόμων είναι για την σχετική υγρασία του αποθηκευτικού χώρου 70 %, ενώ για την υγρασία του σπόρου 14 %. Φαίνεται ότι τα έντομα είναι σε θέση να αναπληρώσουν τις απώλειές τους σε υγρασία λόγω της 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 περισσότερο μεταβολικού ύδατος από τα έντομα και μάλιστα σε ποσότητες ικανές να αντισταθμίσουν τις απώλειες λόγω απορροφήσεως που προκαλούν οι σκόνες της γης διατόμων. Το φαινόμενο αυτό δεν παρατηρείται πάντα, όπως στην περίπτωση του εντόμου *Cryptolestes pusillus* (Schonderr) (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 2000a). 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 επιδερμίδα 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 υγρασία λόγω επιδράσεως της σκόνης γης διατόμων (Fields and Korunic 2000). Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι σε αντίθεση με τα χημικά εντομοκτόνα, η θερμοκρασία δεν επιδρά 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 ιδίων των εντόμων. Εκτός από την θερμοκρασία και η επάρκεια τροφής εντός

του αποθηκευτικού χώρου μπορεί να αυξήσει την παραγωγή μεταβολικού ύδατος ώστε να επηρεάσει αρνητικώς την εντομοκτόνο ιδιότητα της σκόνης γης διατόμων (Arthur 2001).

Τα έντομα δεν αντιδρούν όλα το ίδιο στη γη διατόμων. Υπάρχουν ανατομικές και μορφολογικές διαφορές τόσο μεταξύ των τελείων σταδίων όσο και μεταξύ των ατελών που συνηγορούν σε αυτήν τη διαπίστωση. Η σειρά ανθεκτικότητας (από το λιγότερο στο περισσότερο ανθεκτικό) ορισμένων εντόμων στην γη διατόμων είναι η εξής: *Cryptolestes* spp., *Oryzaephilus* spp., *Sitophilus* spp., *R. dominica* και *Tribolium* spp. (Korunic 1997). Έντομα με μεγάλη σχέση επιφανείας προς όγκο δηλαδή πλατιά και μικρά είναι πιο ευπαθή στην σκόνη γης διατόμων (π.χ *Cryptolestes* spp.). Επίσης έντομα με κοντές επιφανειακές σμήριγγες όπως το *Oryzaephilus mercator* (Fauvel) (Coleoptera: Silvanidae), συκρατούν περισσότερη ποσότητα σκόνης ώστε να είναι πιο ευαίσθητα (Quarles 1992), ενώ έντομα με μακριές επιφανειακές σμήριγγες που εμποδίζουν την επαφή της σκόνης με την επιδερμίδα, χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ανθεκτικότητα έναντι της σκόνης γης διατόμων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με τις προνύμφες των εντόμων της οικογένειας Dermestidae (Carlson and Ball 1962).

Διαφοροποίηση στην αποτελεσματικότητα της σκόνης γης διατόμων παρατηρείται και μεταξύ τελείων 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 τελείου εντόμου υπάρχουν ανατομικές και μορφολογικές διαφορές που επιδρούν και αυτές με την σειρά τους στην διαφορική επίδραση της σκόνης γης διατόμων. Ως παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση του *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. Οι προνύμφη τελευταίου σταδίου, η νύμφη και το ακμαίο δεν φέρουν τέτοιες περιοχές, οπότε τα στάδια αυτά είναι πιο ευαίσθητα στην επίδραση της γης διατόμων (Mewis και Ulrichs 2001).

Εκτός από τους ήδη αναφερθέντες παράγοντες, ακόμη ένας παράγοντας είναι και το ποιόν του σπόρου. Τα διάφορα χαρακτηριστικά κάθε σπόρου μπορούν να δράσουν ανασταλτικά στη δράση τη γης διατόμων ή και το αντίθετο. Όπως αναφέρει και ο McCauchey (1972) τα έλαια που υπάρχουν στην επιφάνεια αποφλοιωμένου και

μη αποφλοιωμένου ρυζιού εμποδίζουν τη δράση της γης διατόμων, εφ' όσον τα σωματίδια της σκόνης ικανοποιούν τις ανάγκες τους σε απορρόφηση λιπιδίων από τα έλαια αυτά. Ακόμη και μικροδιαφορές μεταξύ των τάξεων των σπόρων μπορούν να επηρεάσουν την εντομοκτόνο δράση της εκάστοτε σκόνης. Για παράδειγμα οι McCauchey et al (1990) βρήκαν ότι τα ακμαία του εντόμου *R. dominica* είχαν θνησιμότητα που ποίκιλε μεταξύ διαφορετικών τάξεων σίτου. Συμφώνως προς τα αποτελέσματα των Athanassiou and Kavallieratos (2005), η κατάταξη οκτώ προϊόντων που εξετάστηκαν με τη χρήση ενός συγκεκριμένου σκευάσματος γης διατόμων κατά ενήλικων ατόμων του *R. dominica*, από το πιο ανθεκτικό προς το πιο ευαίσθητο είναι η εξής : τριτικάλε > σικάλη > κριθάρι = σίτος > βρώμη = ρύζι = αραβόσιτος > αποφλοιωμένο κριθάρι. Βέβαια, τα στοιχεία αυτά ανταποκρίνονται στο συγκεκριμένο σκεύασμα, στα συγκεκριμένα προϊόντα και στις συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτά τα πειράματα. Ένα τελευταίο στοιχείο κλειδί που καθορίζει τη δράση της γης διατόμων είναι, συμφώνως προς τον Korunic (1997), ο βαθμός προσκολλησεως της σκόνης στους σπόρους.

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

3.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΕΩΣ ΣΚΟΝΗΣ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

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

Από τα μειονεκτήματα της χρήσης σκόνης γης διατόμων το κυριότερο είναι η μείωση του ειδικού βάρους του σπόρου του σιταριού. Λόγω του ότι η τιμή του ειδικού βάρους αποτελεί δείκτη της εμπορικής αξίας του σιταριού, μία μείωση του ειδικού βάρους θα οδηγούσε αυτομάτως και σε υποβάθμιση της αξίας του. Πολλές φορές όμως, η μείωση της εμπορικής αξίας δεν είναι ανάλογη της 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 θα απομακρυνθούν με το πλύσιμο. Γενικά σκευάσματα γης διατόμων που μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιηθούν στο αποθηκευμένο προϊόν σε δόσεις έως και 1 g/ Kg προϊόντος προτιμούνται, εφ' όσον αυτή η δόση εκτιμάται πως είναι σχετικά χαμηλή (Subramanyam and Roesli 2000). Αντιθέτως, παλαιότερες συνθέσεις γης διατόμων που για να δώσουν αποτελέσματα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν σε υψηλές δόσεις (> 3g/ Kg προϊόντος) είναι ασύμφορο να χρησιμοποιηθούν γιατί επιδρούν αρνητικώς στις φυσικές ιδιότητες των σπόρων.

Επίσης ως μειονέκτημα αναφέρεται η επίδραση της σκόνης στα αρπακτικά, παρασιτοειδή και παράσιτα των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων. Όπως αναφέρεται και από τους Perez-Mendoza et al. (1999) ο επιτυχής συνδυασμός μεθόδων αντιμετώπισης με χρήση γης διατόμων παραλλήλως με τη χρήση κάποιων παρασιτοειδών (βιολογική καταπολέμηση) είναι δύσκολος. Συγκεκριμένως,

αναφέρουν πως ακμαία άτομα του εντόμου *A. calandrae*, το οποίο παρασιτεί το σκαθάρι του ρυζιού (*S. oryzae*), παρουσίασαν μεγάλη ευαισθησία όταν ήλθαν σε επαφή με σκόνη γης διατόμων. Επιπροσθέτως, η μακροβιότητα και η επίδρασή τους, στο να παρασιτούν άτομα του *S. oryzae*, ήταν αισθητώς μειωμένες. Παρ' όλα αυτά είναι δυνατό να επιτευχθεί έλεγχος των πληθυσμών στα αποθηκευμένα προϊόντα με βιολογικό τρόπο ακόμη και με τη παρουσία αδρανών σκονών. Η τεχνολογία απελευθέρωσης των παρασιτοειδών θα μπορούσε να αναπτυχθεί έτσι ώστε να μειώνει όσο το δυνατό τις επιδράσεις της γης διατόμων στα παρασιτοειδή. Ο τρόπος δηλαδή που θα εξαπολυθούν τα παρασιτοειδή σε συνδυασμό με τον τρόπο που θα διανεμηθεί η ανάλογη ποσότητα της σκόνης γης διατόμων στη μάζα των αποθηκευμένων σπόρων, μπορούν να καταστήσουν το συνδυασμό των δύο μεθόδων αποτελεσματικό.

Ένα τελευταίο μειονέκτημα της γης διατόμων είναι και η αδρανοποίηση της σε υψηλά ποσοστά υγρασίας. Όμως ούτως ή άλλως οι υψηλές τιμές υγρασίας δεν είναι επιθυμητές στους αποθηκευτικούς χώρους οπότε και το μειονέκτημα αυτό δεν απασχολεί ιδιαίτερα τους χρήστες της αδρανούς σκόνης.



Εικόνα 18. Ένας τρόπος εφαρμογής σκόνης γης διατόμων, σε αποθηκευμένο σιτάρι στον Καναδά

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

Παρά τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν, η χρήση της σκόνης γης διατόμων αποτελεί μια σχετικά νέα και πολλά υποσχόμενη μέθοδο για την αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκών, ειδικότερα στην σύγχρονη εποχή όπου το πρόβλημα της μόλυνσης του περιβάλλοντος αλλά και το φαινόμενο αναπτύξεως ανθεκτικότητας των εντόμων στα χημικά εντομοκτόνα επιτάσσουν εναλλακτικές μεθόδους αντιμετώπισης των εντομολογικών προβλημάτων τόσο στις αποθήκες όπως και στον αγρό. Συμφώνως προς τους Ebeling (1971) και Korunic (1997) φαινόμενα ανθεκτικότητας των εντόμων στην γη διατόμων θεωρούνται μάλλον απίθανα καθώς η τελευταία θανατώνει τα έντομα μέσω φυσικών διεργασιών.

Η γη διατόμων σήμερα έχει εγκριθεί και χρησιμοποιείται ως προστατευτικό αποθηκευμένων προϊόντων στις Η.Π.Α., Καναδά, Αυστραλία, Ιαπωνία, Ινδονησία, Σαουδική Αραβία και Κροατία. Στην Ελλάδα η σκόνη γης διατόμων δεν έχει λάβει ακόμη έγκριση κυκλοφορίας ως εντομοκτόνο.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

(Πειραματικό)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές βιοδοκιμές ώστε να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα τριών εμπορικών διαθεσίμων σκευασμάτων γαιών διατόμων (= ΓΔ) στον σίτο και στον αραβόσιτο κατά των *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) και του *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). Τα σκευάσματα ΓΔ που δοκιμάστηκαν ήσαν τα: Insecto, PyriSec, Protect-It. Οι ΓΔ εφαρμόστηκαν μόνες ή σε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς (Insecto + PyriSec, Insecto + Protect-It, PyriSec + Protect-It, Insecto + PyriSec + Protect-It), σε τρεις δόσεις: 0,25; 0,5 και 0,75 g/Kg προϊόντος. Ακμαία άτομα των ανωτέρω ειδών εκτέθηκαν σε σίτο και σε αραβόσιτο φέροντα τη ΓΔ επί 7 ημέρες στους 26 °C, και σχετική υγρασία 65 %, και μετά από αυτό το διάστημα καταμετρήθηκε η θνησιμότητά τους. Για κάθε είδος, η θνησιμότητα των ακμαίων επηρεάστηκε σημαντικώς από το σκεύασμα της ΓΔ, από το είδος του δημητριακού, και από τη δόση. Όλες οι ΓΔ ήταν λιγότερο αποτελεσματικές κατά του *T. confusum*, όπου η θνησιμότητα δεν υπερέβη 67 %, εν συγκρίσει με τα άλλα δύο είδη, όπου επιτεύχθηκε θνησιμότητα 100% σε ορισμένους συνδυασμούς. Επίσης, για όλα τα είδη των εξετασθέντων εντόμων, όλες οι ΓΔ ήσαν αποτελεσματικότερες στο σίτο απ' ότι στον αραβόσιτο. Γενικώς, το μίγμα δύο ή τριών ΓΔ ήταν αποτελεσματικότερο από την εφαρμογή μιας μόνο σκόνης, για όλα τα είδη εντόμων και για όλα τα προϊόντα. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δείχνουν ότι ένας συνδυασμός διάφορων ΓΔ μαζί μπορεί να παραγάγει μια νέα μορφή ΓΔ που είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε χαμηλές δόσεις εφαρμογής.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ζήτηση από πλευράς καταναλωτών για τρόφιμα χωρίς υπολείμματα και η επαναλαμβανόμενη χρήση αρκετών, ευρέως χρησιμοποιούμενων χημικών ουσιών για την προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων οδήγησαν στην αξιολόγηση εναλλακτικών μεθόδων αντιμετώπισης. Η χρήση της γης διατόμων είναι μια από τις πιο ελπιδοφόρες εναλλακτικές λύσεις αντί των παραδοσιακών υπολειμματικών εντομοκτόνων, δεδομένου ότι έχουν φυσική προέλευση, δεν αφήνουν υπολείμματα στο προϊόν και έχουν χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά (Korunic 1998,

Subramanyam and Roesli 2000). Επιπροσθέτως, οι σκόνες γης διατόμων έχουν έναν μοναδικό, σαφώς φυσικό, τρόπο δράσεως εναντίων των εντόμων: «απενεργοποιούν» τα αδιάβροχα λιπίδια από την επιδερμίδα των εντόμων, και τα έντομα πεθαίνουν από αφυδάτωση (Korunic 1998, Subramanyam and Roesli 2000). Είναι πλέον γνωστή η αποτελεσματικότητα των γαιών διατόμων κατά των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων και προτείνονται αρκετά σκευάσματα παγκοσμίως προς χρήση άμεση χρήση στα προϊόντα (Subramanyam and Roesli 2000). Εντούτοις, διάφοροι παράγοντες περιορίζουν την ευρύτερη χρήση τους. Ένας από τους σημαντικότερους είναι το είδος των εντόμων στόχων δεδομένου ότι η αποτελεσματικότητα της γης διατόμων ποικίλλει μεταξύ διαφορετικών ειδών (Subramanyam and Roesli 2000, Fields and Korunic 2000, Athanassiou et al. 2005), μεταξύ διαφορετικών σταδίων ζωής του ίδιου είδους (Mewis and Ulrichs 2001, Vayias and Athanassiou 2004), μεταξύ διαφορετικών φυλών (Rigaux et al. 2001, Fields et al. 2003, Arnaud et al. 2005). Ένας δεύτερος παράγοντας που φαίνεται εξ ίσου σημαντικός είναι το ίδιο το σκεύασμα της γης διατόμων. Αν και οι εντομοκτόνες ιδιότητες όλων των γαιών διατόμων επηρεάζονται από τις ίδιες παραμέτρους (Korunic 1997, 1998), η εντομοκτόνος αξία κατά ενός δεδομένου είδους εντόμου είναι αρκετά ανόμοια μεταξύ των εμπορικώς διαθέσιμων σκευασμάτων (Subramanyam and Roesli 2000, Fields and Korunic 2000, Kavallieratos et al. 2005). Συνεπώς η χρήση κάθε σκευάσματος γης διατόμων πρέπει να αξιολογηθεί χωριστά ενάντια σε κάθε είδος εντόμου εχθρού των αποθηκευμένων προϊόντων.

Οι παραλλαγές μεταξύ εμπορικώς διαθέσιμων ΓΔ θα μπορούσαν να αποδοθούν στα διαφορετικά συστατικά που κάθε γη διατόμων περιέχει. Για παράδειγμα, μερικά σκευάσματα ΓΔ περιέχουν και μικρές δόσεις συμβατικών εντομοκτόνων, ένα γεγονός που αλλάζει αρκετά τον τρόπο δράσεώς τους εν συγκρίσει με τη καθαρή ΓΔ. Άλλα σκευάσματα περιέχουν ένα ποσοστό ελκυστικών τροφής, το οποίο μπορεί να αλλάξει τη συμπεριφορά των εντόμων στο επεξεργασμένο με γη διατόμων υπόστρωμα. Σε μια πρόσφατη μελέτη, οι Arnaud et al. (2005) πρότειναν ότι ένα μίγμα διαφορετικών σκευασμάτων γης διατόμων μπορεί να είναι μια πιθανή λύση στη χρήση μεμονομένων σκευασμάτων γης διατόμων. Εντούτοις, μέχρι τώρα δεν υπάρχουν στοιχεία όσον αφορά στις μίξεις ΓΔ. Στην παρούσα εργασία, εξετάστηκε η εντομοκτόνη δράση 3 εμπορικώς διαθέσιμων ΓΔ, που εφαρμόστηκαν μόνες ή σε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς στο σίτο και τον αραβόσιτο κατά των *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae),

Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae).

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σκευάσματα. Τα σκευάσματα γης διατόμων που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα ήταν τα: Insecto, PyriSec και Protect-It. Το Insecto (Insecto Natural Products Inc., Costa Mesa, CA, USA) είναι σκευάσμα γης ΓΔ θαλασσίου προελεύσεως περιέχον 86,7 % SiO₂ και 10 % πρόσθετες ουσίες (Subramanyam et al. 1994). Το PyriSec (Agrinova GmbH, Obrigheim/Mühlheim Germany) περιέχει φυσικό πύρεθρο 1,2 %, piperomyl butoxide 3,1 % και 88 % SiO₂ (Athanassiou et al. 2004). Το Protect-It (Hedley Technologies Inc., Mississauga, Ontario, Canada) είναι ένα σκευάσμα ΓΔ περιέχον 83.7 % SiO₂ με 10 % κρυσταλλικό πυρίτιο (Korunic and Fields 1995).

Προϊόντα. Για τον πειραματισμό χρησιμοποιήθηκαν σπόροι σκληρού σίτου (ποικιλία Mexa), και αραβοσίτου (ποικιλία Δίας) οι οποίοι δεν είχαν δεχθεί επεμβάσεις. Η περιεκτικότητα των οχτώ δημητριακών σε υγρασία, όπως καθορίστηκε από τον μετρητή υγρασίας Dickey-John (Dickey – John Multigrain CAC II, Dickey-John Co, USA) ήταν περίπου 11.5 %.

Έντομα. Τα ακμαία άτομα *S. oryzae* και *R. dominica* που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές ελήφθησαν σε σκληρό σίτο στους 27 ± 1 °C και 65 ± 5 % Σ.Υ. Τα ακμαία άτομα *T. confusum* ελήφθησαν από εκτροφές σε αλεύρι σίτου στο οποίο είχε προστεθεί 5 % κ.β. ζυθοζύμη σε συνθήκες 28 ± 1 °C και 65 ± 5 % Σ.Υ. Όλα τα άτομα που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα ήταν ηλικίας < 2 εβδομάδων.

Βιοδοκιμές. Οι εκθέσεις πραγματοποιήθηκαν στους 26 °C, και με Σ.Υ. 65 %. Από κάθε προϊόν, τοποθετήθηκαν 22 ποσότητες του 1 Kg εντός κυλινδρικών υαλίνων βάζων (16 cm διάμετρος, 28 cm ύψος). Ένα από τα βάζα χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυς, και τα άλλα διαιρέθηκαν σε 3 ομάδες 7 βάζων καθ' ένα. Στην πρώτη ομάδα, τα βάζα που περιείχαν προϊόν με προσθήκη των τριών Γ.Δ, κάθε μιας μόνης ή σε

όλους τους πιθανούς συνδυασμούς (Insecto, PyriSec, Protect-It, Insecto + PyriSec, Insecto + Protect-It, PyriSec + Protect-It, Insecto + PyriSec + Protect-It). Σε κάθε γυάλα, η δόση γης διατόμων ήταν 0,25 g/ Kg σίτου ή αραβοσίτου. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε στη 2^α και στην 3^η ομάδα βάζων, αλλά σε αυτές τις περιπτώσεις η δόση της ΓΔ ήταν 0,5 και 0,75 g/ Kg προϊόντος, αντιστοίχως. Όλες οι γυάλες ανακινήθηκαν για 5 λεπτά περίπου έτσι ώστε να επιτευχθεί όμοια κατανομή της σκόνης σε ολόκληρη τη μάζα του προϊόντος. Κατόπιν, ελήφθησαν 4 επαναλήψεις, των 50gr εκάστη, από κάθε βάζο, και κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε υάλινο κυλινδρικό φιαλίδιο (7 cm διάμετρος, 12 cm ύψος), τα οποία κλείστηκαν έχοντας μόνο μια οπή διαμέτρου 3 cm στη κορυφή και η οποία καλυπτόταν με μουσελίνα (τούλι). Κατόπιν, εισήχθησαν σε κάθε φιαλίδιο από 50 ακμαία άτομα *R. dominica* και όλα τα φιαλίδια τοποθετήθηκαν εντός θαλάμων ελεγχόμενων συνθηκών στις προαναφερθείσες συνθήκες. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και στην περίπτωση των ακμαίων τατόμων *S. oryzae* και *T. confusum* με τη λήψη προσθέτων σειρών 4 επαναλήψεων από κάθε βάζο. Μετά από 7 ημέρες καταμετρήθηκε η θνησιμότητα των ακμαίων στα φιαλίδια. Η όλη διαδικασία επαναλήφθηκε τρεις φορές, με προετοιμασία νέων ποσοτήτων του 1 Kg σίτου ή αραβόσιτου κάθε φορά. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου το επίπεδο της Σ.Υ. διατηρήθηκε με τη χρήση των κεκορεσμένων αλάτων χλωριούχου νατρίου, όπως προτείνεται από τον Greenspan (1977). Η θερμοκρασία και η υγρασία κατά τη διάρκεια των βιοδοκιμών ελεγχόταν με τη χρησιμοποίηση ψηφιακών οργάνων καταγραφής HOBO (HOBO H8, Onset Computers, USA). Γενικώς, η Σ.Υ. και η θερμοκρασία ήταν σταθερές κατά τη διάρκεια όλης της πειραματικής περιόδου.

Στατιστική ανάλυση. Γενικώς, και για τα 3 εξετασθέντα είδη εντόμων, η θνησιμότητα στους μάρτυρες ήταν πολύ χαμηλή αλλά όπου θεωρήθηκε απαραίτητο,

η θνησιμότητα διορθώθηκε κατά Abbot (1925). Τα στοιχεία αναλύθηκαν, χωριστά για κάθε είδος, με τη χρησιμοποίηση του GLM Procedure of SAS (SAS Institute 1995), με τη θνησιμότητα των εντόμων ως μεταβλητή, με το σκεύασμα ΓΔ, τα προϊόντα και τις δόσεις ως κύριες επιδράσεις. Για τη σύγκριση των μέσων χρησιμοποιήθηκε η Tukey - Kramer (HSD) est, $P = 0,05$ (Sokal and Rohlf 1995).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

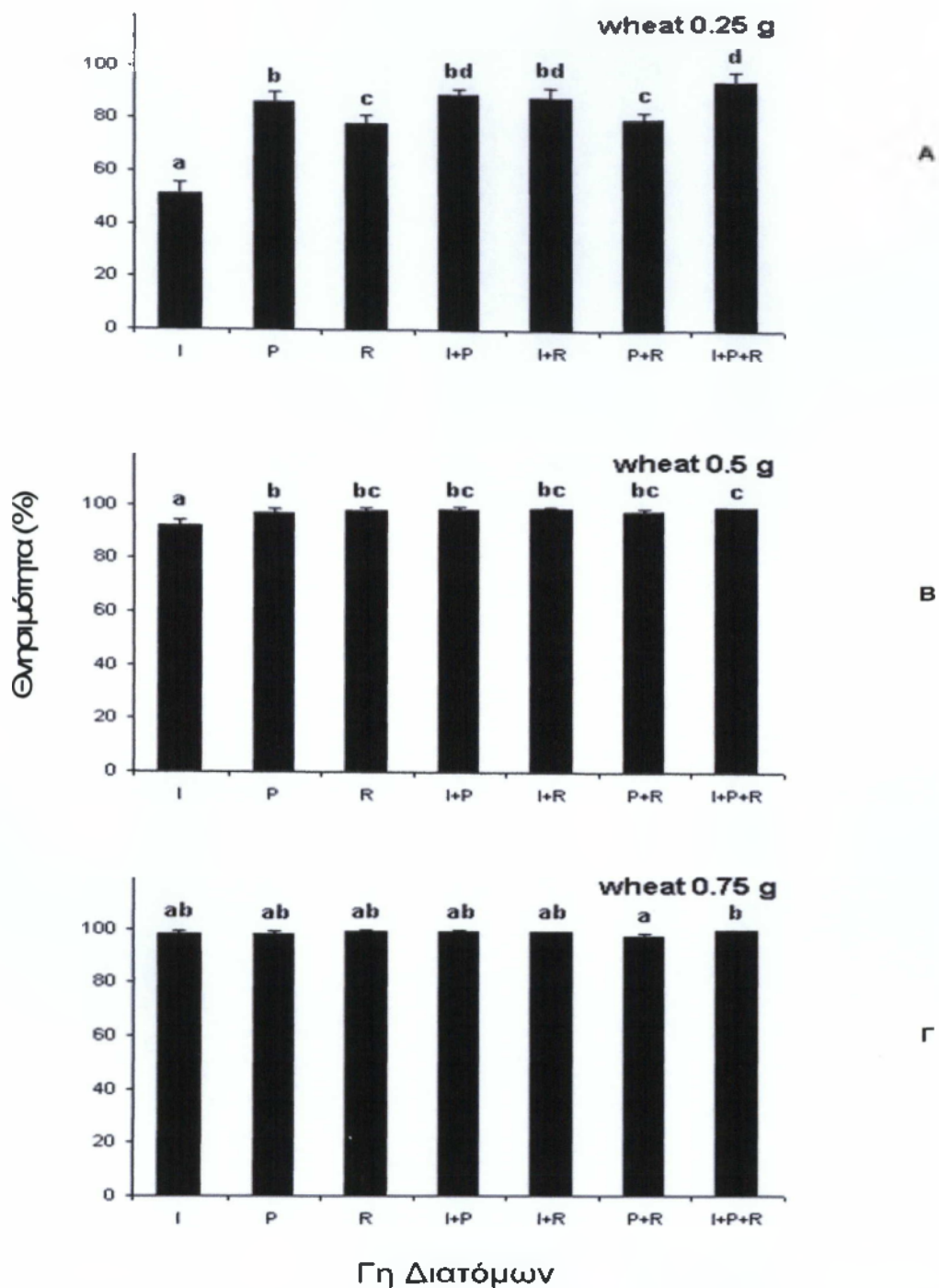
Θνησιμότητα του *R. dominica*. Όλες οι κύριες επιδράσεις και όλες οι αλληλεπιδράσεις ήταν σημαντικές σε επίπεδο $P < 0,0001$ (Πίν. IV). Γενικώς, η θνησιμότητα των εκτεθέντων ακμαίων *R. dominica* ήταν υψηλότερη στο σίτο απ' ότι στον αραβόσιτο (Εικ. 19, 20). Η θνησιμότητα ήταν σημαντικώς χαμηλότερη όταν το Insecto εφαρμόστηκε μόνο του, εν συγκρίσει με τις άλλες εφαρμογές (Εικ. 19Α, 20Α). Επιπροσθέτως, βρέθηκαν σημαντικώς περισσότερα νεκρά άτομα στο σίτο όπου με το μίγμα των 3 σκευασμάτων, εν συγκρίσει με τις άλλες περιπτώσεις, με εξαίρεση τους συνδυασμούς Insecto + PyriSec και Insecto + Protect-It (Εικ. 19Α). Για τον αραβόσιτο με την χαμηλότερη δόση ΓΔ, με εξαίρεση το Insecto, η θνησιμότητα των ακμαίων κυμάνθηκε μεταξύ 79 – 89 % (Εικ. 20Α).

Πίνακας IV. Παράμετροι ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και τις αλληλεπιδράσεις για το *R. dominica* (df = 503).

Πηγή	df	F	P
ΓΔ	6	121.92	<0.0001
Προϊόν	1	308.43	<0.0001
Δόση	2	348.85	<0.0001
ΓΔ* Προϊόν	6	8.93	<0.0001
ΓΔ * Δόση	12	21.06	<0.0001
Προϊόν * Δόση	2	76.12	<0.0001

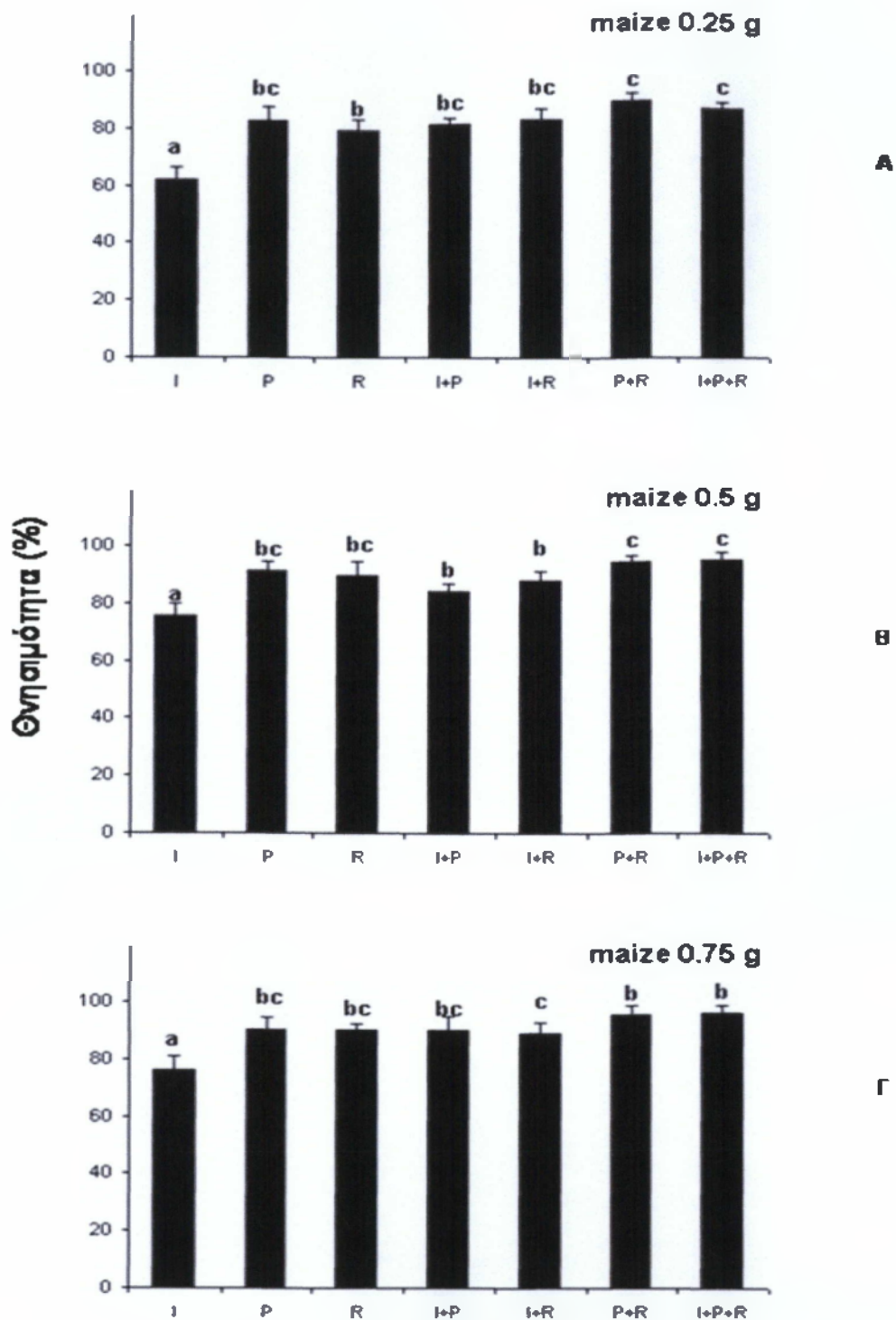
Στη δόση 0,5 g, η εφαρμογή μόνον του Insecto, ήταν λιγότερο αποτελεσματική από τις άλλες περιπτώσεις και για το σίτο και για τον αραβόσιτο (Εικ. 19B, 20B). Για όλα τα άλλα σκευάσματα γης διατόμων, η θνησιμότητα στο σίτο ήταν > 97 %, αλλά έφθασε και στο 100% μόνο στην περίπτωση της ταυτοχρόνου παρουσίας των 3 ΓΔ (Εικ. 19B). Ομοίως, στον αραβόσιτο η θνησιμότητα των ακμαίων υπερέβη το 95 % μόνο στην περίπτωση της παρουσίας και των 3 σκονών (Εικ. 20B).

Στο σίτο με την υψηλότερη δόση, η θνησιμότητα ήταν ≥ 98 % σε όλες τις περιπτώσεις, αλλά έφθασε το 100% μόνο στην περίπτωση και των 3 ΓΔ (Εικ. 19Γ). Στον αραβόσιτο, η θνησιμότητα ήταν σημαντικώς χαμηλότερη στην περίπτωση με το Insecto απ' ότι με τα άλλα σκευάσματα ΓΔ (Εικ. 20Γ). Στις άλλες περιπτώσεις η θνησιμότητα των ακμαίων κυμάνθηκε μεταξύ 89 - 96 %.



Εικ. 19.

Μέση (%) θνησιμότητα (\pm SE) των ακμαίων *R. dominica* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε σίτο φέρων Insecto, PyriSec και Protect-It, μόνα τους ή σε συνδυασμό, σε τρεις δόσεις (I: Insecto, P: PyriSec, R: Protect-It; για κάθε προϊόν και δόση, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν είναι σημαντικώς διαφορετικοί HSD test $P < 0,05$).



Εικ. 20. Γη Διατόμων

Μέση (%) θνησιμότητα (\pm SE) των ακμαίων *R. dominica* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε αραβόσιτο φέρων Insecto, PyriSec και Protect-It, μόνα τους ή σε συνδυασμό, σε τρεις δόσεις (I: Insecto, P: PyriSec, R: Protect-It; ; για κάθε προϊόν και δόση, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν είναι σημαντικώς διαφορετικοί HSD test $P < 0,05$).

Θνησιμότητα του *S. oryzae*. Όλα οι κύριες επιδράσεις και όλες οι αλληλεπιδράσεις ήσαν σημαντικές σε επίπεδο $P < 0,0001$ (Πίν. V). Σε σίτο που εφαρμόστηκε η χαμηλότερη δόση γης διατόμων, το Insecto ήταν λιγότερο αποτελεσματικό σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις, δεδομένου ότι η θνησιμότητα ήταν $< 46 \%$ (Εικ. 21A). Σε όλους τις άλλες ΓΔ η θνησιμότητα ήταν $> 97 \%$, αλλά έφθασε το 100% μόνο στην περίπτωση του σίτου με τις 3 ΓΔ. Αντιθέτως, στον αραβόσιτο που εφαρμόστηκε η χαμηλότερη δόση ΓΔ, η θνησιμότητα ήταν εξαιρετικώς χαμηλή, και υπερέβη το 10% μόνο στην περίπτωση του συνδυασμού και των 3 ΓΔ (Εικ. 22A).

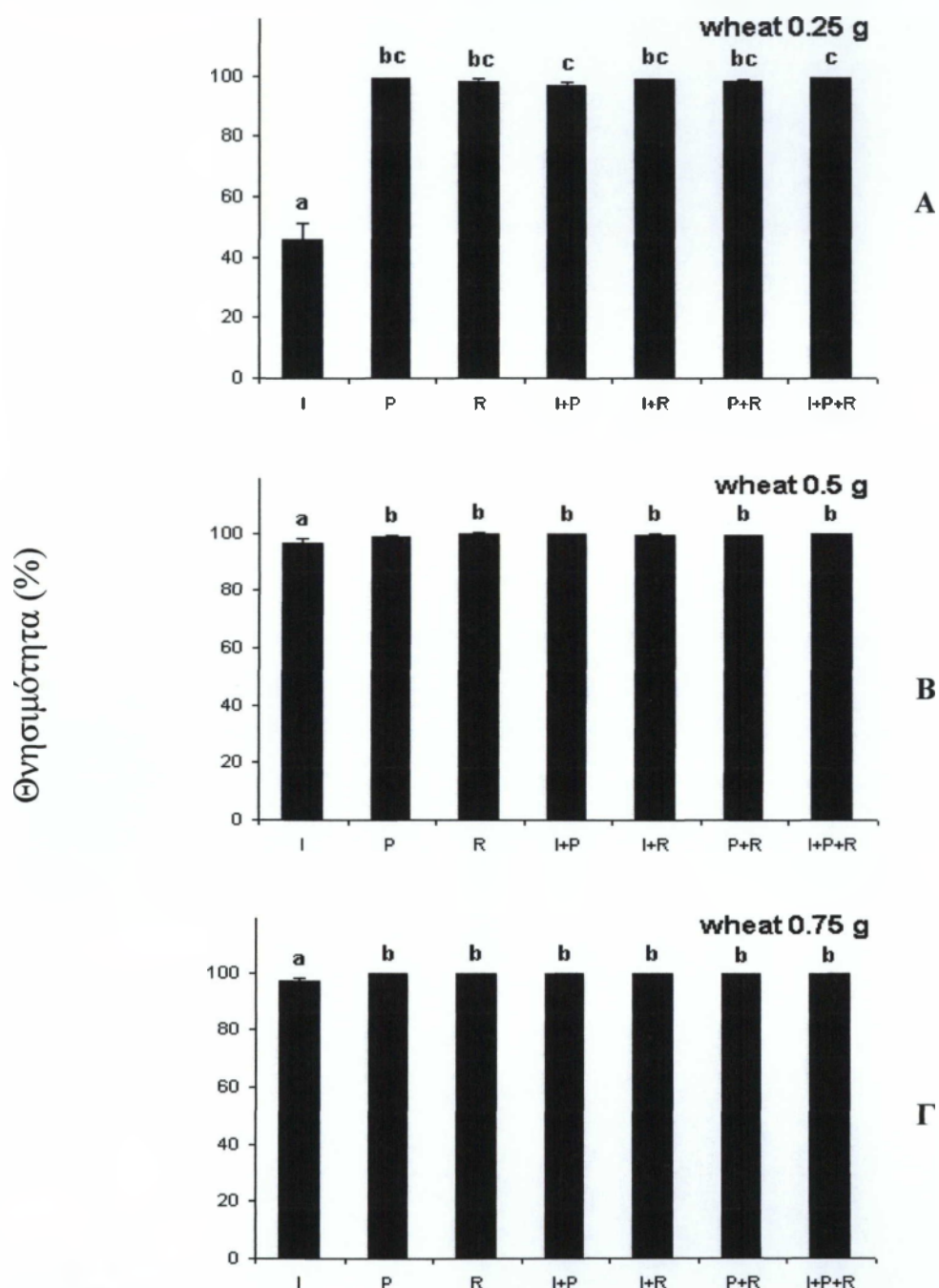
Πίνακας V. Παράμετροι ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και τις αλληλεπιδράσεις για το *S. oryzae* ($df = 503$).

Πηγή	df	F	P
ΓΔ	6	53.29	<0.0001
Προϊόντα	1	5073.27	<0.0001
Δόση	2	250.50	<0.0001
ΓΔ* Προϊόντα	6	18.69	<0.0001
ΓΔ * Δόση	12	10.55	<0.0001
Προϊόντα * Δόση	2	133.65	<0.0001

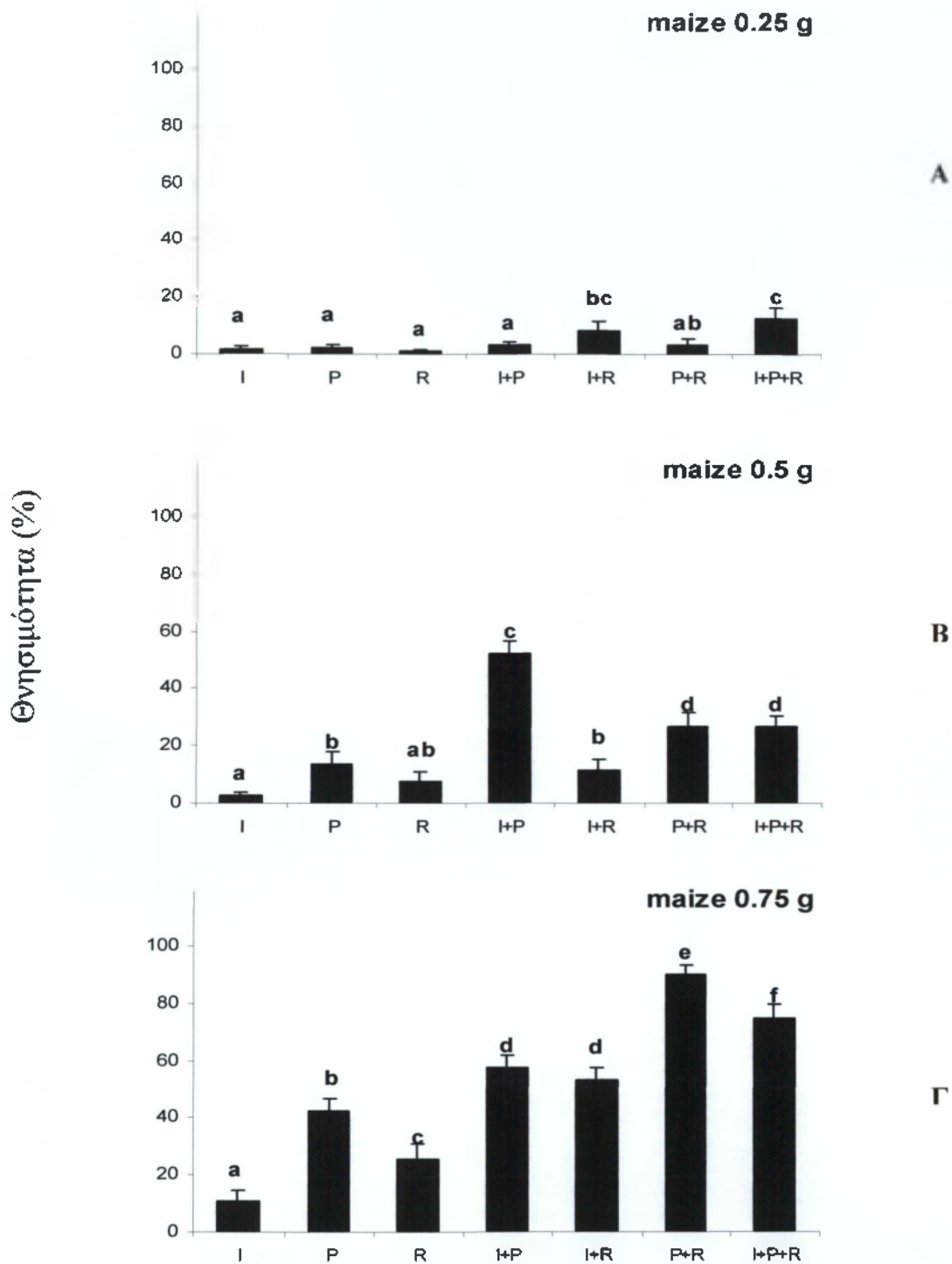
Στο σίτο που εφαρμόστηκαν $0,5 \text{ gr}$ γης διατόμων, $> 99 \%$ των εκτεθέντων ακμαίων ήσαν νεκρά, με εξαίρεση το Insecto, όπου το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 97% (Εικ. 21B). Στον αραβόσιτο, η θνησιμότητα του *S. oryzae* ήταν ακόμα χαμηλή, ειδικώς στην περίπτωση της παρουσίας μίας μόνο ΓΔ (Εικ. 422B). Σε αυτά τα προϊόντα, ήταν νεκρά σημαντικώς περισσότερα ακμαία στο συνδυασμό Insecto + PyriSec, εν συγκρίσει με τις άλλες ΓΔ.

Τέλος, στο σίτο με την υψηλότερη δόση ΓΔ, όλα τα ακμαία του *S. oryzae* ήσαν νεκρά, με εξαίρεση το Insecto, όπου η θνησιμότητα ήταν 97% (Εικ. 21Γ). Για τον αραβόσιτο, η θνησιμότητα ήταν αυξημένη εν συγκρίσει με τις άλλες δόσεις (Εικ. 22Γ). Εντούτοις, σημαντικώς λιγότερα άτομα ήσαν νεκρά στον αραβόσιτο με μόνο 1

ΓΔ, εν συγκρίσει με τον αραβόσιτο φέρων μίγματα 2 ή 3 ΓΔ. Επίσης, σημαντικώς περισσότερα ακμαία άτομα *S. oryzae* πέθαναν στον αραβόσιτο με PyriSec + Protect-It ή με τα 3 σκευάσματα μαζί εν συγκρίσει με τις άλλους συνδυασμούς.



Εικ. 21. Γη Διατόμων
Μέση (%) θνησιμότητα (\pm SE) των ακμαίων *S. oryzae* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε σίτο φέρων Insecto, PyriSec και Protect-It, μόνα τους ή σε συνδυασμό, σε τρεις δόσεις (I: Insecto, P: PyriSec, R: Protect-It; ; για κάθε προϊόν και δόση, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν είναι σημαντικώς διαφορετικοί HSD test $P < 0,05$).



Εικ. 22. Γη Διατόμων

Μέση (%) θνησιμότητα (\pm SE) των ακμαίων *S. oryzae* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε αραβόσιτο φέρων Insecto, PyriSec και Protect-It, μόνα τους ή σε συνδυασμό, σε τρεις δόσεις (I: Insecto, P: PyriSec, R: Protect-It; για κάθε προϊόν και δόση, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν είναι σημαντικώς διαφορετικοί HSD test $P < 0,05$).

Θνησιμότητα του *T. confusum*. Όλες οι κύριες επιδράσεις και όλες οι αλληλεπιδράσεις ήσαν σημαντικές σε επίπεδο $P < 0,0001$ (Πίν. VI). Γενικώς, για αυτό το είδος, η θνησιμότητα ήταν αξιοσημείωτα χαμηλότερη εν συγκρίσει με το *R. dominica* και το *S. oryzae* (Εικ. 23, 24). Ως εκ τούτου, στο σίτο με τη χαμηλότερη δόση σκόνης, η θνησιμότητα δεν υπερέβη 34 % (Εικ. 23A). Μεταξύ των σκευασμάτων που εφαρμόστηκαν μόνα, το Protect-It ήταν αποτελεσματικότερο από το PyriSec ή το Insecto. Εντούτοις, οι συνδυασμοί ΓΔ, με εξαίρεση το συνδυασμό Insecto + PyriSec, ήσαν αποτελεσματικότεροι από τις ΓΔ μόνες τους. Στον αραβόσιτο με 0,25 g ΓΔ, η θνησιμότητα δεν υπερέβη το 8 % (Εικ. 24A).

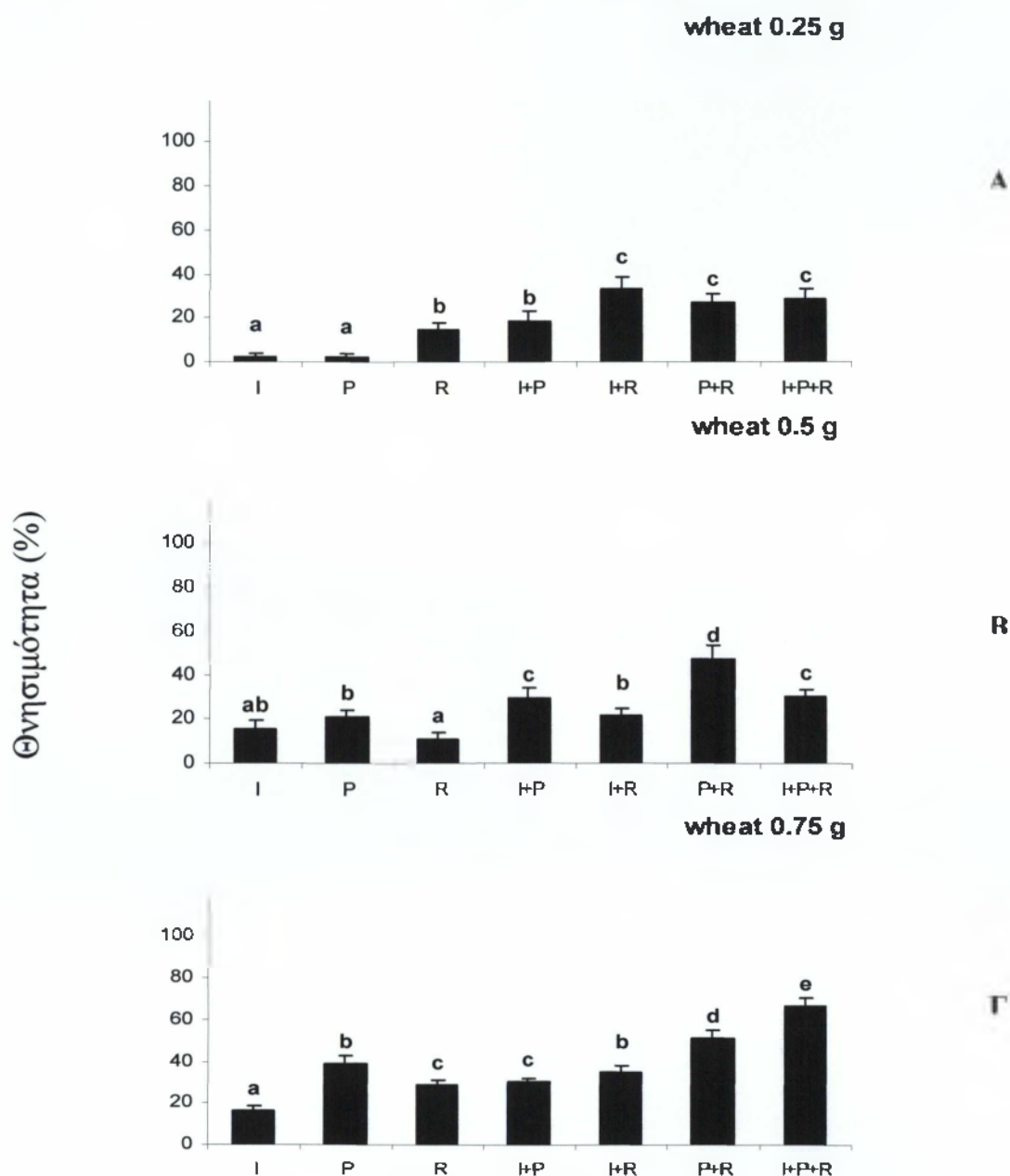
Πίνακας VI. Παράμετροι ANOVA για τις κύριες επιδράσεις και τις αλληλεπιδράσεις για το *T. confusum* (df = 503).

Πηγή	df	F	P
ΓΔ	6	73.58	<0.0001
Προϊόν	1	617.36	<0.0001
Δόση	2	76.34	<0.0001
ΓΔ * Προϊόν	6	33.49	<0.0001
ΓΔ * Δόση	12	9.79	<0.0001
Προϊόντα * Δόση	2	33.01	<0.0001

Στο σίτο με 0,5 g ΓΔ, σημαντικώς περισσότερα άτομα *T. confusum* ήσαν νεκρά στην περίπτωση του συνδυασμού PyriSec +Protect-It, απ' ότι στις άλλες περιπτώσεις (Εικ. 23B). Εντούτοις, ακόμη και σε αυτόν τον συνδυασμό η θνησιμότητα ήταν < 48 %. Η αύξηση της δόσεως από 0,25 έως 0,5 g αύξησε τη θνησιμότητα στον αραβόσιτο, αλλά η επιβίωση των ακμαίων ήταν ακόμα υψηλή (> 80 %) (Εικ. 24B). Σημαντικώς περισσότερα ακμαία ήσαν νεκρά στο σίτο με τα 3 σκευάσματα, εν συγκρίσει με τους άλλους συνδυασμούς.

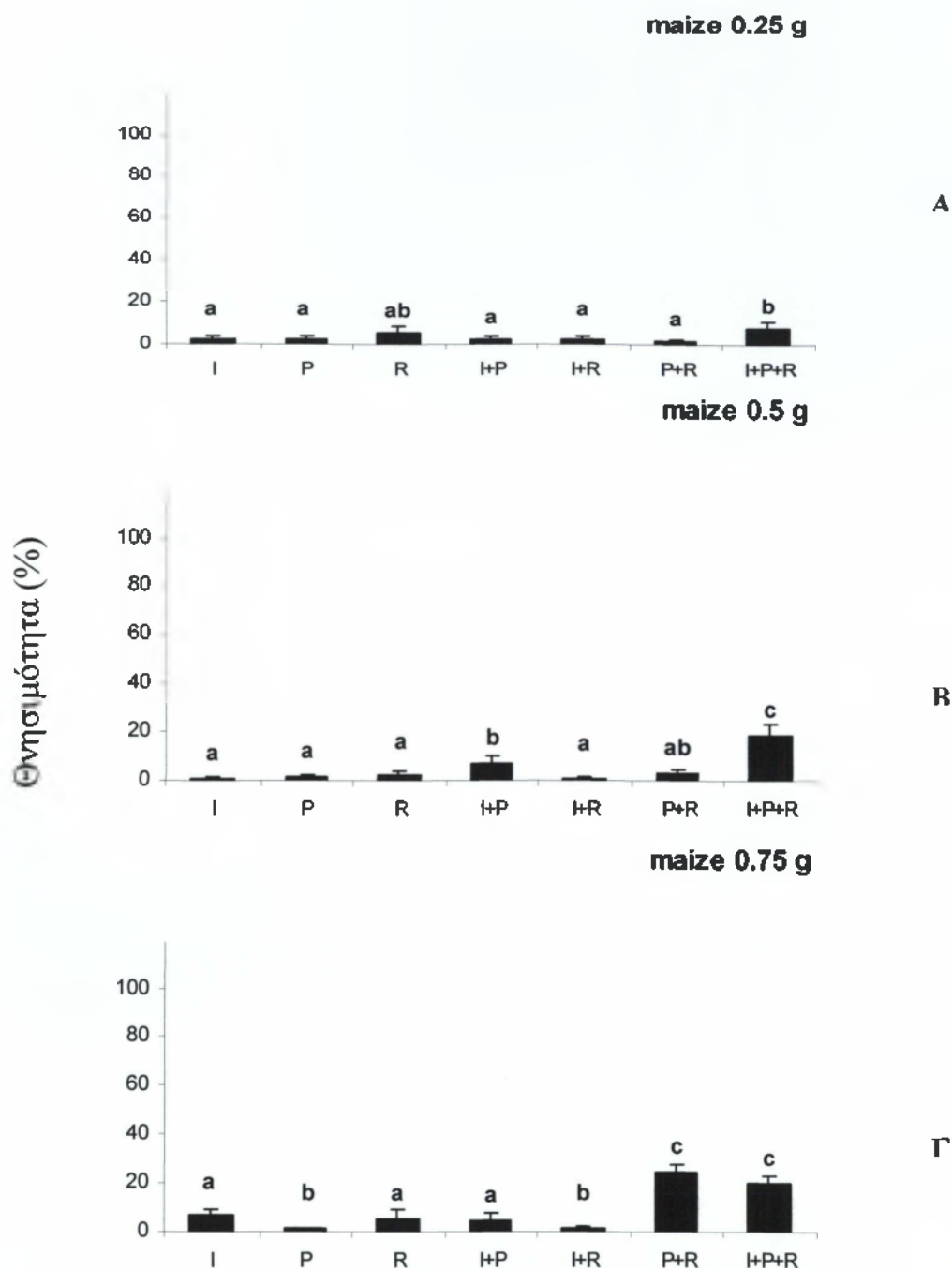
Στις υψηλότερες δόσεις, σημαντικώς περισσότερα ακμαία ήσαν νεκρά στο σίτο με τις 3 ΓΔ, απ' ότι στις άλλες περιπτώσεις (Εικ. 23Γ). Σε αυτά τα προϊόντα, η θνησιμότητα κυμάνθηκε μεταξύ 16 και 67 %. Για την ίδια δόση στον αραβόσιτο, η

θνησιμότητα ήταν σημαντικώς υψηλότερη στην περίπτωση του μίγματος των 3 ΓΔ και για το συνδυασμό PyriSec + Protect-It απ' ότι στις άλλες περιπτώσεις (Εικ. 24Γ), αλλά η θνησιμότητα δεν υπερέβη το 25 % για οποιοδήποτε σκεύασμα.



Εικ. 23. Γη Διατόμων

Μέση (%) θνησιμότητα (\pm SE) των ακμαίων *T. confusum* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε σίτο φέρων Insecto, PyriSec και Protect-It, μόνα τους ή σε συνδυασμό, σε τρεις δόσεις (I: Insecto, P: PyriSec, R: Protect-It; για κάθε προϊόν και δόση, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν είναι σημαντικά διαφορετικοί. HSD test P < 0,05)



Εικ. 24. Γη Διατόμων
 Μέση (%) θνησιμότητα (\pm SE) των ακμαίων *T. confusum* εκτεθέντων επί 7 ημέρες σε αραβόσιτο φέρων Insecto, PyriSec και Protect-It, μόνα τους ή σε συνδυασμό, σε τρεις δόσεις (I: Insecto, P: PyriSec, R: Protect-It; για κάθε προϊόν και δόση, οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν είναι σημαντικώς διαφορετικοί HSD test $P < 0,05$).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Διάφορες μελέτες τεκμηριώνουν ότι η ΓΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς κατά ειδών εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων, αλλά η παρούσα είναι η πρώτη μελέτη όπου διάφορα σκευάσματα ΓΔ συνδυάζονται από κοινού. Γενικώς, το μίγμα Insecto + RypitSec + Protect-It έδωσε παρόμοια ή ακόμα και καλύτερα επίπεδα θνησιμότητας σε σύγκριση με την αυτόνομη χρήση κάθε μιας από τις ανωτέρω ΓΔ. Συνεπώς, η παρουσία ενός συγκεκριμένου σκευάσματος ΓΔ με ένα άλλο δεν επιδρά αρνητικώς, τουλάχιστον για τις εξετασθείσες περιπτώσεις, γεγονός που σημαίνει ότι τα συγκεκριμένα σκευάσματα θα μπορούσαν να συνδυαστούν επιτυχώς σε δημητριακά. Διάφοροι παράγοντες, βιοτικοί και αβιοτικοί, μπορούν να μειώσουν την δραστηριότητα της ΓΔ. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν τα είδη των εντόμων, τη θερμοκρασία, την υγρασία, τα προϊόντα, τη δόση, το διάστημα εκθέσεως. Όλα αυτά έχουν ήδη εξεταστεί (Korunic 1998, Subramanyam and Roesli 2000, Arthur 2000, Fields and Korunic 2000, Athanassiou et al. 2003, 2004, 2005, Athanassiou and Kavallieratos 2005, Kavallieratos et al. 2005). Εντούτοις, υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι η φυλή του εντόμου είναι ένας από τους βασικούς που επηρεάζουν τη δραστηριότητα της ΓΔ. Οι Rigaux et al. (2001) πρώτοι παρατήρησαν ότι διαφορετικές φυλές του *T. castaneum* διαφέρουν ως προς στην ευαισθησία τους στο Protect-It. Επιπροσθέτως, οι Fields et al. (2003) κατά τη σύγκριση τεσσάρων σκευασμάτων ΓΔ κατά των ακμαίων *T. castaneum* και *S. oryzae*, βρήκαν ότι η επίδραση της ΓΔ ήταν διαφορετική μεταξύ πληθυσμών από διαφορετικά μέρη του κόσμου. Επίσης, οι Arnaud et al. (2005), βρήκαν πως η επίδραση αρκετών εμπορικώς διαθέσιμων σκευασμάτων ΓΔ διέφεραν μεταξύ των φυλών του *T. castaneum*, και μια ΓΔ που ήταν αποτελεσματική εναντίων μίας συγκεκριμένης φυλής, ήταν αναποτελεσματική εναντίων κάποιας άλλων φυλών. Σε αυτή τη μελέτη, οι συγγραφείς πρότειναν ότι ένα μίγμα σκευασμάτων ΓΔ θα μπορούσε να μειώσει αυτήν την παραλλακτικότητα. Το γεγονός πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν όταν σχεδιάζεται μια στρατηγική βασισμένη στη χρήση ΓΔ, δεδομένου ότι διαφορές στην συμπεριφορά της ΓΔ είναι πιθανό να εμφανιστούν ακόμη και στην περίπτωση των ευαίσθητων στη ΓΔ ειδών, ή ακόμα και μεταξύ των πληθυσμών των ίδιων ειδών από διαφορετικές τοποθεσίες.

Αν και όλες οι ΓΔ έχουν τον ίδιο τρόπο δράσεως, και η αποτελεσματικότητά τους δεν επηρεάζεται πολύ από τα είδη των διατόμων, τη χημική σύνθεση και την προέλευση της ΓΔ (Korunic 1997, 1998), οι διαφορετικές πρόσθετες ουσίες που

περιέχονται στα εμπορικά διαθέσιμα σκευάσματα ΓΔ μπορούν να θεωρηθούν ως η κύρια αιτία για τα διαφορετικά επίπεδα αποτελεσματικότητας. Στην παρούσα περίπτωση, τα τρία χρησιμοποιηθέντα σκευάσματα ΓΔ επιλέχτηκαν συμφώνως προς αυτό το χαρακτηριστικό. Ως εκ τούτου, το Insecto περιέχει προσθετικά τροφής, το PyriSec περιέχει φυσικό πύρεθρο και η Protect-It περιέχει silica aerogel. Συνεπώς, εκτός από το περιεχόμενο SiO₂, που είναι καθοριστικό για τη δραστηριότητα της ΓΔ και είναι υπεύθυνο για τον τρόπο δράσεως της ΓΔ (Korunic 1997), όλες οι χρησιμοποιούμενες πρόσθετες ουσίες διαφοροποιούν την εντομοκτόνο δράση ενός δεδομένου σκευάσματος ΓΔ. Ο συνδυασμός όλων αυτών των προσθέτων ουσιών σε ένα νέο σκεύασμα ΓΔ μπορεί να μειώσει την παραλλακτικότητα στην επίδραση της. Επίσης, κατ' αυτό τον τρόπο, οι παραλλακτικότητες στην αποτελεσματικότητα μεταξύ διαφορετικών ΓΔ μπορούν να μειωθούν ουσιαστικά.

Εκτός από τις διαφορές μεταξύ των φυλών, τα εμπορικά διαθέσιμα σκευάσματα ποικίλλουν εντυπωσιακά ως προς την αποτελεσματικότητά τους μεταξύ των διαφορετικών ειδών εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα (Subramanyam and Roesli 2000, Fields and Korunic 2000, Fields et al. 2003, Athanassiou et al. 2004). Οι παραλλακτικότητες μεταξύ των ειδών είναι σημαντικότερες από τις παραλλακτικότητες μεταξύ των φυλών, δεδομένου ότι περισσότερα του ενός είδους συνυπάρχουν συνήθως στις εγκαταστάσεις αποθηκεύσεως και συμολύνοντας το προϊόν. Επίσης, η κατάταξη της ευαισθησίας ειδών σε ένα δεδομένο σκεύασμα ΓΔ είναι πιθανό να είναι διαφορετική εάν εξετάζονται διαφορετικά προϊόντα (Subramanyam and Roesli 2000, Athanassiou et al. 2003, 2004, Kavallieratos et al. 2005). Στην παρούσα περίπτωση, στο σιτάρι, το *S. oryzae* είναι το πιο ευαίσθητο είδος, ακολουθούμενο από το *R. dominica* και το *T. confusum*. Το τελευταίο είναι ίσως το πλέον ανθεκτικότερο είδος στη ΓΔ που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα δημητριακά (Arthur 2000, Vayias and Athanassiou 2004, Athanassiou et al. 2005). Αφ' ετέρου, στον αραβόσιτο, το *R. dominica* ήταν το πιο ευαίσθητο είδος, ακολουθούμενο από το *S. oryzae* και το *T. confusum*. Γενικώς, οι ΓΔ είναι λιγότερο αποτελεσματικές στον αραβόσιτο απ' ό τι στο σίτο (Subramanyam and Roesli 2000, Athanassiou et al. 2003, Athanassiou and Kavallieratos 2005, Kavallieratos et al. 2005). Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, όπως το επίπεδο διατήρησης της ΓΔ στους σπόρους, και το αναπαραγωγικό δυναμικό που έχει ένα είδος εντόμου σε δεδομένο προϊόν. Για παράδειγμα, οι Athanassiou and Kavallieratos (2005) και οι Kavallieratos et al. (2005) αναφέρουν ότι

ο βαθμός προσκολλησεως των σκευασμάτων SilicoSec, PyriSec και Insecto ήταν σημαντικώς χαμηλότερος στον αραβόσιτο απ' ό τι στο σίτο.

Στη περίπτωση του *R. dominca*, όταν τα σκευάσματα εφαρμόστηκαν μόνα τους, το PyriSec και το Protect-It ήταν περισσότερο αποτελεσματικά από ότι το Insecto και για τα δύο προϊόντα που εξετάστηκαν. Εντούτοις, όταν το Insecto αναμίχθηκε με το PyriSec ή το Protect-It, ή ακόμη και με τα δύο, η αποτελεσματικότητα ήταν αξιοσημείωτα αυξημένη. Ομοίως, το PyriSec ήταν αποτελεσματικότερο από τις άλλες δύο ΓΔ στον αραβόσιτο κατά του *S. oryzae* αλλά σχεδόν όλοι οι συνδυασμοί, με ή χωρίς PyriSec, αποδείχθηκαν ανώτεροι από την εφαρμογή μιας μόνο σκόνης γης διατόμων. Αν και το *T. confusum* είχε πολύ χαμηλή θνησιμότητα σε όλους τους συνδυασμούς, οι μίξεις ΓΔ, όπως αναφέρεται ανωτέρω, ήταν σαφώς αποτελεσματικότερες από την εφαρμογή μιας μόνο σκόνης. Αυτό φάνηκε περισσότερο στην περίπτωση της χαμηλότερης δόσεως, υποδηλώνοντας ότι ο συνδυασμός ΓΔ μπορεί να δημιουργήσει αποτελεσματικότερες ΓΔ στις χαμηλότερες δόσεις. Γενικώς, ένα από τα κύρια μειονεκτήματα στη χρήση ΓΔ είναι ότι εφαρμόζονται σε υψηλές δόσεις, οι οποίες ενδέχεται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στο ειδικό βάρος των σιτηρών (Korunic 1998). Γενικώς, οι ΓΔ που εφαρμόζονται σε δόσεις > 1000 ppm (> 1g/ Kg προϊόντος) δεν είναι πλέον αποδεκτές (Subramanyam and Roesli 2000).

Συμπερασματικώς, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν ότι η συνδυασμένη εφαρμογή περισσότερων του ενός σκευάματος ΓΔ είναι προτιμότερη από την εφαρμογή ενός μόνο. Ο συνδυασμός σκευασμάτων ΓΔ λαμβάνει τα θετικά χαρακτηριστικά που κάθε σκεύασμα.. Για παράδειγμα, η παρουσία προσθετικών τροφής που μπορεί να προκαλέσει εσωτερική αφυδάτωση μπορεί να συνδυαστεί με την υψηλή λειαντική δύναμη κάποιου άλλου σκευάματος ΓΔ και την παρουσία μικρών δόσεων πυρεθροειδών που παρέχουν γρήγορη θνησιμότητα. Απαιτείται επιπλέον πειραματική εργασία ώστε να καθοριστεί α) ποια συστατικά έχουν συνεργιστική επίδραση σε ένα σκεύασμα ΓΔ και β) η φυσιολογική βάση ενός τέτοιου συνεργισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbot, W. S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Aldryhim, Y. N. 1991.** Efficacy of the amorphous silica dust, dryacide, against *Tribolium castaneum* (du Val) and *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: enebrionidae and Curculionidae). *Journal of Stored Products Research* 26, 207-210.
- Aldryhim, Y. N. 1993.** Combination of classes of wheat and environmental factors affecting the efficacy of amorphous silica dust, dryacide, against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Stored Products Research* 29,271-275.
- Al-Kirshi A.G., H. Bushow, W.E. Burkholder and C. Reichmuth, 1996.** The biology of the parasitoid *Laelius pedatus* (Hymenoptera: Berthylidae), and its potential for the biological control of *Trogoderma granarium* and *Trogoderma angustum* (Coleoptera: Dermestidae). *Proceedings of th 20th International Congress of Entomology*, page 554, Florence, Italy
- Anonymous., 1986.** Silica and some silicates. *IARC Monograph Series: 42*, WHO, Lyons, 289.
- Anonymous.,1991.** EPA R.E.D. FACTS: Silicon dioxide and silica gel;. *21T-1021*, 1-4, Semptember 1991
- Anonymous., 1994.** Official United states standards for grain. *USDA Federal Grain Inspection Service* page 47.

- Arnaud, L., H. T. T. Lang, Y. Brostaux, and E. Haubruge. 2005.** Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. *J. Stored Prod. Res.* 41: 121-130.
- Arthur, H.F., 1997.** Differential effectiveness of deltamethrin dust on plywood, concrete and tile surfaces against three stored-product beetles. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 33 No 2 pages 167-173
- Arthur, F.H., 1992.** Recidual efficacy of chlorpyrifos methyl + bioresmethrin and chlorpyrifos methyl + resmethrin for controlling lesser grain borers (Coleoptera: Bostrychidae), rice weevils (Coleoptera:Curculionidae) in stored wheat. *J. Econ. Entomol.* 85, 570-575.
- Arthur, F.H., 1994.** efficacy of unsynergised deltamethrin and deltamethrin + chlorpyrifos methyl combinations as protectants of stored wheat corn (maize). *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 30: 87-94.
- Arthur, F.H., 1996.** Grain protectants : Current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 32: 293-302.
- Arthur, F.H., 1999.** Knockdown mortality and progeny production of lesser grain borers (Coleoptera: Bostrychidae) and rice weevils (Coleoptera:Curculionidae) exposed for short intervals on wheat treated with cyfluthrin. *J. Econ. Entomol.* 92, 1198-1205.
- Arthur, F. H., 2000.** Toxicity of diatomaceous earth to red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae): effects of temperature and relative humidity. *J. Econ. Entomol.* 93: 526-532.
- Arthur, F.H., 2001** Survival of *Sitophilus oryzae* (L.) on wheat treated with diatomaceous earth: impact of biological and environmental parameters on product efficacy. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 38 pages 305-314.

- Athanassiou C. G., and C. Th., Buchelos, 1993.** Dominance and frequency of Coleoptera found on stored cereal products in central Greece. *Entomol. Hell.* **11:** 17 - 22.
- Athanassiou, C.G., and N.G. Kavallieratos. 2005.** Insecticidal effect and adherence of PyriSec in different grain commodities. *Crop Prot.* 24: 703-710.
- Athanassiou, C.G., N.G. Kavallieratos, and N.S. Andris. 2004.** Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on oat, rye and triticale. *J. Econ. Entomol.* 97: 2160-2167.
- Athanassiou, C. G., N. G. Kavallieratos, F. C. Tsaganou, B. J. Vayias, C. B. Dimizas, and C. Th. Buchelos. 2003.** Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Prot.* 22: 1141-1147.
- Athanassiou, C. G., B. J. Vayias, C. B. Dimizas, N. G. Kavalieratos, A. S. Papagregoriou, and C. Th. Buchelos. 2005.** Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. *J. Stored Prod. Res.* 41: 47-55.
- Bartlett B.R. 1951.** The action of 'inert' dust materials on parasitic Hymenoptera. *Journal of Economic Entomology* 44, 891-896.
- Carlson S.D. and Ball H.J., 1962.** Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. *Journal of Economic Entomology* Volume 55 No. 6 pages 964-969.
- Desmarchelier J. M. and Dines J. C 1987.** Dryacide treatment of stored wheat: its efficacy against insects, and after processing. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 27, 309-312.

- Dowdy A.K. and Fields P.G., 2000.** Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mill. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 38 pages 11-22.
- Ebeling W., 1971.** Sorptive dust for pest control. *Annual Review of Entomology* Volume 16, pages 123-158.
- Evans N.J (1985).** The effectiveness of various insecticides on some resistant beetle pests of stored products from Uganda. *J. Stored Product* Volume 21 105-109.
- Fields, P., and Z. Korunic. 2000.** The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. *J. Stored Prod. Res.* 36: 1-13.
- Fields, P., S. Allen, Z. Korunic, A. McLaughlin, and T. Stathers. 2003.** Standardised testing for diatomaceous earth. pp. 779-784. *In* P. F. Credland, D. M. Armitage, C. H. Bell, P. M. Cogan and E. Highley [eds.], *Proceedings of the 8th International Conference on Stored-Product Protection, 22-26 July 2002, York, UK.* CAB International, Wallingford, Oxon.
- Flanders S. F. 1941.** Dust as an inhibiting factor in the reproduction of insects. *Journal of Economic Entomology* 34, 470-472.
- Greenspan, L. 1977.** Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *J. Res. N. Bur. Stand. A. Phys. Chem.* 81, 89-96.
- Kavallieratos, N.G., C.G. Athanassiou, F.G. Paschalidou, N.S. Andris, and Z. Tomanovic. 2005.** Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Manag. Sci.* (in press).
- Korunic, Z. 1997.** Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *J. Stored. Prod. Res.* 33: 219-229.
- Korunic, Z. 1998.** Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J. Stored Prod. Res.* 34: 87-97.

- Korunic, Z., and P. G. Fields. 1995.** Diatomaceous earth insecticidal composition. USA patent 5, 773, 017.
- Le Patourel G.N.J., 1986.** The Effect of grain Moisture content on the toxicity of a sorptive silica dust to four species of grain beetle. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 22 No. 2 pages 63-69.
- Loschiavo S.R., 1988 .** Safe method of using silica aerogel to control stored-product beetles in dwellings. *Journal of Economic Entomology* Volume 81 No.4 pages 1231-1240
- McGaughey, W. H., 1972.** Diatomaceous earth for confused flour beetle and rice weevil control in rough, brown and milled rice. *Journal of Economic Entomology* 65, 1427-1428.
- McGaughey, W. H., R. D. Speirs, and C. R. Martin. 1990.** Susceptibility of classes of wheat grown in the United States to stored-grain insects. *J. Econ. Entomol.*83: 1122-1127.
- Mewis, I., and Ch. Ulrichs. 2001.** Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Stored Prod. Res.* 37: 153-164.
- Mian L.S. and M. S. Mulla, 1982.** Residual activity on insect growth regulators against stored – product beetles in grain commodities. *Journal of Economic Entomology* 69, pages 479-480.
- Oberlander H., D. L. Silhaek, E. Shayya and I. Isayya, 1997.** Current status and future perspectives of the use of insect growth regulators for the control of stored product insects. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 33 No 1 pages 1-6

- Papadopoulou, Moulkidou E. and T. Tomazou., 1991.** Persistence and activity of permethrin in stored wheat and its residues in wheat milling fraction. *Journal of Stored Products Pests Research*. Volume 27 No 4 pages 249-254
- Perez-Mendoza J., Baker J.E., Arthur F.H. and Flinn P.W., 1999.** Effects of Protect-it on Efficacy of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing rice weevils (Coleoptera: Curculionidae) in wheat. *Environmental Entomology* Volume 28, No.3, pages 529-531.
- Prozell S., M. Schöller, C. Reichmuth, S.A. Hassan and B. Wührer, 1995.** Akzeptanz von *Trichogramma*- Freilassungen im Einzelhandel- Monitoring und Erfolgskontrolle. [Acceptance of *Trichogramma* releases in retail trade-monitoring and efficacy]. *Deutsche gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie Nachrichten* 9, 121
- Quarles W., 1992.** Diatomaceous earth for pest control. *IPM Practitioner* Volume 14, pages 1-11.
- Quarles W. and Winn P., 1996.** Diatomaceous earth and stored-product pests. *IPM Practitioner* Volume 18, pages 1-10.
- Rigaux, M., E. Haubruge, and P. G. Fields. 2001.** Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Entomol. Exp. Appl.* 101: 33-39.
- Round F. E., Crawford R. M. and Mann D.G., 1992.** The Diatoms. Biology & Morphology of the genera. *Cambridge University Press*, New York, USA.
- Sá-Fischer A. and M. Schöller, 1994.** Nachweis der Parasitierung von *Dermestes maculatus* durch *Trichogramma evanescens*. [Record of the parasitisation of *Dermestes maculatus* by *Trichogramma evanescens*]. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 9 ,161-164

- Samson, P. R., and R. J. Parker 1989.** Laboratory studies on protectants for control of Coleoptera in maize. *J. Stored Prod. Res.* 25 49-55.
- SAS Institute, 1995.** SAS user's guide: statistics. SAS Institute. Gary, NC.
- Shayya E., M.Kostjukovski, J.Eilberg and C. Sukprakarn, 1997.** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Pests. Research* Volume 33 No 1 pages 7-15.
- Smet H.J., M. Rans and A. De Loof, 1989.** Activity of new juvenil hormone analogues on a stored food insect, *Tribolium confusum*. *Journal of Stored Products Research* Volume 25, pages 165-169
- Sokal, R. R., and F. J. Rohlf. 1995.** Biometry (3rd Edition). Freedman and Company, New York.
- Staal G.B., 1975.** Insect growth regulators with juvenile hormone activity. *Annual Review of Entomology* Volume 20 pages 417-460
- Subramanyam B., 1993.** Chemical composition of Insecto. *Report of Department of Entomology. University of Minesota, St. Paul: M.N. Sept. 1993;4*
- Subramanyam, Bh., C. L. Swanson, N. Madamanchi, and S. Norwood. 1994.** Effectiveness of Insecto, a new diatomaceous earth formulation in suppressing several stored-grain insect species. pp. 650-659. *In* E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks and B. R. Champ [eds.], Proceedings of the 6th International Conference on Stored-Product Protection, 17-23 April 1994, CABI International, Canberra, Australia.
- Subramanyam, Bh., and R. Roesli. 2000.** Inert dusts. pp. 321-380. *In* Subramanyam, Bh. and D. W. Hagstrum [eds.], Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Vayias, B. J., and C. G. Athanssiou. 2004.** Factors affecting efficacy of the diatomaceous earth formulation SilicoSec against adults and larvae of the

confused beetle *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). Crop Prot. 23: 565-573.

White, N. D. G., and J. G. Leesch. 1996. Chemical Control, pp. 287-330. In Bh. Subramanyam and D. W. Hagstrum [eds.], Integrated management of insects in stored products. Marcel Decker, New York.

Zaidi, S.H.,1969. Experimental Pneumoconiosis. Johns Hopkins Press, Baltimore, MD.

Λυκουρέσης Δ.Π., 1995. Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση Εντόμων-Εχθρών Καλλιεργειών. (Πανεπιστημιακές παραδόσεις) σελίδες 69, 77

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

Ορφανίδης Π.Σ., 1968. Γεωργική Φαρμακολογία τόμος Α΄. Σελίδες 67-68

Ορφανίδης Π.Σ., 1968. Γεωργική Φαρμακολογία τόμος Β΄. Σελίδες 65- 68

Σταμόπουλος Δ.Κ., 1995. Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών & λαχανικών. Σελίδες 8-13

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

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