



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ  
ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟ ΜΥΚΗΤΑ, ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟ ΙΟ ΚΑΙ  
ΦΥΣΙΚΟ ΛΑΔΙ ΕΝΑΝΤΙΟΝ ΤΟΥ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ  
ΑΠΟΘΗΚΩΝ, *TRIBOLIUM CONFUSUM***



ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΨΑΘΑ

Επιβλέπων: ΔΡ. ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΝΤΖΟΥΚΑΣ

Άρτα, Οκτώβριος 2022

**TOXICITY OF POLYPHENOLS COMBINED ENTOMOPATHOGENIC  
FUNGUS, ENTOMOPATHOGENIC VIRUS  
AND NATURAL OIL AGAINST IMPORTANT STORED PEST *TRIBOLIUM  
CONFUSUM***

**Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή**  
Αρτα, 30/09/2022

## **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

1. Επιβλέπων καθηγητής

Σπυρίδωνα Μαντζούκας, Καθηγητή Εντομολογίας

2. Μέλος επιτροπής

Πατακιούτας Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής τοπίου

3. Μέλος επιτροπής

Παρασκευή Υφαντή, Ειδικό Εργαστηριακό Προσωπικό

© Ψαθά Παναγιώτα, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

## **Δήλωση μη λογοκλοπής**

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Ψαθά Παναγιώτα

Υπογραφή

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Για την πραγματοποίηση της πτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή εντομολογίας Δρα Σπυρίδων Μαντζούκα, αρχικά για την ανάθεση του θέματος καθώς και για τις πολύτιμες υποδείξεις του κατά την διάρκεια της συγγραφής, της εν λόγω εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, τον Κυρίο Πατακιούτα Γεώργιο, Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας και την Κυρία Παρασκευή Υφαντή Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό για τις χρήσιμες συμβουλές κατά την διεκπεραίωση της της πτυχιακής μου εργασίας. Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την κατανόηση και την στήριξη που μου επέδειξαν σε όλη τη διάρκεια της σταδιοδρομίας μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κάθε χρόνο, η γεωργική παραγωγή υφίσταται σημαντική απώλεια και υποβάθμιση της ποιότητάς της, ύστερα από προσβολή από έντομα αποθηκευμένων προϊόντων. Τα συνθετικά εντομοκτόνα αντιπροσωπεύουν μια έτοιμη, αποτελεσματική λύση ελέγχου παρασίτων, αν και με αρκετούς κινδύνους για το περιβάλλον και την υγεία του ανθρώπου. Υπό αυτό το πρίσμα και στο πλαίσιο της έρευνας για την ολοκληρωμένη διαχείριση των εντόμων, η παρούσα μελέτη εστιάζει στην πιθανή εντομοκτόνο δράση των πολυφαινολών σε πέντε δόσεις σε συνδυασμό με *Beauveria bassiana*, *Cydia pomonella* granulovirus και έλαιο πεύκου σε μία δόση έναντι του επιβλαβούς κολεόπτερου των αποθηκών, *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val. σε σπόρους σιταριού. Είναι η πρώτη φορά που οι πολυφαινόλες συνδυάζονται με βιοεντομοκτόνα. Η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των δραστικών, εκφράστηκε ως θνησιμότητα σε σχέση με το χρόνο δοσολογίας και τα διαστήματα έκθεσης. Σε σύγκριση με τον μάρτυρα, τα αποτελέσματα έδειξαν σαφή δοσοεξαρτώμενη παρασιτοκτόνο δράση, εκφρασμένη ως σημαντική θνησιμότητα ενηλίκων σε εφαρμογή υψηλής δόσης, έως και 100% στην υψηλότερη συνδυασμένη δόση. Επιπλέον, η συνολική διάρκεια του ελεγχόμενου φυτοφαρμάκου ήταν επίσης σημαντικά μικρότερη από αυτήν του μάρτυρα, ενώ τα έντομα στα οποία εφαρμόστηκαν οι δραστικές παρήγαγαν αισθητά λιγότερους απογόνους. Τα αποτελέσματά του πειράματος, ενισχύουν την προοπτική ενσωμάτωσης βοτανικών εντομοκτόνων όπως οι πολυφαινόλες με βιοεντομοκτόνα σε προγράμματα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Εντόμων Αποθηκών.

**Λέξεις-κλειδιά:** Έντομα αποθηκών, *Tribolium confusum*, Βιοεντομοκτόνα, πολυφαινόλες, αντίδραση παθογόνων

## ABSTRACT

Each year, agricultural produce suffers significant loss and quality deterioration upon infestation by stored product insects. Synthetic insecticides represent a ready-to-go, effective pest control solution, albeit with several environmental and health risks. In this light and within the framework of integrated pest management research, the present study focuses on the potential insecticidal effect of polyphenols in five doses combined with *Beauveria bassiana*, *Cydia pomonella* granulovirus and Pine tree oil at one dose against the harmful stored pest, *Tribolium confusum*, on wheats seeds. This is the first time that polyphenols combined with Bioinsecticides. Treatment efficacy was expressed as mortality in relation to dosage time and exposure intervals. In comparison with the control, the results showed clear dose-dependent pesticidal activity for both oils, expressed as significant adult mortality at high dose application, as high as 100% at the highest dose combined dose. Moreover, the overall survival time of the tested pesticide was also considerably shorter than that of control, while the treatments also produced considerably fewer offspring in the tested insects. Our results reinforce the prospect of incorporating botanical insecticides like polyphenols with Bioinsecticides in Integrated Pest Management programs.

**Keywords:** Stored pest, *Tribolium confusum*, Pathogen interaction, polyphenols, bioinsecticides, *Beauveria bassiana*, *Cydia pomonella* granulovirus, Pine tree oil



# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## Περιεχόμενα

|  |    |
|--|----|
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....   | 4  |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....  | 5  |
| ABSTRACT .....   | 6  |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....   | 7  |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....  | 9  |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....  | 10 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....  | 11 |
| 1. Έντομα Αποθηκών .....   | 12 |
| 1.1 Γενικά στοιχεία.....   | 12 |
| 1.2 Κατηγορίες εντόμων αποθηκών σύμφωνα με το είδος της τροφής ..... | 12 |
| 1.3 Τα κυριότερα Έντομα Αποθηκών .....                               | 14 |
| 1.3.1 Κολεόπτερα (Coleoptera).....                                   | 15 |
| 1.3.2 Λεπιδόπτερα (Lepidoptera).....                                 | 22 |
| 2. Μέσα αντιμετώπισης εντόμων αποθηκών.....                          | 26 |
| 2.1 Γενικά.....  | 26 |
| 2.2 Προληπτικά μέσα αντιμετώπισης.....                               | 26 |
| 2.2.1 Κατασκευή χώρων αποθήκευσης.....                               | 26 |
| 2.2.2 Υγιεινή του αποθηκευτικού χώρου .....                          | 27 |
| 2.2.3 Έλεγχος Προϊόντος.....   | 28 |
| 2.2.4 Παρακολούθηση και αξιολόγηση της προσβολής.....                | 29 |
| 2.3 Θεραπευτικά μέσα .....   | 30 |
| 2.3.1 Φυσικές μέθοδοι.....   | 30 |
| 2.3.2 Μηχανικές Μέθοδοι.....   | 34 |
| 2.3.3 Χημικές Μέθοδοι.....   | 35 |
| 2.3.4 Βιοτεχνικές και Βιοτεχνολογικές Μέθοδοι.....                   | 40 |
| 2.3.5 Βιολογικές μέθοδοι.....  | 42 |
| 3. Το έντομο <i>Tribolium confusum</i> .....                         | 46 |
| 3.1 Ταξινόμηση εντόμου .....   | 46 |
| 3.2 Γεωγραφική εξάπλωση εντόμου .....                                | 48 |
| 3.3 Μορφολογία εντόμου .....   | 48 |
| 3.4 Βιολογικός κύκλος εντόμου .....                                  | 50 |
| 3.5 Προσβολή του εντόμου.....  | 51 |
| 3.6 Αντιμετώπιση του εντόμου .....                                   | 52 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Έντομα.....                                       | 53 |
| 4.2 Αντιδραστήρια Σκευάσματα .....                    | 54 |
| 4.3 Εξοπλισμός και αναλώσιμα .....                    | 54 |
| 4.4 Μέθοδος για την αλληλεπίδραση των παθογόνων ..... | 55 |
| 4.5 Πειραματική διαδικασία.....                       | 55 |
| 5. Αποτελέσματα.....                                  | 58 |
| 6. Συζήτηση-Συμπέρασμα .....                          | 60 |
| 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                 | 62 |
| 7.1 Πηγές Εικόνων .....                               | 62 |
| 7.2 ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ.....                                 | 63 |
| 7.3 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....                                   | 64 |

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|  |    |
|--|----|
| 1 ΜΕΡΙΚΑ ΑΠΟ ΤΑ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ.....  | 15 |
| 2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ T. CONFUSUM DU VAL .....  | 47 |
| 3 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΒΕΑΥΒΕΡΙΑ ΒΑΣΙΑΝΑ, CYDIA POMONELLA GRANULOVIRUS ΚΑΙ<br>PINE OIL ΕΠΙ ΑΚΜΑΙΩΝ ΤΟΥ T.CONFUSUM ΣΤΙΣ 7,14,21 ΚΑΙ 28 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥΣ.<br>(Α=ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ, Σ=ΣΥΝΕΡΓΙΣΤΙΚΗ, Π=ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΗ)..... | 59 |

# ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| 1 ΑΚΜΑΙΟ Α. ΟΒΤΕCΤUS   | 2 ΑΚΜΑΙΟ Α. ΟΒΤΕCΤUS                            | 3 ΠΡΟΣΒΟΛΗ Α. ΟΒΤΕCΤUS .....            | 15   |
| 4 ΑΚΜΑΙΟ LASIODERMA SERRICORNE   | 5 ΠΡΟΝΥΜΦΗ L. SERRICORNE                        | 6 ΌΛΑ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΟΥ L. SERRICORNE ..... | 16   |
| 7 ΑΚΜΑΙΟ STEGOBIUM PANICEUM  | 8 ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ S. PANICEUM .....        |   | 16   |
| 9 ΑΚΜΑΙΟ TROGODERMA GRANARIUM  | 10 ΠΡΟΝΥΜΦΗ T. GRANARIUM .....                  |   | 17   |
| 11 ΑΚΜΑΙΟ ORYZAEPHILUS SURINAMENSIS  | 12 ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΑΠΟ O. SURINAMENSIS.....            |   | 18   |
| 13 ΑΚΜΑΙΟ RHYZOPERTHA DOMINICA   | 14 ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ R. DOMINICA                       | 15 ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΑΠΟ R. DOMINICA .....       | 19   |
| 16 ΑΚΜΑΙΟ SITOPHILUS GRANARIUS   | 17 ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΑΠΟ S. GRANARIUS .....              |   | 20   |
| 18 ΠΡΟΝΥΜΦΗ ΚΑΙ ΑΚΜΑΙΟ ΤΟΥ TENEBRIOIDES MAURITANICUS .....   |   |   | 21   |
| 19 ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΤΟ TRIBOLIUM CONFUSUM ΚΑΙ ΔΕΞΙΑ ΤΟ TRIBOLIUM CASTANEUM .....   |   |   | 21   |
| 20 ΠΡΟΝΥΜΦΗ ΤΟΥ S. CEREALELLA  | 21 ΑΚΜΑΙΟ SITOTROGA CEREALELLA                  | 22 ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΤΟΥ S. CEREALELLA .....     | 22   |
| 23 ΑΚΜΑΙΟ ΕΡΗΕΣΤΙΑ CAUTELLA  | 24 ΠΡΟΝΥΜΦΗ Ε. CAUTELLA .....                   |   | 23   |
| 25 ΑΚΜΑΙΟ ΕΡΗΕΣΤΙΑ ELUTELLA  | 26 ΆΝΟΙΓΜΑ ΠΤΕΡΥΓΩΝ ΑΚΜΑΙΟΥ Ε. ELUTELLA.....    |   | 24   |
| 27 ΑΚΜΑΙΟ ΤΟΥ ΕΡΗΕΣΤΙΑ ΚΥΕΗΝΙΕΛΛΑ  | 28 ΆΝΟΙΓΜΑ ΠΤΕΡΥΓΩΝ ΑΚΜΑΙΟΥ Ε. ΚΥΕΗΝΙΕΛΛΑ.....  |   | 25   |
| 29 ΑΚΜΑΙΟ ΤΟΥ PLODIA INTERPUNCTELLA .....  |   |   | 25   |
| 30 ΠΡΟΝΥΜΦΗ ΤΟΥ TRIBOLIUM CONFUSUM (ΛΗΨΗ Π.Ψ.).....  |   |   | 49   |
| 31 ΝΥΜΦΗ ΤΟΥ TRIBOLIUM CONFUSUM (ΛΗΨΗ Π.Ψ.).....   |   |   | 49   |
| 32 ΑΚΜΑΙΟ TRIBOLIUM CONFUSUM (ΛΗΨΗ Π.Ψ.)   | 33 ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ ΑΚΜΑΙΟΥ T. CONFUSUM (ΛΗΨΗ Π.Ψ.) . |   | 50   |
| 34 ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ T. CONFUSUM (ΛΗΨΗ Π.Ψ.).....  |   |   | 51   |
| 35 ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΟΥ T. CONFUSUM (ΛΗΨΗ Π.Ψ) .....  |   |   | 53   |
| 36 ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ (ΛΗΨΗ Π.Ψ.)  | 37 B. BASSIANA (ΛΗΨΗ Π.Ψ.)                      | 38 PINE OIL (ΛΗΨΗ Π.Ψ.)                 | 39 C. ROMONELLA GRANULOVIRUS (ΛΗΨΗ Π.Ψ.) ..... |
|  |   |   | 54   |
| 40 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ (ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΗΣ Χ ΒΟΤΑΝΙΓΑΡD) ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΙΠΕΤΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΥ ΟΓΚΟΥ (ΛΗΨΗ Π.Ψ.).....                  |   |   | 56   |
| 41 ΑΚΜΑΙΑ T. CONFUSUM ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΑ ΣΕ UROBOX ΜΕ ΣΙΤΑΡΙ ΚΑΙ ΨΕΚΑΣΜΕΝΑ ΜΕ ΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ (ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΗΣ Χ ΒΟΤΑΝΙΓΑΡD) (ΛΗΨΗ Π.Ψ.) ..... |   |   | 57   |

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την στιγμή που ο άνθρωπος έγινε τροφосυλλέκτης και αργότερα γεωργός, γεννήθηκε η ανάγκη της αποθήκευσης των καρπών, σπόρων, φρούτων που περισυνέλλεγε, ώστε να μπορέσει να τα προφυλάξει από εχθρούς αλλά και να διατηρήσει τα χαρακτηριστικά τους, με σκοπό να μπορέσει να τα καταναλώσει σε μετέπειτα χρονικό διάστημα. Με το πέρασ του χρόνου, ο όρος της αποθήκευσης, έλαβε μορφή, ως οι κάθε τύπου διαχειρισμοί μετά την συγκομιδή των προϊόντων (επεξεργασία, συσκευασία), με τελικό σταθμό την παράδοση ενός ασφαλούς και ποιοτικού προϊόντος (Μπουχέλος, 1993).

Οι διαχειρισμοί αυτοί, επιτελούνται σε ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους, οι οποίοι ωστόσο έχει παρατηρηθεί ότι είναι ευάλωτοι σε προσβολές αρθροπόδων, τρωκτικών και μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα να ζημιώνονται τα αποθηκευμένα σε αυτούς γεωργικά τρόφιμα. Η πλειονότητα των προσβολών στους αποθηκευτικούς χώρους, προέρχεται από αρθρόποδα, κυρίως των Τάξεων των Κολεοπτέρων και Λεπιδοπτέρων. Οι απώλειες που παρατηρούνται στα αποθηκευμένα προϊόντα είναι ανυπολόγιστες σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO), φτάνοντας έως και τους 810 εκατομμύρια τόνους στις αναπτυσσόμενες χώρες (Μπουχέλος, 1996).

Για τον περιορισμό αυτών των απωλειών, αλλά και για την αποφυγή μελλοντικών, συνίσταται στο πλαίσιο της φυτοπροστασίας η εφαρμογή έγκαιρων και κατάλληλων μέτρων και μεθόδων ανίχνευσης, παρακολούθησης και αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών από τον άνθρωπο. Με αυτόν τρόπο, θα διατηρηθεί, θα συσκευαστεί και θα διατεθεί στην αγορά ένα ασφαλές και ποιοτικό προϊόν για τον καταναλωτή, ενώ ταυτόχρονα ο παραγωγός θα έχει αποφύγει την οικονομική ζημία, παρουσιάζοντας κέρδος στην επιχείρηση.

# 1. Έντομα Αποθηκών

## 1.1 Γενικά στοιχεία

Με τον όρο «Έντομα αποθηκών», ορίζονται όλα τα είδη των εντόμων, τα οποία προσβάλλουν και καθίστανται ικανά να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές σε ένα προϊόν, και παράλληλα έχουν την ικανότητα να αναπτυχθούν καθώς και να αναπαραχθούν σε έναν αποθηκευτικό χώρο, όπου φιλοξενούνται για μακρό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα (Μπουχέλος, 2005).

Σύμφωνα με τις επικρατούσες συνθήκες στο χώρο, αλλά και τα προϊόντα που είναι αποθηκευμένα, ευδοκμούν τα αντίστοιχα έντομα. Η πλειονότητα των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων, διαθέτει ένα εύρος τιμών στους παράγοντες, της θερμοκρασία και υγρασίας, απαραίτητο για την ομαλή αναπαραγωγή και ανάπτυξή τους. Η θερμοκρασία χαμηλότερη από τους 21° C, περιορίζει αισθητά την ανάπτυξη αλλά και την διασπορά των εντόμων, ενώ υψηλότερη από τους 35°C δυσκολεύει αρκετά την αναπαραγωγή και επιβίωσή τους (Σταμόπουλος, 1995). Τα έντομα αποθηκών μπορούν να χαρακτηριστούν, ως οι τέλειοι ζωικοί εχθροί, καθώς είναι μικροσκοπικά σε μέγεθος, έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν εύκολα καταφύγιο σε διάφορα σημεία του αποθηκευτικού χώρου, αλλά και να αποφεύγουν με άνεση τους φυσικούς τους εχθρούς (Αθανασίου, 2015).

Τα έντομα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, κατηγοριοποιούνται με ποικίλους τρόπους, σύμφωνα με την οικογένεια, τις ιδιαιτερότητές τους ή ακόμη και την οικονομική τους σημασία. Η παρουσία ολόκληρων εντόμων, αποχωρημάτων, εκδυμάτων και ο εντοπισμός προσβολών υποβαθμίζει ποιοτικά και αισθητικά το προϊόν. Δεν είναι τυχαία η διαπίστωση πως <<κάθε έντομο μπορεί να γίνει επικίνδυνο εφόσον το βοηθήσουν ορισμένες συνθήκες>> (Μπουχέλος, 2005).

## 1.2 Κατηγορίες εντόμων αποθηκών σύμφωνα με το είδος της τροφής

Τα έντομα αποθηκών ανάλογα με το είδος της τροφή τους που καταναλίσκουν, διακρίνονται στις ακόλουθες έξι κατηγορίες:

1. **Είδη εντόμων που τρέφονται από το προϊόν:** Αυτή η κατηγορία εντόμων απαρτίζεται από τους πρωτεύοντες/κύριους (primary) εχθρούς, οι οποίοι τρέφονται με ακέραιους σπόρους, και τους δευτερεύοντες (secondary) εχθρούς, που τρέφονται από σπασμένους ή ήδη προσβεβλημένους σπόρους.

Αυτά τα είδη εντόμων, κατά κανόνα προσβάλλουν, σπόρους σιτηρών καθώς και τα προϊόντα τους, όπως λ.χ. τα άλευρα. Στους πρωτεύοντες εχθρούς εντάσσονται οι οικογένειες *Curculionidae* (πχ. *Sitophilus spp.*), *Bostrichidae* (πχ. *Rhyzopertha dominica*) και *Bruchidae* (πχ. *Acanthoscelides obtectus*) της τάξης των κολεοπτέρων, καθώς και το *Sitotroga cerealella* από την τάξη των Λεπιδοπτέρων. Είναι εύλογο το συμπέρασμα, πως η προσβολή του αποθηκευμένου προϊόντος από τους δευτερεύοντες εχθρούς (*Tribolium*, *Cryptolestes*, *Oryzaephilus* κ.α.) θα συμβεί, εφόσον καθίσταται πρακτικά ακατόρθωτο να διατηρηθούν ακέραιοι οι σπόροι κατά την αποθήκευση. Οι δευτερεύοντες εχθροί όπως προαναφέρθηκε εντοπίζονται σε αλεσμένα προϊόντα, αφού οι πρωτεύοντες δεν μπορούν να διατραφούν από αυτά. Αξιόλογο είναι το γεγονός ότι αυτή η υποκατηγορία των εντόμων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα είδη *Trogoderma sp.* και *Tribolium sp.*, έχει πολύ πιο ευρύ φάσμα προσβολής από ότι οι πρωτεύοντες εχθροί, μάλιστα τα παραπάνω είδη τρέφονται ακόμη και με ζωικής προέλευσης προϊόντα.

2. **Μυκητοφάγα είδη εντόμων:** Αρκετά έντομα αποθηκών τρέφονται από μύκητες, ενώ συνδέονται με προϊόντα που διαθέτουν υψηλή σχετική υγρασία, που έχουν υποστεί αλλοίωση και αποσύνθεση, τα είναι προς αποθήκευση για μακρό χρονικό διάστημα. Τέτοια έντομα ανήκουν στις τάξεις των Λεπιδοπτέρων (*Tineidae*, *Pyralidae*) και Κολεοπτέρων (*Cryptophagidae*, *Lathridiidae*, *Mycetophagidae*, *Tenebrionidae*). Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλά από τα ανωτέρω είδη εντόμων, καθίστανται υποχρεωτικά μυκητοφάγα.
3. **Είδη εντόμων που τρέφονται με νεκρούς ζωικούς ιστούς ή απορρίμματα:** Υπάρχει μια μερίδα εντόμων που τρέφεται με νεκρά έντομα, καθώς και με άλλες ξηρικές ύλες ζωικής προέλευσης. Στην τάξη των καλεοπτέρων και στις οικογένειες *Ptinidae*, *Cleridae* και *Dermestidae*, εντοπίζεται πληθώρα τέτοιων εντόμων.
4. **Παρασιτοειδή είδη εντόμων:** Πολλά τέτοια έντομα, παρασιτούν πολλά ωά και προνύμφες κολεόπτερων και λεπιδόπτερων των αποθηκών, στα οποία φωτοκούν μέσα ή και επάνω στο σώμα τους. Οι προνύμφες που εκκολάπτονται, διατρέφονται από τους ιστούς του ξενιστή τους και εν τέλει τον οδηγούν στο θάνατο.
5. **Αρπακτικά είδη εντόμων:** Υποχρεωτικά αρπακτικά έντομα, απαντώνται στην τάξη των ημιπτέρων, καθώς και στην οικογένεια *Histeridae* των κολεοπτέρων. Ακόμη κάποια είδη μπορούν να τραφούν με άλλα έντομα, ακόμη και του ίδιου είδους με αυτά, τέτοια είδη εντοπίζονται στις οικογένειες *Cleridae*, *Tenebrionidae* και *Trogossitidae*.

6. **Είδη εντόμων που απαντώνται τυχαία:** Είδη που δεν σχετίζονται με το προϊόν αλλά αντίθετα με την κατασκευή του αποθηκευτικού χώρου, εντοπίζονται αρκετά συχνά στα αποθηκευμένα προϊόντα. Τα μυρμήγκια, οι κατσαρίδες, τερμίτες, τα ξυλοφάγα κολεόπτερα, καθώς και άλλα είδη που εντάσσονται στο προϊόν από την συγκομιδή, είναι ορισμένα τέτοια είδη εντόμων. Τα παραπάνω έντομα, δεν επιβιώνουν για μακρά χρονική περίοδο εντός του αποθηκευτικού χώρου, ωστόσο αποτελούν εστία μόλυνσης για τα προϊόντα.

( Μπουχέλος, 1993. , Αδαμόπουλος Γ., 2013 )

### 1.3 Τα κυριότερα Έντομα Αποθηκών

Τα έντομά που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, παρουσιάζουν μια ιδιαίτερα μεγάλη ποικιλία, με την πλειονότητα αυτών να απαντάται στις τάξεις των Κολεοπτέρων, και των Λεπιδοπτέρων. Ακολουθεί, η περιγραφή ορισμένων από τα πιο σπουδαία έντομα αποθηκών, σύμφωνα με την ταξινόμική τους βαθμίδα, όπως απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα (Μπουχέλος, 2005).

| Είδος                               | Κοινό όνομα                 | Οικογένεια           |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>ΤΑΞΗ: ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ</b>             |                             |                      |
| <i>Acanthoscelides obtectus</i>     | Βρούχος των φασολιών        | <i>Bruchidae</i>     |
| <i>Bruchus pisorum</i>              | Βρούχος των μπιζελιών       | <i>Bruchidae</i>     |
| <i>Lasioderma serricorne</i>        | Σκαθάρι του καπνού          | <i>Anodiidae</i>     |
| <i>Stegobium paniceum</i>           | -                           | <i>Anodiidae</i>     |
| <i>Trogoderma granarium</i>         | Τρωγόδερμα των σπόρων       | <i>Dermestidae</i>   |
| <i>Anthrenus museorum L.</i>        | Σκαθάρι των μουσείων        | <i>Dermestidae</i>   |
| <i>Oryzaephilus surinamensis L.</i> | Ψείρα του σταριού           | <i>Sylvanidae</i>    |
| <i>O. Mercator</i>                  | Οδοντωτά σκαθάρι των σπόρων | <i>Sylvanidae</i>    |
| <i>Rhyzopertha dominica</i>         | Σκαθάρι του ρυζιού          | <i>Bostrychidae</i>  |
| <i>Sitophilus granarius</i>         | Σκαθάρι του σιταριού        | <i>Curculionidae</i> |
| <i>Sitophilus oryzae</i>            | Σκαθάρι του ρυζιού          | <i>Curculionidae</i> |
| <i>Sitophilus zeamais Mots.</i>     | Σκαθάρι του αραβοσίτου      | <i>Curculionidae</i> |
| <i>Tenebrioides mauritanicus</i>    | Σκαθάρι των σπόρων          | <i>Trogostidae</i>   |
| <i>Tribolium confusum</i>           | Ψείρα ή σκαθάρι των αλεύρων | <i>Tenebrionidae</i> |
| <i>Carpophilus hemipterus</i>       | Σκαθάρι των ξηρών φρούτων   | <i>Nitidulidae</i>   |
| <b>ΤΑΞΗ: ΛΕΠΙΔΟΠΤΕΡΑ</b>            |                             |                      |
| <i>Sitotroga cerealella</i>         | Σιτότρωγα                   | <i>Geleghiidae</i>   |
| <i>Ephestia cautella</i>            | Σκουλήκι σύκων, σταφίδας    | <i>Pyralidae</i>     |
| <i>Ephestia elutella</i>            | Σκουλήκι καπνού ή κακάο     | <i>Pyralidae</i>     |



|                              |                         |                  |
|------------------------------|-------------------------|------------------|
| <i>Ephestia kuehniella</i>   | Σκουλήκι των αλεύρων    | <i>Pyralidae</i> |
| <i>Plodia interpunctella</i> | Κοινό σκουλήκι αποθηκών | <i>Pyralidae</i> |
| <i>Pyralis farinalis L.</i>  | Σκουλήκι των αλεύρων    | <i>Pyralidae</i> |

1 Μερικά από τα σπουδαιότερα έντομα αποθηκών

### 1.3.1 Κολεόπτερα (Coleoptera)

Ολομετάβολα έντομα (ωό - προνύμφη - νύμφη ή πλαγγόνα - ακμαίο), τα οποία είναι γνωστά στην κοινή γλώσσα, ως σκαθάρια ή κάνθαροι. Τα ακμαία διαθέτουν σκληρό εξωσκελετό και δύο ζεύγη πτερύγων με το πρόσθιο να είναι ισχυρά χιτινισμένο, για λόγους προστασίας, τα αποκαλείται έλυτρα, ενώ το είναι δεύτερο είναι μεμβρανώδες. Οι προνύμφες χαρακτηρίζονται στην πλειονότητα των ειδών ως ευκέφαλες και ολιγόποδες, ενώ σε ορισμένα απαντώνται και άποδες. Αμφότερα τα ακμαία και οι προνύμφες της παρούσας τάξης, διαθέτουν στοματικά μόρια - μασητικού τύπου και διατρέφονται από το προϊόν (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

#### ➤ Οικογένεια Bruchidae

#### *Acanthoscelides obtectus* (Say) - “Bean weevil”- Βρούχος των φασολιών



1 Ακμαίο *A. obtectus*

2 Ακμαίο *A. obtectus*

3 Προσβολή *A. obtectus*

Ενήλικο: Έχει 1-10 mm μήκος, ωοειδές σχήμα και καστανό προς μαύρο χρωματισμό, ενώ καλύπτεται από λεπτό φαιό χνούδι.

Προνύμφη: Έχει μήκος 2-8 mm, με σώμα κυρτό, λείο, λευκού χρώματος με μικρή κίτρινη κεφαλή.

Βιολογία- Προσβολές: Πραγματοποιεί 3-4 γενεές το έτος, με ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης 30-35°C και σχετική υγρασία 70-90%, στις οποίες ο βιολογικός κύκλος κυμαίνεται σε 20-25 ημέρες. Η προσβολή αρχίζει από το φυτό, και έπειτα εξελίσσεται στον χώρο της αποθήκης. Εντοπίζεται κυρίως

σε τροπικές και ζεστές περιοχές, προσβάλλοντας κατά κανόνα τα φασόλια όλων των ποικιλιών, σόγια και τον βίκο (Μπουχέλος 2005, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

➤ Οικογένεια Anodiidae

**A) *Lasioderma serricorne* Fabr. – “Cigarette beetle”- Σκαθάρι (ψείρα) του ξηρού καπνού**

Ενήλικο: Έχει 2-3mm μήκος, διαθέτει ωοειδές σχήμα και ερυθρό-καστανό χρώμα. Τα έλυτρα του είναι λεία δίχως να φέρουν γραμμώσεις.

Προνύμφη: έχει έως 4mm μήκος, είναι λευκού χρωματισμού και φέρει ωχρόλευκες λεπτές τρίχες σε όλο της το σώμα.

Βιολογία-Προσβολές: Μπορεί να πραγματοποιήσει έως και περισσότερες από 4 γενεές το έτος, αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες 20-37° C ενώ διαχειμάζει με τη μορφή προνύμφης μέσα στα καπνοδέματα. Τόσο η προνύμφη όσο και το ενήλικο κατατρώγουν τον καπνό στο βάθος των καπνοδεμάτων. Προσβάλλει κυρίως όλα τα προϊόντα του καπνού και του κακάο, ενώ μικρότερες προσβολές παρατηρούνται σε όσπρια, ζυμαρικά, ελαιώδεις πλακούντες, αυτοφυή φυτά κ.α. (Μπουχέλος 2005, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).



4 Ακμαίο *Lasioderma serricorne*

5 Προνύμφη *L. serricorne*

6 Όλα τα στάδια του *L. serricorne*

**B) *Stegobium paniceum* L. (=Sitodrema panicea) - “Bread beetle” ή “Drugstore beetle”**

-Σκαθάρι (ψείρα) του ψωμιού)



7 Ακμαίο *Stegobium paniceum*

8 Στάδια ανάπτυξης του *S. paniceum*

Ενήλικο: Έχει μήκος 2-3mm, μοιάζει με το *Lasioderma serricorne*, αλλά είναι λίγο πιο φαρδύ και τα έλυτρα του φέρουν ραβδώσεις, ενώ το σώμα του καλύπτεται από λεπτές τρίχες.

Προνύμφη: Έχει μήκος 1,5-3,5 mm, είναι κυρτή, άσπρη διαθέτοντας πυκνές χρυσίζουσες σμήριγγες.

Βιολογία-Προσβολές: Παρουσιάζει 1-4 γενεές το έτος και έχει ως άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης τους 23-24° C. Το ενήλικο δεν τρέφεται, σε αντίθεση με τις προνύμφες που είναι παμφάγες και οι οποίες προσβάλλουν σπόρους και προϊόντα τους, ελαιούχους πλακούντες, μπαχαρικά, διάφορα γλυκίσματα και αρτοποιασκευάσματα καθώς και ζυμαρικά (Σταμόπουλος 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

#### ➤ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ Dermestidae

#### ***Trogoderma granarium* Everts - “Khapra beetle” – Τρωγόδερμα των σπόρων**



9 Ακμαίο *Trogoderma granarium* 10 Προνύμφη *T. granarium*

Ενήλικο: Έχει μήκος 2-3 mm, ωσειδές σχήμα και ανοιχτό καστανό χρωματισμό.

Προνύμφη: έχει μήκος έως τα 5mm, με κιτρινωπό προς ανοιχτό καστανό χρώμα και φέρει μακριές λεπτές κιτρινωπές τρίχες σε όλο της το σώμα, ενώ στο πίσω μέρος του σχηματίζουν αραιό θύσανο.

Βιολογία-Προσβολές: Χαρακτηρίζεται έντομο καραντίνας σε πολλές χώρες. Η προνύμφη μπορεί να εμφανίσει μακρά διά παύση και να δραστηριοποιηθεί ξανά όταν οι συνθήκες γίνουν ευνοϊκές (ξηροθερμικές), ενώ το τέλειο άτομο δεν τρέφεται. Δραστηριοποιείται σε θερμοκρασία 20-40°C, ενώ δεν επηρεάζεται από τη μειωμένη υγρασία. Τρέφεται με σιτηρά, αλλά και με άλλα είδη που προσβάλλουν αυτά τα προϊόντα καθώς οι προνύμφες του διατρέφονται με φυτικά και ζωικά υλικά. Επίσης προσβάλλει, ελαιούχους πλακούντες τους σπόρους και τα προϊόντα τους (Σταμόπουλος, 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

➤ Οικογένεια *Sylvanidae*

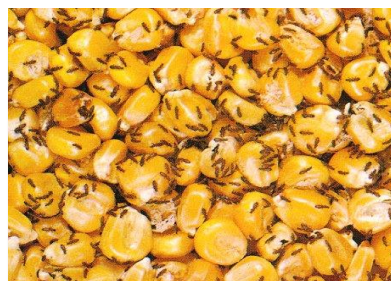
*Oryzaephilus surinamensis* L. - “Saw toothed grain beetle” – Ψείρα του σιταριού

Ενήλικο: Έχει μήκος 2-3mm, σκούρο καστανό χρωματισμό και φέρει σε όλη την έκταση του σώματος ακανθώδεις αποφύσεις, ενώ ο θώρακας έχει δυο αυλακώσεις κατά μήκος του και από έξι προεξοχές επί της κάθε του πλευράς του.

Προνύμφη: Έχει μήκος 4 mm, διαθέτει νηματοειδή μορφή, είναι υποκίτρινη, ενώ τα πόδια και η κεφαλή είναι καστανά.



11 Ακμαίο *Oryzaephilus surinamensis*



12 Προσβολή από *O. surinamensis*

Βιολογία-Προσβολές: Παρουσιάζει 2-3 γενεές το έτος, όμως εάν παρατηρηθούν κατάλληλες συνθήκες, μπορεί να φτάσει έως και 6 με 8. Η θερμοκρασία 30-35°C και σχετική υγρασία 70-90%, χαρακτηρίζονται άριστες συνθήκες για την ανάπτυξη του εντόμου. Το ενήλικο εμφανίζεται ιδιαίτερα ευκίνητο. Τόσο το ενήλικο όσο και οι προνύμφες προτιμούν σπασμένους και ήδη προσβεβλημένους σπόρους. Τρέφεται κατά κύριο λόγο με σιτηρά και τα προϊόντα αυτών, ενώ προσβάλλει ακόμη σταφίδα, ζυμαρικά, ελαιούχους σπόρους, κακάο, καφέ, αποξηραμένα φρούτα, πάντα βέβαια μαζί με άλλα έντομα επιζήμια στα παραπάνω προϊόντα. Τέλος, η διαφορά του εντόμου αυτού, από το συγγενικό είδος *Oryzaephilus mercator* είναι στο σχήμα της κεφαλής, πιο συγκεκριμένα το δεύτερο διαθέτει μια πιο οξεία επιφάνεια αμέσως κάτω από τους οφθαλμούς και πριν τον θώρακα. (Σταμόπουλος, 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

➤ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ *Bostrychidae*

*Rhizopertha dominica* Fabr. – “Lesser grain borer” – Σκαθάρι του ρυζιού

Ενήλικο: Έχει μήκος 2-3mm, με σώμα καστανέρυθρο, κυλινδρικό, χωρίς να διακρίνεται η κεφαλή, καθώς καλύπτεται από των προθώρακα. Στα έλυτρά του φέρει κατά μήκος ευκρινείς γραμμές από μικρά κοιλώματα-βοθρία.

Προνύμφη: Έχει μήκος 4-6 mm, με σώμα παχύ, κυρτό και διογκωμένο προς τα εμπρός. Είναι υπόλευκη, ενώ καστανού χρωματισμού είναι τα πόδια και η κεφαλή.



13 Ακμαιο *Rhyzopertha dominica*



14 Πλάγια όψη *R. dominica*



15 Προσβολή από *R. dominica*

Βιολογία-Προσβολές: Πραγματοποιεί 4-6 γενεές ανά έτος, και διαχειμάζει σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης του εντόμου είναι 32°C και 80% σχετική υγρασία. Είναι το πολυπληθέστερο έντομο αποθηκών σε αποθηκευμένο ρύζι και σιτάρι στην Ελλάδα, ενώ προσβάλλει ακόμη κριθάρι, σόργο, καλαμπόκι, μπισκότα, και άλλα προϊόντα αλευριού, ελαιούχους σπόρους, καπνό κ.α. (Σταμόπουλος, 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

#### ➤ Οικογένεια Curculionidae

***Sitophilus granarius* ή *Calandra granaria* - “Granary weevil ή Grain weevil” – Καλάντρα του σιταριού**

Ενήλικο: Έχει μήκος 3-5 mm, είναι σκούρου καστανού έως μαύρου χρώματος, ο προθώρακάς του διαθέτει αυλακώσεις (βοθρία), ενώ το πίσω μέρος των πτερυγών απουσιάζει.

Προνύμφη: Έχει μήκος 3-5 mm, είναι άποδη, κεκαμένη, έχοντας υπόλευκο έως υποκίτρινο χρώμα.





© Miroslav Deml 2009



16 Ακμαίο *Sitophilus granarius*

17 Προσβολή από *S. granarius*

Βιολογία-Προσβολές: Πραγματοποιεί 4-5 γενεές το έτος και η διαχείμανσή του παρατηρείται και ως προνύμφη σε αποθηκευμένου σπόρους, αλλά και ως ενήλικο σε διάφορα σημεία της αποθήκης. Η ανάπτυξη της προνύμφης γίνεται στο σπόρο. Προσβάλλει κυρίως σπόρους δημητριακών και αμυλούχα προϊόντα, ενώ εντοπίζεται και σε φασόλια, αμύγδαλα και σπανιότερα όσπρια. Η προσβολή καθίσταται ανιχνεύσιμη, όταν το έντομο διατραφεί από το εσωτερικό του σπόρου και εξέλθει ως ακμαίο έντομο.

Συγγενικά του είδη, είναι το *S. oryzae* (L.) και το *S. zeamais* (Motschulsky). Το *S. Oryzae* μοιάζει με το *Sitophilus granarius*, οι διαφορές τους εντοπίζονται στο ότι το πρώτο έχει καστανό έως σκούρο καστανό χρώμα, φέρει τέσσερις ανοιχτόχρωμες κηλίδες (δύο σε κάθε έλυτρο) και ακόμη έχει μικρότερη διάρκεια ζωής (Σταμόπουλος, 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

#### ➤ Οικογένεια Trogostidae

##### ***Tenebrioides mauritanicus* L. – “The Gadelle” - Σκαθάρι των σπόρων**

Ενήλικο: Έχει μήκος έως 10mm, είναι καστανόμαυρο, ενώ ο κεραίες και τα πόδια είναι καστανέρυθρα. Επίσης τα έλυτρα του διαθέτουν ελαφρές ραβδώσεις.

Προνύμφη: Έχει μήκος 15-20 mm, είναι υπόλευκη έως υποκίτρινη, με πόδια και κεφαλή καστανά, ενώ διαθέτει στο άκρο της κοιλίας χαρακτηριστικές προεκτάσεις (άγκιστρα).

Βιολογία-Προσβολές: Το ακμαίο διατρέφεται από άλλα έντομα αποθηκών, πρόκειται δηλαδή για εντομοφάγο. Η προνύμφη τρέφεται με σπόρους (κυρίως ρυζιού), ελαιούχους σπόρους, κόκκους

κακάο, μπαχαρικά, αλεύρα, βαμβακόσπορο κ.α. (Σταμόπουλος, 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

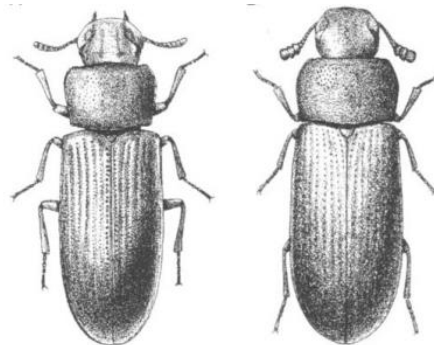


18 Προνύμφη και ακμαίο του *Tenebrio molitor*

➤ Οικογένεια Tenebrionidae

*Tribolium confusum* Duval - “Confused flour beetle” - Σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων &

*Tribolium castaneum* Herbst - “Rust/ Red flour beetle” - Σκούρο σκαθάρι των αλεύρων



19 Αριστερά το *Tribolium confusum* και δεξιά το *Tribolium castaneum*

Ενήλικο: Έχουν μήκος έως 3-4 mm, είναι ερυθρο-καστανά και γυαλιστερά στην όψη, με πεπλατυσμένο σώμα. Τα τρία τελευταία άρθρα στις κεραίες του *Tribolium castaneum*, είναι πιο έντονα πεπλατυσμένα από ότι του *Tribolium confusum*, καθότι πλαταίνουν πιο απότομα σχηματίζοντας τη χαρακτηριστική μορφή του ευδιάκριτου ρόπαλου.

Προνύμφη: Έχουν μήκος 5mm, είναι υπόλευκες σε νεαρή ηλικία, ενώ αργότερα καθίστανται κιτρινοκαστανές ακόμη είναι ολιγόποδες και φέρουν πυλωρικά τριχίδια.

Βιολογία-Προσβολές: Πραγματοποιούν από 5 γενεές το έτος και διαχειμάζουν είτε μέσα στο αλεύρι ή στους σπόρους των ξενιστών τους. Τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες αμφοτέρων των δύο ειδών είναι παμφάγα, προσβάλλοντας μια μεγάλη ποικιλία από προϊόντα όπως αλεσμένα δημητριακά και τα προϊόντα τους, σπασμένους σπόρους σιτηρών κ.ά. (Rees, 2007, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

### 1.3.2 Λεπιδόπτερα (Lepidoptera)

Ολομετάβολα έντομα γνωστά, ως πεταλούδες στην κοινή, που διαθέτουν δύο ζεύγη μεμβρανωδών πτερύγων καλυμμένα από λέπια (Λέπια + Πτέρυγες = Λεπιδόπτερα). Οι προνύμφες είναι πολύποδες, ευκέφαλες και έχουν μασητικού τύπου στοματικά μόρια, ενώ τα ακμαία έχουν νέκταρος μυζητικού. Τα ωά του εντόμου εναποτίθενται σε δακτυλίους ή επίπεδες πλάκες κατά ομάδες, έπειτα η προνύμφη (κάμπια) μεταμορφώνεται σε νύμφη (ή πλαγγόνα ή χρυσαλλίδα) μέσα σε βομβύκιο που κατασκεύασε. (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

#### ➤ Οικογένεια Gelechiidae

#### *Sitotroga cerealella* (Olivier)– “The Angumois grain moth” - Σιτότρωγα



20 Προνύμφη του *S. cerealella*



21 Ακμαίο *Sitotroga cerealella*



22 Προσβολή του *S. cerealella*

Ενήλικο: Έχει μήκος έως 15mm, διαθέτοντας κροσσωτές πτέρυγες ανοιχτού κιτρινότεφρου χρωματισμού στο πρόσθιο τμήμα, ενώ στο οπίσθιο τεφρού χρωματισμού. Το άνοιγμά τους κυμαίνεται από 10 έως 16 mm

Προνύμφη: Είναι υπόλευκη ή ανοιχτή καστανή, με μήκος έως τα 9 mm.



Βιολογία-Προσβολές: Πραγματοποιεί 2-4 γενεές ανά έτος και εντοπίζεται κυρίως σε εύκρατα και τροπικά κλίματα, με βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης τους 28-30 ° C. Οι προνύμφες ζουν και αναπτύσσονται στο εσωτερικό των σπόρων, προσβάλλοντας αποθηκευμένους σπόρους σιτηρών καθώς και καλλιεργούμενα αγρωστώδη (Σταμόπουλος, 1995 , Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

➤ Οικογένεια Pyralididae

**A) *Ephestia cautella* (Walker) – “The dried currant moth” - Σκουλήκι σύκων, σταφίδας**

Ενήλικο: Διαθέτει άνοιγμα πτερύγων 14-22mm, ενώ και τα δύο ζεύγη είναι κροσσωτά με στρογγυλεμένο άκρο.

Προνύμφη: Είναι υπόλευκη, κιτρινωπή ή ρόδινη , έχοντας μήκος 8-15mm και φέρει νωτιαία των σωματικών δαχτυλίων φυμάτια καστανού χρωματισμού.



23 Ακμαίο *Ephestia cautella*



24 Προνύμφη *E. cautella*

Βιολογία-Προσβολές: Πραγματοποιεί 3-4 γενεές ανά έτος και απαντάται κατά κύριο λόγο σε εύκρατου και τροπικού κλίματος περιοχές. Η θερμοκρασία 30-32° C και η σχετική υγρασία 70-80%, ορίζονται ως οι βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης του εντόμου. Είτε σε βομβύκιο είτε σε ξερά σύκα, το έντομο διαχειμάζει υπό τη μορφή προνύμφης. Εκτός από τα σύκα η προνύμφη τρέφεται και με άλλα αποξηραμένα φρούτα (δαμάσκηνα, χουρμάδες κ.α.) αλλά και κακάο, ξηρούς καρπούς κ.ά. Στην χώρα μας χαρακτηρίζεται ως επί το πλείστον ως σοβαρός εχθρός των ξηρών σύκων (Σταμόπουλος, 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

## **B) *Ephestia elutella* (Hubner) - “The cocoa month” - Σκουλήκι του καπνού ή του κακάο**

Ενήλικο: Διαθέτει άνοιγμα πτερύγων από 15 έως 17 mm, έχοντας καστανότεφο χρώμα στο πρόσθιο ζεύγος, ενώ στο οπίσθιο υαλώδες.

Προνύμφη: Έχει μήκος έως 12mm, συνήθως είναι υπόλευκη ή ανοιχτά ρόδινη, ωστόσο ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα στον χρωματισμό της αποτελεί το είδος της τροφής που καταναλώνει.

Βιολογία-Προσβολές: Πραγματοποιεί 2-3 γενεές ανά έτος, ενώ παρουσιάζει βέλτιστη ανάπτυξη στο θερμοκρασιακό εύρος 15-30°C. Οι προνύμφες τρέφονται από τα φύλλα του καπνού, στα καπνοδεμάτια, έχοντας μάλιστα προτίμηση στις ποικιλίες με υψηλότερη περιεκτικότητα σακχάρων έναντι νικοτίνης (Αδαμόπουλος, 2013). Επιπλέον, προσβάλλει κόκκους κακάο, ξηρούς καρπού, τη σοκολάτα κ.ά., ενώ σε μικρότερη κλίμακα το αλεύρι, ζωοτροφές κ.ά. (Σταμόπουλος, 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).



25 Ακμαίο *Ephestia elutella*



26 Άνοιγμα πτερύγων ακμαίου *E. elutella*

## **Γ) *Ephestia (Anagasta) kuehniella* Zell. - “The mediterranean month”- Σκουλήκι των αλεύρων**

Ενήλικο: Έχει μήκος 10-14 mm, και το άνοιγμα των πτερύγων του κυμαίνεται στα 18-27mm. Διαθέτει τεφρού χρώματος πρόσθιες πτέρυγες, ενώ υπόλευκου στις οπίσθιες.

Προνύμφη: Είναι υπόλευκη ή ελαφρά ρόδινη, με καστανόχρωμη κεφαλή και πρόνωτο, ενώ φτάνει ως και τα 12mm μήκος.

Βιολογία-Προσβολές: Πραγματοποιεί έως και 5 γενεές ανά χρόνο και συναντάται συνήθως σε τροπικές περιοχές. Τα θηλυκά εναποθέτουν τα αυγά σε σωρούς αλεύρων, όπου μελλοντικά οι εκκολαπτόμενες προνύμφες σχηματίζουν θήκες, μέσα στις οποίες διατρέφονται και αναπτύσσονται, υποβαθμίζοντας με αυτό τον τρόπο ποιοτικά τα άλευρα. Εκτός από το αλεύρι, οι προνύμφες

προσβάλλουν ακόμη, δημητριακά, σπασμένους σπόρους, κόκκους κακάο, ξηρούς καρπούς, όσπρια, γύρη σε κυψέλες μελισσών κ.ά. (Σταμόπουλος, 1995 , Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).



27 Ακμαίο του *Epherestia kuehniella*



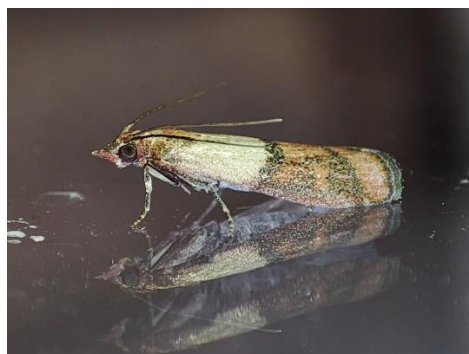
28 Άνοιγμα πτερύγων ακμαίου *E. kuehniella*

#### **Δ) *Plodia interpunctella* Hubner – “ The Indian meal month” - Κοινό σκουλήκι αποθηκών**

Ενήλικο: Έχει άνοιγμα πτερύγων από 15 έως 20mm, ενώ φτάνει έως και τα 10mm μήκος. Οι πρόσθιες πτέρυγες κατά το ήμισυ είναι καστανέρυθρες με δύο εγκάρσιες μαύρες γραμμώσεις, ενώ κατά το άλλο ήμισυ είναι αργυρόλευκες. Το οπίσθιο ζεύγος πτερύγων, είναι εξίσου αργυρόλευκες φέροντας ελαφρώς κρόσσια.

Προνύμφη: Αρχικά διαθέτει υπόλευκο χρωματισμό, ενώ μετέπειτα υπορόδινο, ανάλογα με το είδος της τροφής που καταναλίσκεται από αυτήν. Επιπλέον έχει καστανή κεφαλή και θώρακα.

Βιολογία-Προσβολές: Πραγματοποιεί 4-6 γενεές ανά χρόνο, ωτοκόντας πάνω σε σωρούς ή αλλά προϊόντα. Η προνύμφη διατρέφεται από αυτά, ενώ παράλληλα εναποθέτει και μετάξινα νήματα, που αποτελούν επιπλέον υποβάθμισή των προϊόντων αυτών. Πρόκειται για ένα από τα πολυφάγα έντομα αποθηκών, προσβάλλοντας σπόρους, δημητριακά, κακάο, αποξηραμένα φρούτα, ξηρούς καρπούς κ.ά. (Σταμόπουλος 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).



29 Ακμαίο του *Plodia interpunctella*

## **2. Μέσα αντιμετώπισης εντόμων αποθηκών**

### **2.1 Γενικά**

Η έννοια της αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών, χαρακτηρίζεται ως δισυπόστατη. Από την μια πλευρά, υπάρχει η πρόληψη για την εμφάνιση μια προσβολής, ακολουθώντας διάφορα πρωτόκολλα και ελέγχους του προϊόντος, και από την άλλη η κατασταλτική αντιμετώπιση εφόσον έχει εμφανιστεί το έντομο ή η προσβολή, η οποία εφαρμόζεται με ποικίλες μεθόδους και μέτρα. Αμφότερες οι πλευρές, θα πρέπει να λειτουργούν συμπληρωματικά και συνεργατικά, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο να σχεδιαστεί ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα καταπολέμησης εναντίον των εχθρών εντόμων (Bhadriraju et al, 1996).

### **2.2 Προληπτικά μέσα αντιμετώπισης**

Η αποτελεσματική προστασία των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων, δεν θα πρέπει να αφορά την λήψη μόνο κατασταλτικών μέτρων για την αντιμετώπιση της προσβολής, αλλά και την λήψη και τον συνδυασμό με προληπτικά μέτρα, πριν την εμφάνιση της προσβολής. Παράλληλα συνίσταται η παρακολούθηση του πληθυσμού, με διάφορες μεθόδους σε σύντομα χρονικά διαστήματα ελέγχοντας έτσι την πληθυσμιακή διακύμανση του εντόμου.

#### **2.2.1 Κατασκευή χώρων αποθήκευσης**

Οι χώροι αποθήκευσης, θα πρέπει να τηρούν ορισμένους κανόνες ώστε να μπορέσουν να διασφαλίσουν με τον βέλτιστο τρόπο την υγιεινή συντήρηση και την προστασία των προϊόντων. Η ορθή κατασκευή και η χρήση κατάλληλων υλικών, κατέχουν σημαντικό ρόλο, ώστε να διατηρούνται οι ευνοϊκές συνθήκες στο εσωτερικό αυτών των χώρων. Ως υλικό θα πρέπει να αποφεύγεται το ξύλο στις αποθήκες, καθώς προσφέρει καταφύγιο σε έντομα και δυσκολεύοντας έτσι, τον καθαρισμό. Η οροφή, οι τοίχοι και το δάπεδο να είναι λεία, δίχως ρωγμές ή χαραμάδες, καθώς υπάρχει κίνδυνος να βρουν καταφύγιο έντομα. Η αποφυγή ανάπτυξης υψηλών θερμοκρασιών κατά το θέρος, χάριν στην

μόνωση της οροφής, μειώνει την υπάρχουσα προσβολή ή την περίπτωση επαναμόλυνσης των εντόμων. Μέσω της ορθής στεγανοποίησης των τοίχων και των δαπέδων σε περιοχές με υγρό κλίμα επιτυγχάνεται διατήρηση του παράγοντα της υγρασίας σε χαμηλά επίπεδα προλαμβάνοντας την ανάπτυξη μυκήτων, βακτηρίων, εντόμων και ακάρεων. Ακόμη, θα πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής αερισμός και να υπάρξει μέριμνα για την αποφυγή της εισόδου εντόμων, είτε ο αέρας προέρχεται από παράθυρα, οπότε απαιτείται τοποθέτηση πυκνής σήτας, είτε μέσω κλιματισμού, όπου πρέπει οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις να μην παρέχουν καταφύγιο σε έντομα. Μείζονος σημασία, χαρακτηρίζεται επιπλέον, το γεγονός ότι οι αποθηκευτικοί χώροι δεν θα πρέπει να γειτνιάζουν με εστίες μόλυνσης, λόγω χάρι σκουπιδότοποι ή άλλες αποθήκες. Το πλήθος του αναγκαίου εξοπλισμού των αποθηκών, θα πρέπει να σχεδιάζεται αλλά και να τοποθετείται στο χώρο, με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνεται ο καθαρισμός του και εξίσου της αποθήκης (Bhadriraju et al, 1996, Αθανασιάδης, 2007).

### **2.2.2 Υγιεινή του αποθηκευτικού χώρου**

Η διατήρηση της υγιεινής κατάστασης των χώρων και του εξοπλισμού, πριν την είσοδο των προς αποθήκευση προϊόντων, αποτελεί σπουδαίο μέτρο πρόληψης των εντομολογικών προσβολών. Πριν εισαχθούν, τα προϊόντα οφείλεται να γίνεται ψεκασμός με εντομοκτόνα ευραίου φάσματος, και μεγάλης υπολειμματικότητα σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες. Συνίσταται, σχολαστικό καθάρισμα των δαπέδων, των τοίχων και της οροφής και των μηχανήματων που υπάρχουν στον αποθηκευτικό χώρο εξίσου, και απομάκρυνση πιθανών υπολειμμάτων προϊόντος ή εντόμων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στα σημεία που μπορούν να λειτουργήσουν ως καταφύγια για τα έντομα. Η ύπαρξη τυχόν εσοχών ή ρωγμών στους τοίχους και στα δάπεδα του αποθηκευτικού χώρου, θα πρέπει να καλύπτεται με μονωτικό υλικό, ώστε να εμποδίζεται η παραμονή των εντόμων και των υπολειμμάτων του προϊόντος σε αυτά, και ύστερα να λειαιίνεται η περιοχή που μονώθηκε, διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο τον μετέπειτα καθαρισμό. Έχει διαπιστωθεί, ότι η απομάκρυνση των υπολειμμάτων του προϊόντος, από τους αποθηκευτικούς χώρους, μειώνει αισθητά τις προσβολές από αρθρόποδα (Bhadriraju et al, 1996, Σταμόπουλος, 1999).

## 2.2.3 Έλεγχος Προϊόντος

### A. Πριν την αποθήκευση

Γνωρίζοντας ότι η προσβολή, πηγάζει από το εξωτερικό περιβάλλον και αρκετές φορές εισέρχεται στον αποθηκευτικό χώρο μαζί με το προς αποθήκευση προϊόν, υπογραμμίζει την σημασία της ορθής υγιεινής κατάστασης, που θα πρέπει να ληφθεί πριν την αποθήκευση ή την επεξεργασία των προϊόντων. Το προς αποθήκευση προϊόν με την κατάσταση, την οποία παρουσιάζει, επηρεάζεται σε μεγάλο ποσοστό από το είδος και την ποικιλία αυτού, καθώς υπάρχουν ποικιλίες ευαίσθητες σε προσβολές και άλλες που καθίστανται ανθεκτικές. Σημαντικό ρόλο, κατέχει ότι το προϊόν δεν πρέπει να φέρει σκόνες, σπασίματα ή άλλες μηχανικές βλάβες, διότι όταν εξασφαλίζεται η καθαρότητα και η ακεραιότητά του, προφυλάσσεται καλύτερα από τα έντομα.. Επιπλέον, πριν την αποθήκευση των προϊόντων, θα πρέπει να αφαιρεθεί η πλεονάζουσα υγρασία από αυτά, εμποδίζοντας έτσι την ανάπτυξη επιβλαβών εντόμων, καθώς η πλειονότητα τα εντόμων αποθηκών δεν μπορούν να προσβάλουν προϊόντα που διαθέτουν χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Σε περίπτωση που κάποιο προϊόν είναι προσβεβλημένο ή απεντομωθεί μερικώς, η είσοδός του στον αποθηκευτικό χώρο απαγορεύεται ρητά. Κλείνοντας, επισυνάπτεται η σημασία του ελέγχου σε όλα τα κλιμάκια της αποθηκευτικής διαδικασίας, δηλαδή πέραν του προϊόντος, τα υλικά συσκευασίας, μέσα συσκευασίας και μεταφοράς, τα οποία ύστερα από κάθε χρήση θα πρέπει να υφίστανται απεντόμωση (Σταμόπουλος, 1999, Αδαμόπουλος, 2013, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

### B. Μετά την αποθήκευση

Η ανίχνευση μιας εντομολογικής προσβολής, μέσω τακτικών και στοχευμένων ελέγχων των προϊόντων προς αποθήκευση ή επεξεργασία, δίνει την δυνατότητα λήψης μέτρων έγκαιρα καθιστώντας αποτελεσματικότερη την αντιμετώπιση των εντόμων, πριν προλάβουν δηλαδή, να αναπτύξουν μεγάλους πληθυσμούς. Απαραίτητοι είναι οι έλεγχοι, στους παράγοντες της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για όλη την χρονική περίοδο κατά την οποία, τα προϊόντα θα συντηρηθούν στον αποθηκευτικό χώρο. Επιπροσθέτως, αν εντοπιστούν νεκρά άτομα στο προϊόν έπειτα από τον έλεγχο, το προϊόν απομακρύνεται και επανεξετάζεται, ενώ είναι πολύ σημαντικό να πραγματοποιηθεί ενδελεχής έλεγχος για τυχόν παρουσία ζωντανών ατόμων. Για την εκτίμηση της ύπαρξης ή μη των εντόμων, γίνεται χρήση παγίδων με μέσο προσέλκυσης κάποια ελκυστική ουσία, (λ.χ. φερομόνες), και πραγματοποιείται συχνός έλεγχος εξετάζοντας το είδος και τον αριθμό των

εντόμων, με σκοπό να εκτιμηθεί το μέγεθος της προσβολής. (Bhadriraju et al, 1996, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

#### 2.2.4 Παρακολούθηση και αξιολόγηση της προσβολής

Εκτός από τις προαναφερθέντες μεθόδους για τον έλεγχο του προϊόντος πριν και μετά την αποθήκευση, έχουν διαμορφωθεί και άλλες εργαστηριακές τεχνικές και διαδικασίες παρακολούθησης και αξιολόγησης μιας εντομολογικής προσβολής.

- a) **Χρήση εντομοπαγίδων:** Κατάλληλη συσκευή, με σχήμα δειγματολήπτη διαθέτοντας διπλά τοιχώματα, τα οποία απαγορεύουν στο προϊόν να διαπεράσει στο εσωτερικό της συσκευής, αντιθέτως επιτρέπουν την είσοδο όχι όμως και την έξοδο των εντόμων. Η παρούσα μέθοδος, ενισχύεται με την χρήση μια ελκυστικής ουσίας (φερομόνης), διότι δεν πρόκειται για μια μέθοδο που αποδίδει με ταχύ ρυθμό. Παγίδες τέτοιου είδους χρησιμοποιήθηκαν με ιδιαίτερη επιτυχία στα έντομα *Tribolium sp.*, *Rhizopertha sp.*, και *Sitophilus granarius* (Fields et al, 2002, Μπουχέλος και Αθανασίου, 2000).
- b) **Συσκευή Asham – Simon:** Συσκευή που τίθεται σε κίνηση με το χέρι και αποδίδει σε ταινία χαρτιού τις κηλίδες των συνθλιβομένων εντόμων. Μεγάλης ευαισθησίας και παρουσιάζει με ακόμη και την μικρή προσβολή με αξιόλογη ακρίβεια.
- c) **Ακτίνες X:** Μέθοδος που χαρακτηρίζεται από ασφάλεια, γρήγορη ταχύτητα, η οποία μπορεί να ανιχνεύσει εσωτερικές προσβολές εντόμων και ακάρεων σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής τους. Πρόκειται για μια αρκετά δημοφιλή μέθοδο.
- d) **Προσδιορισμός CO<sub>2</sub>:** Υπολογίζεται η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) σε δείγματα ύστερα από 1 ημέρα παραμονής υπό ειδικές συνθήκες, όπου αν η προσδιοριζόμενη συγκέντρωση είναι μικρότερη του 1%, υποδηλώνεται ότι η προσβολή είναι ιδιαίτερα υψηλή. Οι απαιτούμενες επαναλήψεις, ο μη υπολογισμός των νεκρών καθώς και η παρεμβολή του CO<sub>2</sub> της αναπνοής του προϊόντος στον υπολογισμό, αποτελούν σημαντικά μειονεκτήματα της μεθόδου.

- e) **Ηλεκτροακουστική συσκευή:** Μετρά αόρατη προσβολή μέσα σε δείγμα, κυρίως σπόρων, μεταφράζοντας τους θορύβους που προκαλούνται από την κίνηση των εντόμων σε ενδείξεις
  
- f) **Εμβάπτιση σπόρου:** Πραγματοποιείται σε διαλύματα (σαλικυλικό Na σε νερό, με γλωροφόρμιο και ειδικό λάδι ή διάλυμα νιτρικού σιδήρου) διαφορετικής πυκνότητας, όπου οι προσβεβλημένοι σπόροι επιπλέουν λόγω μικρότερου ειδικού βάρους και υπολογίζεται η προσβολή.

(Schneider et al, 2003, Fields et al, 2002, Αναστασίου Θ., 2003, Αδαμόπουλος, 2013,

## 2.3 Θεραπευτικά μέσα

Αν παρόλο που λήφθηκαν τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη, ανιχνευθεί στο αποθηκευμένο προϊόν εντομολογική προσβολή, καθίσταται απαραίτητη η λήψη θεραπευτικών μέτρων με την εφαρμογή διάφορων μεθόδων για την αντιμετώπιση του εντόμου εχθρού. Η πλέον εφαρμοζόμενη μέθοδος είναι η χημική, η οποία ωστόσο σταδιακά τείνει να περιοριστεί, εξαιτίας της ανθεκτικότητας αρκετών εντόμων σε δραστικές ουσίες, αλλά και των επιπτώσεων στον ανθρώπινο οργανισμό και το περιβάλλον. Υπάρχουν, ορισμένες μέθοδοι, οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν μεμονωμένα ή και σε συνδυασμό με την χημική, επιτυγχάνοντας αποτελεσματικότερο έλεγχο των εντόμων και λιγότερη έως και ελάχιστη επίδραση στο περιβάλλον. Αυτές είναι, η φυσική μέθοδος, η μηχανική μέθοδος, η βιοτεχνολογική και η βιολογική (Μπουχέλος, 1996).

### 2.3.1 Φυσικές μέθοδοι

Η χρήση φυσικών μεθόδων αντιμετώπισης, μπορεί να οριστεί ως οι τεχνητές μεταβολές, στις οποίες μπορεί να υποβληθεί τόσο το περιβάλλον, δηλαδή ο αποθηκευτικός χώρος, όσο και το ίδιο το προϊόν, για την καλύτερη δυνατή προστασία τους από τους εχθρούς. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταβολές αφορούν την θερμοκρασία, την χρήση ηλεκτροστατικού πεδίου, ακτινοβολιών, ελεγχόμενων ατμοσφαιρών καθώς και της σκόνης γης διατόμων.(Σταμόπουλος, 1995, Μπουχέλος & Αθανασίου, 2000 , Μπουχέλος, 2005, Σαββοπούλου, et al. 2011)



➤ **Θερμοκρασία:** Πρόκειται για έναν παράγοντα, που επηρεάζει διάφορες βιολογικές λειτουργίες των εντόμων, όπως την ανάπτυξη, την συμπεριφορά, τον ρυθμό του μεταβολισμού τους καθώς και την δυνατότητα διασποράς τους. Κάθε έντομο επιβιώνει, αναπτύσσεται και αναπαράγεται εντός ενός εύρους θερμοκρασιακών τιμών, εάν η θερμοκρασία μετακινηθεί εκτός αυτού είτε ανοδικά είτε καθοδικά, το έντομο παύει να αναπτύσσεται ή και πεθαίνει. Η πλειονότητα των εντόμων, εμφανίζουν ευαισθησία στις υψηλές θερμοκρασίες, πιο συγκεκριμένα σε θερμοκρασία αυξημένη κατά 4-5 βαθμούς από την επιθυμητή ελαττώνεται σταδιακά ο ρυθμός ανάπτυξης, ενώ στους 60-65 βαθμούς πεθαίνουν όλα τα έντομα ανεξάρτητα από το στάδιο ανάπτυξής τους (Αθανασίου, 2015). Στην πράξη, χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες 52 – 55 °C για 3 – 4 ώρες. Η διάρκεια εφαρμογής των ακραίων αυτών μεταβολών στον παράγοντα της θερμοκρασίας, καθορίζονται από το είδος του εντόμου, το στάδιο ανάπτυξης του, την αντοχή που εμφανίζει στις μεταβολές της θερμοκρασίας και το είδος του αποθηκευτικού υλικού (Fields, 1992).

Η χρήση <<θερμότητας>> όπως ορίζεται διαφορετικά, ως μέσο απεντόμωσης είναι πολύ αποτελεσματική, εφικτή και οικονομική, γεγονός το οποίο απορρέει αν αναλογιστεί κάποιος, ότι στο περιβάλλον της αποθήκης επικρατούν θερμοκρασίες περίπου 25°C είναι πιο πρακτικό και εύκολο να αυξηθεί στους 52-55°C παρά να ελαττωθεί κατά πολύ περισσότερο. Επιπλέον, στα πλεονεκτήματα της χρήσης θερμότητας συγκαταλέγονται ότι παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό θνησιμότητας των εντόμων, ενώ δεν επιφέρει κάποιο κίνδυνο στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Ωστόσο, μπορεί η χρήση υψηλών θερμοκρασιών να αποβεί καταστρεπτική για την διάρκεια ζωής και ακολούθως την ποιότητα του αποθηκευμένου προϊόντος. Επιπροσθέτως, η μέθοδος δεν παρουσιάζει εκλεκτικότητα, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται και τα ωφέλιμα έντομα, είτε με την ελάττωση της ικανότητάς τους να παρασιτούν, όπως στην περίπτωση του *V. canescens* (Andreadis et al, 2011a), είτε με την θανάτωσή τους.

Η μέθοδος του <<ψύχους>>, δηλαδή της ελάττωσης της θερμοκρασίας, είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη, διότι προσφέρει την δυνατότητα είτε μείωσης του ρυθμού ανάπτυξης, της διατροφής, αναπαραγωγής είτε μείωση της επιβίωσης των εντόμων, παραταύτα στην έκθεση για μεγάλο χρονικό διάστημα ενδέχεται τα έντομα να αναπτύξουν ανθεκτικότητα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται ιδιαίτερα και στα νωπά φρούτα, όπου η θερμοκρασία αποθήκευσής τους είναι ήδη χαμηλή, και για την θανάτωση των εντόμων συνίσταται η ψύξη, ώστε να μην αλλοιωθεί το προϊόν. Σύμφωνα με τους Andreadis et al. (2012a), η μέση θερμοκρασία υπέρψυχης των ακμαίων του *T.confusum* (-21.7°C), είναι διαφορετική από των *O. Surinamensis* (-22.6 °C) και *T. granarium* (-21.6 °C), διαπίστωση λογική καθώς η αποτελεσματικότητα του <<ψύχους>>, επηρεάζεται από το είδος αλλά και το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου. Η απεντόμωση με χαμηλές θερμοκρασίες έχει ένα μείζον μειονέκτημα,

απαιτεί πολύ χρόνο, διότι το ψύχος αργεί να διεισδύσει και επομένως δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλη έκταση. Οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως από -5 ως -35°C.

Η μείωση της θερμοκρασίας, η οποία είναι αρκετά δαπανηρή, πραγματοποιείται με ρεύμα ψυχρού αέρα αδρανοποιώντας τα έντομα χωρίς όμως να τα θανατώνει, ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας πραγματοποιείται με θερμό ρεύμα αέρα, με συσκευές μικροκυμάτων καθώς και την χρήση υπερϊώδους ακτινοβολίας (Σταμόπουλος, 2013).

(Σταμόπουλος 1995, Σαββοπούλου, et al., 2011, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018)

- **Ηλεκτροστατικό πεδίο** Αυτή η φυσική μέθοδος απεντόμωσης, στηρίζεται στη χρήση ειδικών μηχανημάτων, που παράγουν υψηλής συχνότητας και έντασης ρεύμα. Το ρεύμα αυτό, έπειτα διαβιβάζεται στο προϊόν, όπου επιφέρει τον θάνατο των εντόμων, αυξάνοντας την θερμοκρασία του σώματός τους, δίχως να επηρεάζεται αισθητά η θερμοκρασία των προϊόντων. Οι μηχανές αυτές, παρέχουν την δυνατότητα ρύθμισης της έντασης του παραγόμενου ρεύματος, ανάλογα με το είδος του εντόμου και το προς απεντόμωση προϊόν. Η παρούσα μέθοδος είναι περιορισμένη και επομένως δεν παρουσιάζει ευρεία εφαρμογή, παρόλα τα επιτυχή περάματα για απεντόμωση αποθηκευμένων προϊόντων (Σαββοπούλου, et al., 2011, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018)
  
- **Ελεγχόμενη ατμόσφαιρα:** Η ελεγχόμενη ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Modified Atmosphere), είναι μια ιδιαίτερα σημαντική μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο, για την απεντόμωση ξηρών καρπών και σπόρων σιτηρών (Navarro et al. 2012). Η εφαρμογή της μεθόδου, στηρίζεται στη διαμόρφωση ενός ανεπιθύμητου περιβάλλοντος για τα έντομα, στοχεύοντας στον έλεγχο του πληθυσμού τους, ενώ προσβάλουν προϊόντα σε αποθηκευτικούς χώρους. Ο έλεγχος αυτός επιτελείται με την μεταβολή του ατμοσφαιρικού αέρα, είτε με την προσθήκη διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ή αζώτου (N<sub>2</sub>) είτε με την αφαίρεση οξυγόνου (O<sub>2</sub>). Οι προηγούμενες συνθήκες που αναφέρθηκαν, εάν συνδυαστούν με μεταβολή της σχετικής υγρασίας ή της ατμοσφαιρικής πίεσης, θα οδηγήσουν στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου, όπως παρατηρήθηκε από τους Jay et al. (1971) για τα είδη *Tribolium confusum* και *Tribolium castaneum*, αυξάνοντας έως και 98% τη θνησιμότητά των εντόμων (Σαββοπούλου, et al., 2011, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018 ).

- **Ακτινοβολία:** Αυτή η φυσική μέθοδος απεντόμωσης βασίζεται στην εφαρμογή ακτινοβολίας, είτε ιονίζουσας είτε μη. Η ιονίζουσα ακτινοβολία, είναι δέσμη ηλεκτρονίων ή δέσμη ακτίνων γ, όπου στην προκειμένη περίπτωση χορηγείται στα έντομα, επιδρώντας σε αυτά, είτε με την παραγωγή ιόντων ή ελεύθερων ριζών είτε με το σπάσιμο των χημικών δεσμών. Χρησιμοποιείται στα έντομα αποθηκών, ή για την απεντόμωση του προϊόντος ή για την στείρωση των εντόμων, ώστε να μειωθεί ο πληθυσμός τους. Αντιλαμβανόμενοι βέβαια ότι τα στερωμένα έντομα, συνεχίζουν να τρέφονται από το αποθηκευμένο προϊόν, ζημιώνοντας το ποιοτικά και αισθητικά, η χρήση της μεθόδου εστιάζει περισσότερο στην μείωση του πληθυσμού των εντόμων (Σταμόπουλος, 2013). Για την εφαρμογή της ακτινοβολίας στα έντομα απαιτείται η ύπαρξη ειδικών εγκαταστάσεων, εξοπλισμού, καθώς και λειτουργία υπόγειου πυρηνικού αντιδραστήρα (Σαββοπούλου, et al., 2011, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).
  
- **Αδρανείς σκόνες:** Από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα γίνεται χρήση των αδρανών σκονών στην αντιμετώπιση των εντόμων, ως εντομοκτόνα. Διακρίνονται τέσσερις βασικοί τύποι αδρανών σκονών, το χώμα, η γη διατόμων, οι πυριτικές ουσίες και οι μη πυριτικές σκόνες. Η δράση τους οφείλεται στην ξήρανση των εντόμων, τα οποία πεθαίνουν όταν αποβάλουν το 60% του ύδατος και το 30% του σωματικού τους βάρους. Το στοιχείο του πυριτίου έχει την ιδιότητα να απορροφά και να συγκρατεί ελαιώδεις και κηρώδεις ουσίες, έως και τρεις φορές μεγαλύτερες του βάρους του, επομένως τα έντομα όταν έρχονται σε επαφή με την σκόνη πυριτίου, αυτή απορροφά τις κηρώδεις ουσίες του εξωσκελετού τους. Η γη διατόμων είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος εφαρμογής των αδρανών σκονών, όπου πρόκειται για μια φυσική ουσία που δημιουργείται από την συσσώρευση απολιθωμένων καταλοίπων διατόμων από παλιές γεωλογικές περιόδους (Αδαμόπουλος, 2013). Τα διάτομα, είναι μονοκύτταρα υδρόβια φυτά μικροσκοπικού μεγέθους, τα οποία καλύπτονται από ένα λεπτό κέλυφος πυριτίου. Η γη διατόμων γδέρνει την κουτίκουλα, με αποτέλεσμα το έντομο να χάσει σημαντική απώλεια ύδατος, καθώς η κουτίκουλα είναι το μέσο συγκράτησης του σωματικού ύδατος (Σταμόπουλος 1995, Ηλιόπουλος 2005.). Ακόμη, παρατηρώντας την γη διατόμων στο μικροσκόπιο, διαπιστώνεται ότι κατέχει αιχμηρά άκρα στους κόκκους της, χαρακτηριστικό το οποίο μπορεί να προκαλέσει κάποιο τραυματισμό στον εξωσκελετό των εντόμων, εάν κάποιο έντομο περπατήσει πάνω της, οδηγώντας σταδιακά στην αφυδάτωση του και εν τέλει στον θάνατο. Η χρήση της στην αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών χαρακτηρίζεται ως αρκετά υποσχόμενη, με την δράση της στα έντομα να στοχεύει στην ξήρανση του εντόμου, όπως όλες οι αδρανείς σκόνες (Σαββοπούλου, et al., 2011, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

### 2.3.2 Μηχανικές Μέθοδοι

Η χρήση μηχανικών μεθόδων για την αντιμετώπιση μιας προσβολής, συνάδει με την τροποποίηση ορισμένων μεταβλητών του περιβάλλοντος και του προϊόντος, με στόχο την αδρανοποίηση ή θανάτωση των εντόμων. Στις μεθόδους αυτές περιλαμβάνονται, το κοσκίνισμα, η ξήρανση, η πίεση, το κενό, και η χρήση φυγοκεντρικών μηχανών (entoleter). Λόγω του ειδικού εξοπλισμού που απαιτούν, καθιστούν ιδιαίτερα δαπανηρή την χρήση τους, παρόλο την αποτελεσματικότητά τους. Συνίσταται, ο συνδυασμός τους και με κάποια άλλη μέθοδο αντιμετώπισης (Walter, 1990, Σταμόπουλος, 1995, Μπουχέλος, 2005).

- **Κοσκίνισμα:** Με την χρήση των κόσκινων κατάλληλης διαμέτρου, πραγματοποιείται η απομάκρυνση των εντόμων καθώς και ποικίλων ξένων υλών, ενώ συγκρατείται το προϊόν. Ωστόσο η απομάκρυνση των εντόμων, είτε ολόκληρων είτε στο εσωτερικό των σπόρων δεν επιτελείται σε άριστο ποσοστό, γεγονός που αποτελεί ένα σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου (Walter, 1990, Μπουχέλος, 2005).
- **Ξήρανση:** Αρετές φορές η ξήρανση, χρησιμοποιείται για την μείωση της πλεονάζουσας υγρασίας στα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα. Με τον τρόπο αυτό εμποδίζεται η δράση των εντόμων έμμεσα, ενώ των μυκήτων και ακάρεων των αποθηκών άμεσα, διότι δεν μπορούν να επιβιώσουν σε συνθήκες σχετικής υγρασίας χαμηλότερες από 70% RH. Επομένως, το προϊόν διατηρείται ακέραιο, αυξάνοντας μέσω της παρούσας μεθόδου το χρονικό διάστημα συντήρησής του (Phillips & Throne, 2010).
- **Πίεση:** Ο πεπιεσμένος αέρας, εξυπηρετεί δύο χρήσεις. Αρχικά, βρίσκει εφαρμογή στην θανάτωση των εντόμων, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στο εκκονισμένο βαμβάκι κατά την δεματοποίηση, επιφέροντας το θάνατο στα ακμαία άτομα. Επιπλέον, εφαρμόζεται και στα μηχανήματα, στους χώρους, στα σκεύη, στον εξοπλισμό για τον καθαρισμό τους και την απαλλαγή τους από προσκολλημένα σε αυτά έντομα. (Walter, 1990, Μπουχέλος, 2005, ).
- **Κενό:** Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο, πραγματοποιείται απομάκρυνση του ατμοσφαιρικού αέρα από τα προϊόντα που είναι αποθηκευμένα σε ειδικούς κλειστούς χώρους (silos). Η απομάκρυνση του αέρα σε συνδυασμό με την παράλληλη αύξηση της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub>, από την αναπνοή των προϊόντων, έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση ασφυξίας στα έντομα, καθότι το περιβάλλον το δημιουργείται δεν καθίσταται επιθυμητό για την διαβίωσή τους. Η παρούσα τεχνική δεν εφαρμόζεται ιδιαίτερα, λόγω

των μειονεκτημάτων που παρουσιάζει, όπως ότι είναι δαπανηρή αλλά και η ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών. (Walter, 1990, Σταμόπουλος 1995)

- **Entoleter (Φυγοκεντρική συσκευή):** Πρόκειται για μια εντομοκτόνος συσκευή, η οποία αποτελείται από ένα ζεύγος μεταλλικών δίσκων περιστρεφόμενων γύρω από ένα κεντρικό άξονα με μεγάλη ταχύτητα (>2900rpm). Η μέθοδος έχει διαπιστωθεί ότι είναι αποτελεσματική για έντομα και ακάρεα σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Αυτή η συσκευή συνθλίβει τα έντομα και τους προσβεβλημένους σπόρους, με μεγάλη ταχύτητα φυγοκεντρικής περιστροφής και δύναμη πρόσκρουσης, με σκοπό να απαλλαγεί τόσο τα έντομα όσο και τους προσβεβλημένους σπόρους, αλλά και να αφήσει ανέπαφους και ακέραιους τους υγιείς σπόρους. Η χρήση της μεθόδου, αφορά κυρίως τους αποθηκευμένους σπόρους και τα άλευρα σιτηρών, ενώ συναντάται σε αλευρόμυλους. (Μπουχέλος 2005, Ναβροζίδης & Ανδρεάδης, 2012)

### 2.3.3 Χημικές Μέθοδοι

Με την εφαρμογή των χημικών μεθόδων, επιδιώκεται κάθετος έλεγχος των εντόμων εχθρών που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, είτε χρησιμοποιηθούν πριν, είτε μετά την εισαγωγή του προϊόντος στον αποθηκευτικό χώρο, προκαλώντας βλάβες στις φυσιολογικές λειτουργίες του εντόμου, όπως διακοπή της ανάπτυξης, παράλυση ή και να οδηγήσουν στο θάνατο, εξασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο την ασφάλεια και τη διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017). Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται, αποτελούν συστατικά πολλών σκευασμάτων των εντομοκτόνων, τα οποία είτε υπάγονται στα φυτοφάρμακα είτε στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα. (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Ανάλογα με τον τρόπο δράσης και εισόδου τους στα έντομα κατηγοριοποιούνται ως εντομοκτόνα επαφής, εντομοκτόνα στομάχου, εντομοκτόνα επαφής και στομάχου και καπνιστικά εντομοκτόνα. Οι κυριότερες κατηγορίες εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται στην απεντόμωση των αποθηκευμένων προϊόντων είναι τα εντομοκτόνα επαφής καθώς και ορισμένα έχουν και δράση επαφής-στομάχου που εφαρμόζονται με απευθείας ψεκασμό και τα καπνογόνα.

- **Απεντόμωση με ψεκασμό:** Τα εντομοκτόνα επαφής αυτά, εισέρχονται στο εσωτερικό του εντόμου ύστερα από επαφή με αυτό, δια μέσω των αναπνευστικών τρημάτων, είτε από τους ταρσούς ή από το σωματικό περίβλημα και δρουν στο νευρικό σύστημα των εντόμων. Ύστερα μέσω της κυκλοφορίας

τους στην αιμόλεμφο θανατώνουν τα έντομα εχθρούς (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017). Εφαρμόζονται κυρίως οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά και πυρεθρινοειδή. Αξιόλογοι εκπρόσωποι των οργανοφωσφορικών είναι τα Acephate, Chlorpyrifos, Dichlorvos, Fenthion, Malathion και Pyrimiphos methyl. Από τα οργανοφωσφορικά σκευάσματα, το pirimiphos-methyl, αποτελεί μια αρκετά αποτελεσματική δραστική ουσία για πολλά είδη εντόμων και εφαρμόζεται ή με ψεκασμό στο προϊόν ή ως σκόνη στο προϊόν. Οι Athanassiou et al., (2009) διαπίστωσαν ότι είναι αποτελεσματικό έναντι 5 ειδών ψωκοπτέρων στον αραβόσιτο, ενώ οι Rumbos et al., (2013) παρατήρησαν θνησιμότητα 100% στο Sitophilus ύστερα από 7 ημέρες με δόση 1 ppm. Από τα καρβαμιδικά το carbaryl, το propoxur και από τα πυρεθρινοειδή τα deltamethrin, cyfluthrin, beta-cyfluthrin. Το deltamethrin, επίσης, της ομάδας των πυρεθρινοειδών, το οποίο επιδρά στο νευρικό σύστημα του εντόμου προκαλώντας τη μετάδοση αλληπάλληλων νευρικών σημάτων, την υπερδιέγερση και τελικά το θάνατο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών και κυρίως κολεοπτέρων (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012, Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017).

Επιπλέον, μια άλλη δραστική ουσία, η οποία δεν ανήκει στις ανωτέρω ομάδες, αλλά έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα σε πειράματα είναι το spinosad (ομάδα σπινουσίνες). Οι Kavallieratos et al. (2010b), όταν το εφάρμοσαν σε 4 ποικιλίες σιτηρών εναντίον των *R.dominica*, *S. Oryzae* και *T. Confusum*, διαπιστώνοντας ότι τα δυο πρώτα ήταν ευαίσθητα σε αυτό ακόμη και στην μικρότερη χορηγούμενη δόση, εν αντιθέσει με το *T. Confusum* που απαιτούσε αυξημένη δόση και διάρκεια έκθεσης στην ουσία. (Μπουχέλος 2005, Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Η πλειονότητα των παραπάνω σκευασμάτων εφαρμόζεται με ψεκασμό, ενώ ορισμένα με επίπαση. Εάν η εφαρμογή γίνει σε μικρούς χώρους, απαιτούνται ψεκαστήρες πλάτης, ενώ εάν ο χώρος είναι αρκετά μεγάλος απαιτούνται ψεκαστήρες υπερμικρού όγκου (ULV) (Ρούσος, 2007). Τέλος, το είδος του εντόμου, η ηλικία, η φυσιολογία, η συμπεριφοροφορά, περιβαλλοντικοί παράγοντες, η ανάπτυξη ανθεκτικότητας, ο χρόνος και ο τρόπος εφαρμογής του σκευάσματος επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

- Ρυθμιστές ανάπτυξης (Insect Growth Regulators, IGRs) : Πρόκειται για μια σχετικά νέα κατηγορία εντομοκτόνων, προερχόμενη από την ιδέα των επιστημόνων να χρησιμοποιήσουν ορμόνες με σκοπό να επηρεάσουν τις φυσιολογικές λειτουργίες των εντόμων (π.χ. η σύνθεση χιτίνης, η έκδυση, μεταμόρφωση κ.ά.). Δρουν σε ένα συγκεκριμένο στάδιο του βιολογικού κύκλου του εντόμου,

επομένως ο χρόνος εφαρμογής τους, να επηρεάζει άμεσα την αποτελεσματικότητά τους. Δεν παρουσιάζουν τοξικότητα για τον άνθρωπο και τα ανώτερα θηλαστικά, καθώς δεν διαθέτουν αυτές τις λειτουργίες και είναι φιλικά προς το περιβάλλον (λόγω μειωμένης υπολειμματικότητας). Ακόμη στα πλεονεκτήματα των IGRs εντάσσονται η εκλεκτική δράση τους στα έντομα στόχους, και η μικρή πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας των εντόμων αποθηκών σε αυτούς, ωστόσο έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις εντόμων που ανέπτυξαν ανθεκτικότητα (Staal, 1975). Ανάλογα με τον μηχανισμό δράσης τους σε βιοχημικό επίπεδο διακρίνονται σε παρεμποδιστές βιοσύνθεσης της χιτίνης και σε μιμητικά ορμονών νεότητας (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

- Παρεμποδιστές βιοσύνθεσης της χιτίνης: Δρουν, παρεμποδίζοντας στο στάδιο της προνύμφης, τη σύνθεση της χιτίνης, που αποτελεί συστατικό του εξωσκελετού του εντόμου, αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο, το σχηματισμό του νέου δερματοσκελετού του κατά την έκδυση (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Σε ορισμένες περιπτώσεις, έχει παρατηρηθεί ότι η εφαρμογή των IGRs σε ακμαία άτομα, προκάλεσε την γέννηση στειρών ωών στην επόμενη γενεά. Αξίζει να σημειωθεί ότι ακριβής μηχανισμός της αναστολής της βιοσύνθεσης της χιτίνης δεν είναι γνωστός (Oberlander et al., 1991). Κύριοι εκπρόσωποι αποτελούν το diflubenzuron, teflubenzuron, flufenoxuron κ.ά. Οι Mian and Mulla, (1982) εφάρμοσαν τέσσερα είδη ρυθμιστών ανάπτυξης (IGRs) με δόση 5 ppm, εναντίον του *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Tribolium castaneum* (Herbst), *Rhyzopertha dominica* (F.), and *Sitophilus oryzae* (L.) διαπιστώνοντας ότι το diflubenzuron ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικό εναντίον των ωών και προνυμφών larvae *O. surinamensis*, *T. castaneum*, and *R. dominica*. Άλλα πειράματα έδειξαν ότι το chlorfluazuron, αποδείχθηκε πιο αποτελεσματικό από ότι το diflubenzuron, triflumuron και το teflubenzuron στην αντιμετώπιση των *T. Castaneum*, *O. surinamensis*, *R. dominica* και *S. oryzae* (Elek and Longstaff, 1994, Bhadriraju et al, 1996, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018)
- Μιμητικά ορμονών νεότητας: Τα μιμητικά ορμόνης νεότητας ως εντομοκτόνα, είναι ρυθμιστές που επηρεάζουν την λειτουργία του ενδοκρινικού συστήματος του εντόμου. Παρεμποδίζουν δηλαδή, την νύμφωση των προνυμφών, μιμούμενα την δράση της ορμόνης νεότητας (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Κυριότεροι εκπρόσωποι χαρακτηρίζονται το fenoxycarb, pyriproxyfen, το methoprene κ.ά. Το Methoprene, έχει διαπιστωθεί ότι είναι αρκετά αποτελεσματικό για την αντιμετώπιση πολλών εντόμων αποθηκών, παρουσιάζοντας και ωοκτόνω δράση στα είδη *O. surinamensis* και *R. dominica* (Mian and Mulla, 1982). Επίσης, ο συνδυασμός των ρυθμιστών ανάπτυξης lufenuron x fenoxycarb, έδωσε πολύ καλά

αποτελέσματα στην αντιμετώπιση ακμαίων ατόμων του *P. truncatus* και του *R. dominica* που αναπτύσσονται σε σπόρους σιτηρών (Kavallieratos et al, 2012). Ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει από τα ανωτέρω πειράματα, αλλά και τις ιδιότητες που παρουσιάζει η συγκεκριμένη κατηγορία εντομοκτόνων, είναι πως οι ρυθμιστές ανάπτυξης μπορούν να αποτελέσουν κομμάτι ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης των εντομολογικών προσβολών (Oberlander et al., 1978, Walter, 1990, Σταμόπουλος 1995, Bhadriraju et al, 1996, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Αξίζει να αναφερθεί σε αυτό το σημείο, ότι πολλά έντομα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα έχουν αρχίσει να αποκτούν ανθεκτικότητα σε ορισμένες δραστικές ουσίες, πιο συγκεκριμένα το *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum*, *Rhizopertha dominica*, *Ephestia cautella* στο malathion, ενώ το *Sitophilus spp.* στα πυρεθρινοειδή (Arthur, 1996). Η χρήση εντομοκτόνων επαφής στις απεντομώσεις ωστόσο, οδεύει προς εγκατάλειψη εξαιτίας του κινδύνου της παρουσίας τοξικών υπολειμμάτων (Αθανασιάδης, 2007).

- **Καπνιστικά εντομοκτόνα (καπνογόνα ή ασφυκτικά):** Η απεντόμωση με υποκαπνισμό, χρησιμοποιεί τα λεγόμενα ασφυκτικά (καπνιστικά ή καπνογόνα) εντομοκτόνα, τα οποία εισέρχονται στο σώμα του εντόμου μέσω της αναπνευστικής οδού του εντόμου, ως αέρια ή ατμοί προκαλώντας ασφυξία καθώς και διάφορα άλλα αναπνευστικά προβλήματα και τελικά το θάνατο. Με βάση την γεωργική φαρμακολογία είναι χημικές ουσίες που εκδηλώνουν την τοξικότητά τους με ατμούς στα έντομα εχθρούς που προσβάλλουν καλλιέργειες, αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα αλλά και διάφορα είδη υλικών (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Εφαρμόζονται σε κλειστούς χώρους ή χώρους που μπορούν να σκεπαστούν, ώστε να συγκρατηθεί το αέριο, ή και στο έδαφος, και συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή κατά την χρήση τους καθώς εξαπλώνονται και διεισδύουν σε σύντομο χρονικό διάστημα. Ακόμη το προσωπικό θα πρέπει να είναι άρτια εξοπλισμένο και εξειδικευμένο για την αποφυγή τυχόν δηλητηριάσεων (Walter, 1990, Σταμόπουλος 1995, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018)
- Τα κυριότερα καπνιστικά εντομοκτόνα που εφαρμόστηκαν στο παρελθόν είναι το βρωμοαιθάνιο, οξείδιο του αιθυλενίου, υδροκυάνιο, το βρωμιούχο μεθύλιο και η φωσφίνη. Σήμερα, χρησιμοποιούνται η φωσφίνη, και το pirimiphos – Methyl καθώς όλα τα υπόλοιπα έχουν καταργηθεί, ωστόσο αξίζει μια αναφορά και στο μέχρι πρόσφατα χρησιμοποιούμενο βρωμιούχο μεθύλιο. (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Το Βρωμιούχο μεθύλιο ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ), είναι ένα καπνιστικό εντομοκτόνο, το οποίο έχει αρκετές ιδιότητες που το καθιστούν εξαιρετικά αποτελεσματικό στην αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών, όπως η



διδυτική του ικανότητα, η δυνατότητα γρήγορης διάχυσης καθώς και το ευρύ φάσμα δράσης του. Παρόλα τα ανωτέρω όμως, είναι ιδιαίτερα τοξικό για τον άνθρωπο και τα ζώα, (θανατηφόρος συγκέντρωση 7,7 g/m<sup>3</sup> αέρα επί 30 – 60 λεπτά) , ενώ είναι και άοσμο δυσκολεύοντας έτσι την ανίχνευσή του αλλά και διότι επιφέρει την καταστροφή του όζοντος της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα να καταργηθεί σε πολλές χώρες (Μπουχέλος 2005, Σταμόπουλος, 2013, Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Συνεχίζοντας, η χρήση της φωσφίνης (PH<sub>3</sub>) συμβάλλει όπως προαναφέρθηκε στην απεντόμωση με υποκαπνισμό των αποθηκευτικών χώρων, επιδρώντας στο αναπνευστικό σύστημα των εντόμων. Είναι ένα εξαιρετικά τοξικό και εύφλεκτο άχρωμο αέριο, με σημείο ζέσεως -87,4°C με προϋπόθεση την ύπαρξη υγρασίας στο χώρο, ώστε να απελευθερωθεί από τα σκευάσματα (aluminium phosphide, magnesium phosphide κ.ά.) (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Ακόμη η αποτελεσματικότητα της φωσφίνης επηρεάζεται από το είδος του εντόμου, τη μορφή του σκευάσματος την θερμοκρασία και υγρασία του προϊόντος. Υπάρχουν όμως και έντομα σύμφωνα με τους Pimentel et al. (2009) όπως το *S. Zeamais* που εμφανίζουν ανθεκτικότητα στην φωσφίνη (Σταμόπουλος 1995, Μπουχέλος 2018).

Κατά την επιλογή του κατάλληλου καπνιστικού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν: το σημείο ζέσεως του καπνιστικού, μέγιστο συγκέντρωσης της τοξικής ουσίας, διάχυση και διεισδυτικότητα, το ειδικό βάρος και κατανομή του καπνιστικού, επιδράσεις καπνιστικών στα προϊόντα, δόσεις και συγκεντρώσεις καπνιστικού και το θανατηφόρο γινόμενο (Σταμόπουλος, 1995).

- Η απεντόμωση με καπνογόνα, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις τρόπους, ειδικότερα α) με απλή τοποθέτηση των καπνογόνων μέσα στον όγκο του προϊόντος. Σε αυτόν τον τρόπο εφαρμογής του καπνογόνου, πραγματοποιείται η εναπόθεση δισκίων φωσφορούχου αργιλίου (εκλύει φωσφίνη), σε διαφορετικά βάρη του σωρού με τη χρήση μακρών σωλήνων. Ακόμη μπορεί να πραγματοποιηθεί β) σε ειδικούς αεροστεγείς θαλάμους, στους οποίους παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης της ατμοσφαιρικής πίεσης και της καλής ανάδευσης του αερίου, ώστε να μην εμφανίζεται η λεγόμενη <<στρωμάτωση>>. Και τέλος με γ) την εφαρμογή ειδικών πλαστικών καλυμμάτων (Tarpaulin), που είναι αδιαπέραστα από τα καπνογόνα, και χρησιμοποιούνται και σε κλειστούς και σε ανοιχτούς χώρου, εφόσον σκεπαστούν τα προϊόντα με αυτά. Εκτός από τους παραπάνω τρόπους απεντόμωσης, υπάρχουν και ειδικές εγκαταστάσεις απεντόμωσης σε αρκετούς σύγχρονα εξοπλισμένους αποθηκευτικούς χώρους, οι οποίες παρέχουν την δυνατότητα διαμοιρασμού του καπνογόνου μέσα στον όγκο του προϊόντος με την βοήθεια σωληνώσεων (Heaps, 2016, Phillips & Throne, 2010; Hagstrum & Subramanyam, 2008).

### 2.3.4 Βιοτεχνικές και Βιοτεχνολογικές Μέθοδοι

Η βιοτεχνολογική αντιμετώπιση των εντομολογικών εχθρών που παρουσιάζονται στα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, εστιάζει στη χρήση παγίδων, φερομονών, ή και ο συνδυασμός τους, φυτοχημικών ουσιών (π.χ. αιθέριων ελαίων) και ανθεκτικών ποικιλιών (Μπουχέλος, 2018).

- **Παγίδες και Φερομόνες:** Οι παγίδες, διαδραματίζουν μια πολύ σημαντική θέση στην αντιμετώπιση των εντόμων εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, καθώς ανάλογα το έντομο, συμβάλλουν τόσο άμεσα στην καταπολέμησή του, όσο και έμμεσα στην παρακολούθηση της πληθυσμιακής του πυκνότητας. Για την πλειονότητα των ειδών, η χρήση παγίδων αφορά την παρακολούθηση της διακύμανσης του πληθυσμού του εντόμου, αποσκοπώντας στον προσδιορισμό του χρόνου επέμβασης καθώς και της μεθόδου/μέτρων που θα εφαρμοστούν. Οι παγίδες κατηγοριοποιούνται, ανάλογα με το μέσο παγίδευσης ή θανάτωσης, (κολλητικές, τύπου σόντας, ηλεκτρικές), το υλικό κατασκευής (χάρτινες πλαστικές, μεταλλικές), το σχήμα τους (τύπου δέλτα, κυματοειδούς χάρτου κ.ά.) και με το αν απαιτούν την ανάρτησή τους η όχι (εναέριες, επιφανειακές). Η παγίδευση, στηρίζεται στην αξιοποίηση του φαινομένου του «τροπισμού ή τακτισμού» που εκδηλώνουν τα έντομα, δηλαδή του προσανατολισμού και εν συνεχεία της αντανακλαστικής μετατόπισης (θετική ή αρνητική) τους, υπό την επίδραση ενός δεδομένου ερεθίσματος. Σύμφωνα με το είδος του ερεθίσματος, ο τροπισμός διακρίνεται σε κατηγορίες, με την κυριότερες από αυτές να είναι οι ακόλουθες : (Μπουχέλος και Αθανασίου, 2000, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018, Μπουχέλος 2018).
- Στερεοτροπισμός – Θιγμοτακτισμός: η τάση που παρουσιάζουν τα έντομα, να φέρουν σε επαφή το σώμα τους και να το προσκολλήσουν επάνω σε συμπαγής επιφάνειες (θετικός στερεοτροπισμός).
  - Φωτοτροπισμός: χαρακτηρίζεται η προσέλκυση των εντόμων από μια φωτεινή πηγή, από την οποία έπειτα θανατώνονται μέσω ηλεκτροφόρων πλεγμάτων. Εφαρμόζεται κυρίως για ιπτάμενα έντομα σε κλειστούς χώρους, που εκδηλώνουν θετικό φωτοτροπισμό με τη χρήση φωτεινών ή ηλεκτρικών παγίδων. Τα *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Oryzaephilus mercator*, *Prostephanus truncatus*, *Tenebroides mauritanicus* είναι μερικά από τα έντομα που χαρακτηρίζονται ως αρνητικά στον φωτοτροπισμό, με αποτέλεσμα αυτού του τύπου οι παγίδες να μην είναι αποτελεσματικές για αυτά.
  - Χημειοτροπισμός: η ιδιότητα των εντόμων να αντλαμβάνονται από μεγάλες αποστάσεις, χαρακτηριστικές οσμές από τις οποίες είτε έλκονται είτε απωθούνται. Στο συγκεκριμένο είδος τροπισμού εντάσσονται οι φερομόνες, οι οποίες εφαρμόζονται σε ευρεία κλίμακα στις παγίδες που τοποθετούνται στους αποθηκευτικούς χώρους, εξαιτίας της σταθερότητας των συνθηκών

(θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, φωτισμός) που επικρατούν σε αυτούς. (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Οι φερομόνες (pheromones), είναι πτητικές οργανικές ενώσεις (ακόρεστες αλκοόλες, ακόρεστοι υδρογονάνθρακες κ.ά.), οι οποίες εκκρίνονται από το ενήλικο έντομο, με στόχο την προσέλκυση του αντίθετου φύλου ή την ανεύρεση τροφής ή για την μεταξύ τους αναγνώριση και επικοινωνία (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017). Στον τομέα της φυτοπροστασίας, η συνδυασμένη χρήση των παγίδες και των φερομονών, συμβάλει στην αναγνώριση της ύπαρξης διαφόρων εντόμων και στην δυνατότητα παρακολούθησης του πληθυσμού τους καθώς και στην ελάττωση της πληθυσμιακής τους πυκνότητας (Phillips et al. 2000). Στον πρώτο τρόπο χρήσης, απαιτούνται αριθμητικά λίγες παγίδες με σεξουαλική φερομόνη καθώς και κόλλα ή κάποιο εντομοκτόνο, ώστε να προσελκυστεί το άρρεν και να παγιδευτεί, ενώ ο δεύτερος τρόπος δύναται να πραγματοποιηθεί είτε α) με χρήση πολλαπλών παγίδων, ώστε να συλληφθεί μεγάλος αριθμός αρρένων ατόμων, με αποτέλεσμα τα θήλεα να μην γονιμοποιηθούν και έτσι να μειωθεί αισθητά η επόμενη γενεά, είτε β) με ψεκαστήρες που θα διανέμουν τη σεξουαλική ορμόνη, προκαλώντας έτσι την σύγχυση των αρρένων και την αδυναμία τους να συζευχθούν με τα θήλεα (Μπουχέλος και Αθανασίου, 2000, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018)

- **Φυτοχημικές ουσίες:** Τα φυτά για την άμυνα τους εναντίων εντόμων εχθρών, παράγουν εντομοκτόνες ή εντομοαπωθητικές ουσίες, οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές ως εντομοαπωθητικά στην αποθήκευση των προϊόντων. Διαρκώς πραγματοποιούνται επιτυχείς εφαρμογές διαφόρων ειδών φυτικών ουσιών, όπως αιθέρια έλαια (essential oils), φυτικά έλαια (plant oils) και κονιοροποιημένα φυτά (botanical powders), τα οποία χορηγούνται με ανάμιξη, ψεκασμό στο προϊόν ή με ατμούς (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

Αιθέρια έλαια: Έχει αποδεχθεί ύστερα από μελέτες ότι τα αιθέρια έλαια που προέρχονται από τα αρωματικά φυτά, παρουσιάζουν και εντομοκτόνο δράση, προκαλώντας το θάνατο όλων των σταδίων του εντόμου δια ασφυξίας, εάν αυτά χορηγηθούν σε υψηλή δόση (Papachristos and Stamopoulos, 2004). Τα κύρια συστατικά των αιθέριων ελαίων είναι τα τερπένια και οι αρωματικές ουσίες (φαινόλες, οξειδία, αλκοόλες, αιθέρες, εστέρες, κετόνες κ.ά. ), από τις οποίες οι κετόνες οφείλονται για το άρωμα και την οσμή, η οποία απωθεί τα έντομα (Batish et al., 2008). Οι Eliopoulos et al. (2012) εφάρμοσαν αιθέρια έλαια βασιλικού (*Ocimum basilicum*) και μέντας (*Mentha spicata*) σε προνύμφες και νύμφες του *E.kuehniella*, οι Mediouni Ben Jemaa et al. (2012) εφάρμοσαν αιθέριο έλαιο δάφνης (*Laurus nobilis* L.) εναντίον των *T.castaneum* και *R.dominica*, με τους τελευταίους να διαπιστώνουν

εκτός της απωθητικής του δράσης, το έλαιο επέφερε και το θάνατο στο έντομο, ύστερα από 14-20 και 43-56 ώρες αντίστοιχα (Μπουχέλος 2018, Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018 ).

- **Ανθεκτικές Ποικιλίες:** Χρήση ανθεκτικών φυτών ξενιστών, τα οποία δημιουργήθηκαν κάτω από φυσικές ή τεχνικές συνθήκες προσβολής ή και από γενετικές τροποποιήσεις (διαγονιδιακά φυτά). Στα αποθηκευμένα προϊόντα, τέτοιες ποικιλίες εστιάζουν κυρίως σε ποικιλίες σπόρων και ιδιαίτερα σιτηρών και οσπρίων, όπως για παράδειγμα οι ανθεκτικές ποικιλίες αραβοσίτου στο *Sitophilus zeamais* και φασολιών σε διάφορα είδη *Bruchidae*. Η ικανότητά τους να παρουσιάζουν ανθεκτικότητα πηγάζει είτε από μηχανικά αίτια, (π.χ. σκληρότητα, υφή κ.α.) είτε από χημικά (π.χ. περιεκτικότητα σε αμινοξέα, πρωτεΐνες κ.α.) (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018, Μπουχέλος 2018).

### 2.3.5 Βιολογικές μέθοδοι

Η χρήση ζωντανών οργανισμών (εντομοφάγων, εντομοπαθογόνων, ακαρεοφάγων κ.ά.), για την καταπολέμηση των εχθρών εντόμων, με στόχο την ελάττωση της πληθυσμιακής τους πυκνότητας αλλά και την αποφυγή ή αντιμετώπιση της προσβολής τους, ορίζεται ως βιολογική καταπολέμηση (Μπουχέλος, 2018). Χρησιμοποιούνται διάφορες ομάδες ωφέλιμων οργανισμών στην πράξη, όπως τα αρπακτικά, παρασιτοειδή, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί (βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα), οι ιοί και οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις. Κάθε ένα από τα προηγούμενα διαφέρει βιολογικά και συμπεριφορικά με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν διαφορετικό τρόπο καταπολέμησης του πληθυσμού των επιβλαβών εντόμων. Για να είναι ορθή η επιλογή του κατάλληλου βιο-εντομοκτόνου για την κάθε περίπτωση, και επομένως η αντιμετώπιση, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ο βιολογικός κύκλος τόσο του εντόμου εχθρού, όσο και του του βιολογικού παράγοντα (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018).

- **Αρπακτικά & Παρασιτοειδή:** Τα αρπακτικά αρθρόποδα (predators), διατρέφονται από άλλους οργανισμούς, μικρότερους και ασθενέστερους από αυτούς (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017) Πιο συγκεκριμένα θανατώνουν και καταναλώνουν περισσότερα από ένα άτομα του ξενιστή τους, έως το τέλος της ανάπτυξής τους, ιδιαίτερο χαρακτήρα παρουσιάζει ότι καταναλίσκουν αμέσως το θήραμά τους. Στην πλειονότητά τους είναι εντομοφάγα ή ακαρεοφάγα, ωστόσο ορισμένα παρουσιάζουν

επιλεκτική αρπακτική δράση (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Το *Xylocoris flavipes* (οικ. Anthocoridae), είναι ένα πολυφάγο ημίπτερο έντομο, το οποίο είναι αρπακτικό ωών, προνυμφών και νυμφών των εντόμων στις περισσότερες κατηγορίες εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων (Arbogast, R.T. (1978). Ένα ακόμη, αρκετά μελετημένο αρπακτικό έντομο, το οποίο εφαρμόζεται εναντίον των εντόμων αποθηκών, είναι το κολεόπτερο *Teretriosoma nigrescens* (οικ. Histeridae), που αποτελεί φυσικό εχθρό του *Prostephanus truncatus* (Rees 1987, Μπουχέλος 2018).

Αντίθετα ως παρασιτοειδή ή παράσιτα (parasitoids), ορίζονται τα έντομα, τα οποία συνήθως το μέγεθός τους είναι παρόμοιο με του ξενιστή τους, ενώ απαιτεί μόνο ένα άτομο του ξενιστή του για να συμπληρώσει την ανάπτυξή του, τον οποίο τελικά οδηγεί στο θάνατο (Μπουχέλος 2018). Ζουν και ολοκληρώνουν το σύνολο ή το πλείστο του βιολογικού τους κύκλου μέσα ή πάνω στο έντομο ξενιστή τους (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017). Το παρασιτοειδές *Laelius pedatus* (οικ. Bethyilidae Τάξη Υμενόπτερα) παρασιτεί κυρίως προνύμφες κολεοπτέρων της οικογενείας *Dermestidae* και σύμφωνα με τους Al-Kirshi et al, (1996) λόγω της αναπαραγωγικού του δυναμικού καθώς και την ευκολία εκτροφής του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναντίον του *Trogoderma granarium*. Ακόμη, οι Eliopoulos and Stathas (2003) και Spanoudis and Adreadis (2012) εφάρμοσαν το παρασιτοειδές *Venturia canescens* Gravenhorst (hymenoptera: ichneumonidae) για την αντιμετώπιση του *E. kuehniella* και *P. interpunctella* αντίστοιχα, αποκομίζοντας ενθαρρυντικά αποτελέσματα από τη δράση τους.

Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, σε συνάρτηση με τις διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις για μικρότερες συγκεντρώσεις υπολειμμάτων των φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων στα αποθηκευμένα προϊόντα, καθιστούν την χρήση ωφέλιμων εντόμων σε συνδυασμό και με κάποια άλλη μέθοδο, ικανή εναλλακτική προσέγγιση αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών.

- **Παθογόνα:** Η αντιμετώπιση των εχθρών που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα, με την χρήση παθογόνων, παρουσιάζει πολύ αξιόλογα και ενθαρρυντικά αποτελέσματα έναντι της διαχείρισης της πληθυσμιακής πυκνότητας των εντόμων (Gwinner et al. 1996). Τα παθογόνα που προκαλούν ασθένειες στα έντομα, είναι οι εντομοπαθογόνοι μύκητες, τα εντομοπαθογόνα βακτήρια, οι εντομοπαθογόνοι ιοί και τα πρωτόζωα και οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις. Με την προσβολή τους, επιφέρουν ή την δυσλειτουργία των βιολογικών διεργασιών ή τον θάνατο των ξενιστών τους. (Ζιώγα και Μαρκόγλου, 2017).

- **Εντομοπαθογόνοι μύκητες:** Πρόκειται για μονοκύτταρους ή πολυκύτταρους ευκαρωτικούς οργανισμούς, που εντάσσονται στο βασίλειο Fungi (Campbell and Reece, 2017). Οι μύκητες θεωρούνται σημαντικά κατάλληλοι για την αντιμετώπιση εντόμων με μυζητικά στοματικά μόρια, καθώς προσβάλλουν τα έντομα από επαφή και στη συνέχεια διατρύπουν απευθείας τον εξωσκελετό τους (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Ωστόσο, ως βιοεντομοκτόνα χρησιμοποιείται ένας μικρός μόνο αριθμός τους, επειδή χρειάζονται πολύ υψηλή υγρασία στο περιβάλλον, ορισμένοι έχουν απαιτητική και δύσκολη καλλιέργεια, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στη παραγωγή τους σε μαζική κλίμακα, ενώ άλλοι μετά από μακροχρόνια παραγωγή σε τεχνητά μέσα εξασθενούν (Hall and Hajek, 1992, Zimmermann, 2007).

Μέχρι σήμερα, ο μύκητας που έχει μελετηθεί περισσότερο είναι ο αδηλομύκητας *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hydrocales: Cordycipitaceae), ο οποίος έλαβε το όνομά του από τον Agostino Bassi, καθώς τον απέδωσε ως αίτιο της λευκής επίστρωσης που παρατήρησε επάνω στο έντομο *Bombyx mori* (Zimmermann, 2007). Πρόκειται για ένα κοσμοπολίτικο είδος μύκητα, το οποίο χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση μιας πληθώρας ημιπτέρων, κολεοπτέρων, διπτέρων και θυσανοπτέρων εντόμων, ενώ μεταξύ αυτών συνίσταται εναντίον της πυραλίδας του καλαμποκιού (*Ostrinia nubilalis*), του δάκου της ελιάς (*Daucus oleae*), αλλά και ειδών του *Tribolium* (Liu et al. 2006, Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Τα κονίδια του μύκητα, διαπερνούν τον εξωσκελετό του εντόμου, όταν βλαστήσουν και εισέρχονται στο εσωτερικό του και συγκεκριμένα στον αιμόκοιλο, όπου συνεχίζεται ο πολλαπλασιασμός τους και σε συνδυασμό με την τοξίνη που παράγουν (beauvericin) προκαλούν το θάνατο του εντόμου (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017 Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Οι Athanassiou and Steenberg, (2007) εφάρμοσαν τον εντομοπαθογόνο μύκητα μόνο του αλλά και σε συνδυασμό με τη γη διατόμων εναντίων ακμαίων ατόμων του *S. Granarius*, λαμβάνοντας ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα από το ποσοστό θνησιμότητας του εντόμου (έως 52%). Εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα λήφθηκαν και σε αντίστοιχα πειράματα (Athanassiou et al. 2004, Vassilakos et al. 2006) με τον μύκητα σε συνδυασμό της γης διατόμων εναντίον των *T.confusum*, *T. Castaneum*, *S. oryzae* και *R. dominica*. Κατάλληλα παθογόνα για βιολογική καταπολέμηση, σύμφωνα με τον Bischoff et al. (2009) εκτός από το *Beauveria bassiana*, είναι και το *Metarhizium robertsii* και το *Lecanicillium (Verticillium) lecanii*.

- **Εντομοπαθογόνα Βακτήρια:** Είναι μονοκύτταροι μικροσκοπικοί οργανισμοί παρόμοιοι με τα υπόλοιπα βακτήρια και αναπαράγονται με διαίρεση ή διχοτόμηση (Campbell and Reece, 2017). Αρκετά διαδεδομένη είναι η χρήση του βακτηρίου *Bacillus thuringiensis* (*B. t.*) και των διάφορων

υποειδών του (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017) , τα οποία εμπεριέχονται σε σκευάσματα του εμπορίου και εφαρμόζονται είτε μέσω του ψεκασμού στο εσωτερικό των αποθηκευτικών χώρων, είτε μέσω σκονίσματος του δαπέδου πριν την είσοδο των προς αποθήκευση προϊόντων (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Παράλληλα η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με καπνιστική φωσφίνη και μέχρι πρότινος με βρωμιούχο μεθύλιο (Σαββοπούλου, et al., 2011, Lacey, et al, 2001). Οι Yilmaz et al. (2012), εφάρμοσαν το στέλεχος ή υποείδος SY49.1 του *Bacillus thuringiensis* σε προνύμφες του *P. interpunctella*, *E. kuehniella* και του *T. castaneum* διαπιστώνοντας στα δύο πρώτα ιδιαίτερα ενθαρρυντικό ποσοστό θνησιμότητας (της τάξεως του 90%), κατά την εφαρμογή της δόσης  $1000\mu\text{g g}^{-1}$  από ότι στο τελευταίο. Εξαιτίας της διάπαυσής τους, της ικανότητάς τους να μολύνουν τα έντομα ξενιστές τους σε ξηρικές συνθήκες, την ευκολία μαζικής παραγωγής τους και την ανθεκτικότητά τους, αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικά βιοκτόνα, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών (Burgess, H. D., 1982).

- **Εντομοπαθογόνοι ιοί:** Οι ιοί χαρακτηρίζονται ως υποχρεωτικά παράσιτα, με αποτέλεσμα τόσο για τον πολλαπλασιασμό όσο και την μετάδοσή τους να απαιτούν την ύπαρξη κατάλληλου ξενιστή (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017). Σε βιολογικό επίπεδο, είναι μικρότατα σωματίδια (15-400nm), τα οποία αποτελούνται από τμήμα που περιέχει μόνο D.N.A ή μόνο R.N.A και από ένα πρωτεϊνικό περίβλημα. (Ρούσσοσ 2007). Οι πιο γνωστοί από τους ιούς που έχουν απομονωθεί από τα έντομα και έχουν χρησιμοποιηθεί εναντίον τους είναι οι ιοί της νουκλεϊκής πολυέδρωσης (nuclear polyhedrosis virus, NPVs, οικ. *Baculoviridae*) και οι ιοί της γρανούλωσης (granulosis virus, GVs οικ. *Baculoviridae*). Στα πλεονεκτήματα χρήσης τους περιλαμβάνονται η εκλεκτικότητά τους, η παθογόνος δύναμη, η ευκολία στην εφαρμογή και η υψηλή υπολειματικότητα τους, αντίθετα το υψηλό κόστος παραγωγής τους και η αργή τους δράση αποτελούν μειονεκτήματα για την εφαρμογή τους στην αντιμετώπιση των εντόμων των αποθηκών (Στυλιανόπουλος 2012).
- **Πρωτόζωα:** Αποτελούν την πιο μελετημένη κατηγορία παθογόνων, των εντόμων αποθηκών (Στυλιανόπουλος, 2012). Η σημασία των πρωτοζωικών μολύνσεων για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών είναι μεγάλη, όπως διαπίστωσε ο Brooks (1971) που τα μελέτησε πρώτος καθώς προκαλούν έντονες και χρόνιες μολύνσεις . Ωστόσο παρά τις μελέτες οι οποίες διαδέχθηκαν τον Brooks, (1971), λόγω της δυσκολίας για μαζική παραγωγή, αλλά και της φύσης των ασθενειών (χρόνιες), λίγα είναι εκείνα που έχουν εφαρμοστεί ως μέσα βιολογικής καταπολέμησης (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2017).

- **Εντομοπαθογόνοι νηματώδεις:** Πρόκειται για κυλινδρικούς πολυκύτταρους οργανισμούς, με σκωληκόμορφη όψη (Campbell and Reece, 2017). Χρησιμοποιούνται ως βιοκτόνα, με τα εμπορικά σκευάσματα που κυκλοφορούν να περιέχουν τους *Steinernematids* και *Heterorhabditis* που χαρακτηρίζονται από ευρύ φάσμα δράσης εναντίον πολλών ειδών λεπιδοπτέρων, κολεοπτέρων και ορθοπτέρων (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Επιφέρουν το θάνατο στα έντομα μέσω των συμβιωτικών τους βακτηρίων, που προκαλούν μια ασθένεια, θανατώνοντας τα γρήγορα, με αυτόν τον τρόπο καθιερώθηκε η ονομασία εντομοπαθογόνοι νηματώδεις, παρόλο που στην πραγματικότητα είναι ξενιστές που παθογόνου βακτηρίου (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Ωστόσο δεν επιφέρουν πάντοτε το θάνατο στο επιβλαβές έντομο, καθώς μπορεί απλώς να τρέφονται από αυτό χωρίς να επηρεάζουν τις βιολογικές του λειτουργίες (Welch, 1963). Σε πειράματα που πραγματοποίησαν οι Athanassiou et al. (2010b), χρησιμοποίησαν τρία είδη εντομοπαθογόνων νηματωδών, (*Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae* και *Heterorhabditis bacteriophora Poinar*), εναντίον προνυμφών του *E. kuehniella*, προνυμφών και ακμαίων του *T. confusum*, και ακμαίων των *R. dominica* και *S. Oryzae*, διαπιστώνοντας ότι η δράση των νηματωδών ήταν ανάλογη με την αύξηση της δόσης και αντιστρόφως ανάλογη με την πολύ υψηλή θερμοκρασία (>20°C).

### 3. Το έντομο *Tribolium confusum*

#### 3.1 Ταξινόμηση εντόμου

Το σκαθάρι *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, (the confused flour beetle) ανήκει στην τάξη των κολεοπτέρων και στην οικογένεια *Tenebrionidae*, στοιχεία τα οποία παρουσιάζονται λεπτομερώς και στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακα 3.1), ορίζοντας έτσι την πλήρη συστηματική ταξινόμηση του εντόμου. Το έντομο είναι ολομετάβολο, και επομένως διενεργεί πλήρη μεταμόρφωση, με τα στάδια ανάπτυξης που το απαρτίζουν να είναι ωό (egg), προνύμφη (larvae), νύμφη ή πλαγγών (pupa) και ενήλικο ή τέλειο (adult) (Thomas Park, 1934).



|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| <b>Βασίλειο</b>   | <i>Animalia</i>      |
| <b>Φύλο</b>       | <i>Arthropoda</i>    |
| <b>Κλάση</b>      | <i>Insecta</i>       |
| <b>Τάξη</b>       | <i>Coleoptera</i>    |
| <b>Οικογένεια</b> | <i>Tenebrionidae</i> |
| <b>Γένος</b>      | <i>Tribolium</i>     |
| <b>Είδος</b>      | <i>confusum</i>      |

2 Συστηματική ταξινόμηση του *T. confusum* Du Val

Υπάρχουν και άλλα πολλά είδη που εντάσσονται στο γένος *Tribolium*, όπως το *Tribolium ferrugineum* Fab., το οποίο αργότερα αναφέρθηκε ως *Tribolium castaneum* Hbst. Αυτά τα δύο σκαθάρια μοιάζουν έντονα, γεγονός που αποδίδεται στην παρόμοια εξωτερική μορφολογία των εντόμων. Ωστόσο για να καταστεί δυνατός ο διαχωρισμός των ανωτέρω ειδών, οι επιστήμονες εντόπισαν ορισμένες μικρές διαφορές που παρουσιάζουν. Πιο συγκεκριμένα, στο *T. Castaneum* τα 3 τελευταία άρθρα των κεραιών του είναι περισσότερο πεπλατυσμένα διότι πλαταίνουν απότομα, σχηματίζοντας ένα ευδιάκριτο ρόπαλο κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στα άρθρα των κεραιών του *T. Confusum* (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Ακόμη ο Good (1933), αναφέρει ότι τα μάτια του *T. Confusum*, όταν παρατηρηθούν από την επιφάνεια της κοιλιάς, είναι μικρότερα από άλλα είδη. Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι το *T. Confusum* έχει γενικά, ένα πιο βόρειο εύρος κατανομής από ότι το *Tribolium ferrugineum* (= *castaneum*).

Το *T. Confusum* μελετήθηκε πρώτη φορά από τον Etienne Mulsant, εν αγνοία του, στην προσπάθειά του να βελτιώσει το γνωστικό πλαίσιο στο ήδη υπάρχων *Tribolium ferrugineum*, δημοσίευσε μια περιγραφή για το *T. Confusum*. Παραταύτα, ακριβώς επειδή νόμιζε ότι περιέγραφε *T. ferrugineum*, η περιγραφή δεν λαμβάνεται υπόψιν. Η πίστωση της περιγραφής, έχει αποδοθεί στον P. N. Camille Jacquelin du Val, ο οποίος αναγνώρισε το *T. Confusum* ως ξεχωριστό είδος και δημοσίευσε την έκθεσή του (Thomas Park, 1934).

### 3.2 Γεωγραφική εξάπλωση εντόμου

Πρόκειται για έντομο κοσμοπολίτικο και εντοπίζεται σε εκμεταλλεύσεις δημητριακών και σε προϊόντα- υποπροϊόντα αυτών, η παρουσία του εντούτοις είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ανθρώπινη δραστηριότητα (Μπουχέλος, 2005, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Για πρώτη φορά καταγράφηκε στους Αιγυπτιακούς τάφους των φαραώ το 2500 π.χ. (Πελεκάσης, 1984). Θεωρείται ότι η προέλευσή του είναι από τις περιοχές της Ινδονησίας και Αυστραλίας. Στην αρχή χαρακτηρίστηκε ως μικρής προσαρμοστικότητας έντομο, το οποίο δεν μπορούσε δηλαδή να επιβιώσει στις περιβαλλοντικές συνθήκες (κυρίως θερμοκρασίας και υγρασίας), στις οποίες εντοπίστηκε αρχικά (Starratt, A.N., and Loschiavo, S.R.. 1972).

### 3.3 Μορφολογία εντόμου

Ωό: Υπόλευκου χρώματος, μικροσκοπικού μεγέθους, με 0,6mm μήκος και φέροντας ειδικά εξαρτήματα ώστε να μπορεί να καταστεί δυνατή η προσκόλλησή του, σε διάφορες επιφάνειες (Lyon, 1997).

Προνύμφη: Είναι ωχροκίτρινη, ευκέφαλη, ολιγόποδη, με 3 ζεύγη ποδιών και έχει μήκος 4-5 mm. Ακόμη φέρει πλευρικά τριχίδια κατά μήκος του σώματος, και το τελευταίο κοιλιακό τμήμα είναι χιτινισμένο εμφανίζοντας μια δικρανοειδή απόφυση. Τόσο το δίκρανο, όσο και η κεφαλή του τελευταίου αυτού τμήματος, έχουν σκούρο καστανό χρώμα (Πελεκάσης, 1984). Στα πρώτα προνυμφικά στάδια, είναι υπόλευκη, ενώ στα επόμενα, λαμβάνει κιτρινοκαστανό χρωματισμό, καθώς το χιτινισμένο δερμάτιο καθίσταται ισχυρότερο (Σταμόπουλος, 1995, Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).



30 Προνύμφη του *Tribolium confusum* (Λήψη Π.Ψ.)

Νύμφη (πούπα): Έχει άσπρο προς ελαφρύ καφέ χρώμα και μήκος που φτάνει τα 3-4mm (Bennett, 2003).



31 Νύμφη του *Tribolium confusum* (Λήψη Π.Ψ.)

Ενήλικο: Έχει σώμα επίμηκες, πιασμένο, λείο χωρίς τρίχες με μήκος 3-4 mm και εμφανίζει καστανοκόκκινο χρωματισμό και είναι γυαλιστερό. Η κεφαλή και το επιθωράκιο έχουν πολλά μικρά στίγματα, μέσω των οποίων εκκρίνονται ουσίες, που προσδίδουν μια δυσάρεστη οσμή στα προϊόντα που προσβάλλουν (Bennett, 2003). Οι κεραίες του *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, έχουν άρθρα, που βαθμιαία μεγεθύνονται από τη βάση προς τα άκρα (χωρίς όμως να σχηματίζουν ρόπαλο). Παρόμοια εξωτερική μορφολογία έχει και το *Tribolium castaneum*, με την ειδοποιώ διαφορά ότι τα τρία τελευταία άρθρα των κεραιών του είναι περισσότερο πεπλατυσμένα καθώς πλαταίνουν απότομα, σχηματίζοντας ένα ευδιάκριτο ρόπαλο (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).



32 Ακμαίο *Tribolium confusum* (Λήψη Π.Ψ.)

33 Πλάγια όψη ακμαίου *T. confusum* (Λήψη Π.Ψ.)

### 3.4 Βιολογικός κύκλος εντόμου

Το έντομο σχηματίζει 3-5 γενεές ανά έτος ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στις αποθήκες, έχοντας βιολογικό κύκλο με διάρκεια που κυμαίνεται από 7-12 εβδομάδες. Τα ακμαία, σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και την επάρκεια τροφής μπορούν να επιβιώσουν για περισσότερο από 3 έτη. Τα θηλυκά, τα οποία μπορούν να ζήσουν περίπου 2 χρόνια, γεννούν 300-600 αυγά το κάθε ένα και τα εναποθέτουν, συνήθως, στην επιφάνεια των προϊόντων (Μπουχέλος, 2005). Τα ωά εκκολάπτονται, μεταξύ 15° C και 40° C και ο παράγοντας της υγρασίας, στο παρών στάδιο δεν διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. Η ανάπτυξη της προνύμφης διαρκεί περίπου 22 έως 100 ημέρες, ανάλογα με την θερμοκρασία, την υγρασία και την καταλληλότητα της τροφής. Το στάδιο της νύμφης (πούπα), κατά το οποίο πραγματοποιείται η μεταμόρφωση της νύμφης σε ακμαίο έντομο, διαρκεί 7-8 ημέρες. Οι βέλτιστες συνθήκες σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να αναπτυχθεί το έντομο είναι, θερμοκρασία 28-30 °C και υγρασία 70-90%, ενώ σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 20 °C παύει να τρέφεται και να αναπτύσσεται (Howe, 1960). Το σκαθάρι των αλεύρων, αναπτύσσεται καλύτερα και ταχύτερα σε σπασμένους παρά σε ολόκληρους σπόρους, καθώς στον ολόκληρο σπόρο, το περισπέρμιο αποτελεί τροχοπέδη, για την εισχώρηση στο εσωτερικό του (Ford, 1937, Σταμόπουλος, 1999). Η διαχείμαση του εντόμου λαμβάνει χώρα, μέσα στα προϊόντα που προσβάλλει αλλά και σε διάφορα σημεία της αποθήκης, ως τέλειο. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι τα ενήλικα, εκδηλώνουν κανιβαλισμό, με συνέπεια όταν υπάρχει έλλειψη τροφής, τρώνε τις προνύμφες και τα ωά τους καθώς και νεκρά έντομα (Σταμόπουλος, 2008).



34 Τα στάδια ανάπτυξης του *T. confusum* (Λήψη Π.Ψ.)

### 3.5 Προσβολή του εντόμου

Το έντομο, απαντάται κατά κανόνα σε αποθήκες με σπόρους σε σορούς ή ενσαρκισμένους σπόρους και άλευρα, σε αλευρόμυλους και γενικότερα υποδομές στις οποίες πραγματοποιείται επεξεργασία αμυλούχων προϊόντων (Day, 1996), παράλληλα βέβαια υπάρχει η περίπτωση να εμφανιστεί, ακόμη και σε κατοικίες. Το σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων δεν προσβάλλει ούτε τον άνθρωπο ούτε τα ζώα, έχει διαπιστωθεί ωστόσο, πως τα προσβεβλημένα από αυτό προϊόντα περιέχουν κινόνες. Οι κινόνες, είναι ουσίες που παράγονται από τα έντομα και μπορεί να προκαλέσουν δερματίτιδες, φλύκταινες, ερεθισμούς στα μάτια ακόμη και καρκινογενέσεις τόσο σε ζώα όσο και στον άνθρωπο (Σταμόπουλος, 1999, Μπούχελος 2005).

Οι προνύμφες και τα ενήλικα του *Tribolium confusum* είναι παμφάγα, και τρέφονται με μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων (Μπούχελος 2005). Πιο συγκεκριμένα τρέφονται με σπόρους κεχριού, σόργου και αραχίδας. Προσβάλλουν, ακόμη, αλεύρι σιταριού, σόγιας και καλαμποκιού τα οποία είναι κύρια συστατικά των ιχθυοτροφών όπως επίσης και πίτουρα, βρόμη, ρύζι, βρίζα, κριθάρι (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Επιπλέον έχουν βρεθεί έντομα να προσβάλλουν ξηρούς καρπούς, σπόρους δημητριακών, όσπρια (φασόλια και μπιζέλια), αποξηραμένα φρούτα, σοκολάτα (γάλακτος), γάλα σε σκόνη, βαμβακόσπορο, ηλιόσπορους, σπόρους βίκου, καπνό, και μουσειακές συλλογές (Bennett, 2003).

Οι προνύμφες που τρέφονται με τα διάφορα είδη αλεύρων, εναποθέτουν εκδύματα και αποχωρήματα, τα οποία προσφέρουν έναν γκρι έως καφέ χρωματισμό στα άλευρα, ενώ τα ακμαία μέσω των στιγμάτων που διαθέτουν, εκκρίνουν ουσίες που προσδίδουν δυσάρεστη οσμή στα προσβεβλημένα προϊόντα. Η παρουσία πλείστων των ανωτέρω, δυσάρεστης οσμής, εκδυμάτων και

αποχωρημάτων, συμβάλει στην υποβάθμιση του προϊόντος οπτικά και ποιοτικά (Baldwin & Fasoulo, 2003).

### 3.6 Αντιμετώπιση του εντόμου

- Φυσική αντιμετώπιση: Το *T.confusum* αποτελεί από τα ανθεκτικότερα είδη εντόμων στην γη διατόμων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σε αλευρόμυλους, ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα καθώς δεν επιτρέπεται η χημική καταπολέμηση σε αυτούς (Athanasίου et. al 2008). Ακόμη, ιδιαίτερα ενθαρρυντικά είναι τα αποτελέσματα από την εφαρμογή ακραίων θερμοκρασιών ψύχους στο σκαθάρι των αλεύρων (Andreadis et al., 2012a), αλλά και της ελεγχόμενης ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με την μεταβολή της μεταβολή της σχετικής υγρασίας ή της ατμοσφαιρικής πίεσης (Jay et al. ,1971).
- Χημική αντιμετώπιση: Στην αντιμετώπιση του εντόμου *T.confusum*, χρησιμοποιούνται κυρίως οργανοφωσφορικά, όπως το pyrimiphos-methyl (Evans, 1985) και το chlorpyrifos-methyl (Arthur, 1992), συνθετικές πυρεθρίνες και ρυθμιστές ανάπτυξης (Mian and Mulla, 1982) από τα εντομοκτόνα επαφής. Ενθαρρυντικά είναι και τα αποτελέσματα για την χρήση του spinosad, ομάδα σπινοςύνες, (Kavallieratos et al. 2010b), εναντίον του εντόμου. Ακόμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν καπνιστικά εντομοκτόνα, όπως σε όλα τα έντομα αποθηκών, με φωσφίνη ή και pyrimiphos-methyl (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012). Το σκαθάρι των αλεύρων, έχει αναπτύξει ωστόσο, έπειτα από επανειλημμένη εφαρμογή, καθώς και τη χρήση υψηλών συγκεντρώσεων, ανθεκτικότητα στο melathion και lindane (Evans, 1985).
- Βιολογική αντιμετώπιση: Για την αντιμετώπιση του *T.confusum* μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αδηλομύκητας *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hyprocreales: Cordycipitaceae), ο οποίος περιλαμβάνει στο εύρος δράσης του ειδών του *Tribolium* (Liu et al.2006, Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Παράλληλα αξιόλογος είναι και ο συνδυασμός του μύκητα με την γη διατόμων για την αντιμετώπιση του εντόμου (Athanasίου et al. 2004, Vassilakos et al. 2006). Επιπλέον, η μελέτη των Michalaki et al. (2005), που αφορούσε την αποτελεσματικότητα του εντομοπαθογόνου μύκητα *Metarhizium anisopliae* Sorokin, σε συνδυασμό με το SilicoSec (σκεύασμα γης διατόμων) έναντι των προνύμφων *T.confusum*, διαπίστωσε ότι η μυκητοκτόνος δράση του *M. anisopliae* ενδυναμώθηκε υπό συγκεκριμένες συνθήκες ύστερα από την παρουσία

του SilicoSec (Μαγγίτα, 2019). Τέλος, στην αντιμετώπιση μπορούν να χρησιμοποιηθούν και εντομοπαθογόνοι νηματώδεις (Athanassiou et al. 2010b).

## 4. Υλικά και μέθοδοι

### 4.1 Έντομα

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή χρησιμοποιήθηκαν ακμαία άτομα του εντόμου *Tribolium confusum* (Jacquelin du Val) (Coleoptera, Tenebrionidae), η εκτροφή των οποίων πραγματοποιήθηκε σε κατάλληλο υπόστρωμα, αποστειρωμένο αλεύρι σίτου και έλαβε χώρα στο εργαστήριο Εντομολογίας του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, στην Άρτα.

Η εκτροφή διατηρήθηκε καθαρή με μηνιαίο έλεγχο, απομακρύνοντας τα εκδύματα και τα αποχωρήματα των εντόμων και αλλάζοντας το υπόστρωμα ανάπτυξης, (αποστειρωμένο αλεύρι). Οι συνθήκες που επικρατούσαν σε όλη τη διάρκεια ανάπτυξης του εντόμου ήταν σταθερές, με θερμοκρασία 25±1, υγρασία 60-70% και πλήρη έλλειψη φωτός σε ειδικό επωαστικό θάλαμο. Ύστερα με την χρήση διηθητικού χαρτιού και πινέλων, γινόταν η διαλογή των διαφορετικών σταδίων του εντόμου, ακμαία από πλαγγόνες και προνύμφες, και ακολουθούσε η παράλληλη τοποθέτησή τους σε άλλα δοχεία (αραιώσεις), ώστε να αποφευγόταν ο συνωστισμός του. Οι αραιώσεις διατηρούνταν σε επωαστικό θάλαμο με τις αντίστοιχες συνθήκες της εκτροφής.

Ως υπόστρωμα στην πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν σπόροι σιταριού σπασμένοι, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε δοχεία και ψεκάστηκαν με τις κατάλληλες συγκεντρώσεις των διαλυμάτων των δραστικών ουσιών.



35 Εκτροφή του *T. confusum* (Λήψη Π.Ψ)

## 4.2 Αντιδραστήρια Σκευάσματα

1. Αποσταγμένο νερό
2. Μίγμα πολυφαινολών
3. *Beauveria bassiana* strain GHA 10,735%, BOTANIGARD 10,7 SC
4. Pine oil
5. *Cydia pomonella* granulovirus isolate V15 (CpGV-V15), MADEX TOP (SC)



36 Πολυφαινόλες (Λήψη Π.Ψ.) 37 *B. bassiana* (Λήψη Π.Ψ.) 38 Pine oil (Λήψη Π.Ψ.) 39 *C. pomonella* granulovirus (Λήψη Π.Ψ.)

## 4.3 Εξοπλισμός και αναλώσιμα

Κατά την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα:

1. Ηλεκτρικός ζυγός ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων
2. Πιπέτας ακριβείας μεταβλητού όγκου 100-1000  $\mu\text{L}$
3. Τιγες για πιπέτες ακριβείας μεταβλητού όγκου
4. Κόσκινα κατάλληλης διαμέτρου για την διαλογή των εντόμων
5. Πινέλα μικρά για τα έντομα
6. Τριβλία για την τοποθέτηση των νεκρών εντόμων
7. Urobox
8. Τριβλία
9. Εργαστηριακά χωνιά
10. Διηθητικό χαρτί
11. Γυάλινα βάζα χωρητικότητας 370 ml με τα καπάκια τους
12. Ποτήρια ζέσεως των 150 ml
13. Ψεκαστήρες των 30 ml
14. Υδροβολέας
15. Γουδί
16. Ψήκτρες καθαρισμού
17. Γάντια latex
18. Εργαστηριακή ποδιά



#### 4.4 Μέθοδος για την αλληλεπίδραση των παθογόνων

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των παθογόνων παραγόντων που χρησιμοποιήθηκαν, προσδιορίστηκε με την μέθοδο Preisler και Robertson (Preisler, Robertson et al. 1999):  $PE = P_0 + (1 - P_0) * (P_1) + (1 - P_0) * (1 - P_1) * (P_2)$ , όπου ως PE ορίζεται η αναμενόμενη θνησιμότητα που θα προκαλέσει ο συνδυασμός των δύο παθογόνων,  $P_0$  ορίζεται η θνησιμότητα του μάρτυρα,  $P_1$  είναι η θνησιμότητα που θα προκληθεί από το πρώτο παθογόνο και  $P_2$  η θνησιμότητα που θα προκληθεί από το δεύτερο παθογόνο. Επιπλέον η κατανομή υπολογίστηκε από τον τύπο:  $x^2 = (L_0 - LE)^2 / LE + (D_0 - DE)^2 / DE$ , όπου το  $L_0$  ορίζεται ως ο αριθμός των ζωντανών ακμαίων ατόμων,  $D_0$  ως ο αριθμός των νεκρών ακμαίων ατόμων,  $LE$  ως ο αναμενόμενος αριθμός ζωντανών ακμαίων και ο  $DE$  ως αναμενόμενος αριθμός των νεκρών ακμαίων ατόμων. Εάν το  $x^2 < 3,84$ , η δράση χαρακτηρίζεται ως προσθετική, ενώ εάν το  $x^2 > 3,84$  και η θνησιμότητα που παρατηρείται είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη η δράση είναι συνεργιστική, και τέλος εάν το  $x^2 > 3,84$  αλλά η παρατηρούμενη θνησιμότητα είναι μικρότερη από την αναμενόμενη τότε η σχέση των παθογόνων χαρακτηρίζεται ως ανταγωνιστική (Mantzoukas, Milonas et al. 2013).

#### 4.5 Πειραματική διαδικασία

##### Προετοιμασία

Για την διεκπεραίωση του πειράματος, έγινε βαθμονόμηση και σήμανση των γυάλινων βάζων που θα χρησιμοποιούνταν, ανάλογα την εκάστοτε δραστική ουσία που θα περιείχε το κάθε ένα, και την συγκέντρωσή της σε ppm. Ειδικότερα, στην άνω επιφάνεια του δοχείου σημειωνόταν το αρχικό γράμμα της δραστικής που εμπεριείχε λ.χ. “Π” για πολυφαινόλη ή για τον συνδυασμό των δραστικών “Π x P” (πολυφαινόλη X Pine oil) καθώς και τα αντίστοιχα ppm. Παρόμοια διαδικασία πραγματοποιήθηκε και στα πλαστικά δοχεία (urobox), στα οποία τοποθετήθηκαν αργότερα τα έντομα. Η σημείωση που έγινε σε κάθε urobox, αφορούσε τη δραστική ουσία ή των συνδυασμό τους, την συγκέντρωση σε ppm, τον αριθμό της βιοδοκιμής (3 συνολικά) με ένδειξη  $n_1, n_2, n_3$  και την ημερομηνία. Τρία urobox σημάνθηκαν με την ονομασία control ( $n_1, n_2, n_3$ ) και χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες αφού περιείχαν μόνο απιονισμένο νερό.

Παράλληλα, έγινε η προετοιμασία του υποστρώματος, όπου σε γουδιά εργαστηρίου θρυμματίστηκαν σπόροι σιταριού και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας σε κάθε urobox 10 γραμμάρια θρυμματισμένου σπόρου. Τέλος τοποθετήθηκαν στα urobox, ύστερα από καταμέτρηση 720 ακμαία άτομα *Tribolium confusum*.

### Παρασκευή διαλυμάτων δραστικών ουσιών

Τοποθετήθηκαν, αρχικά, 100 ml απιονισμένου νερού με τη χρήση ποτηριού ζέσεως, σε γυάλινα βαθμονομημένα βάζα των 220ml, εικοσιτρία (23) συνολικά στον αριθμό. Έπειτα, τοποθετήθηκε, σε κάθε βάζο η κατάλληλη κάθε φορά συγκέντρωση της δραστικής ουσίας αλλά και ο συνδυασμός τους όπου απαιτούνταν, με την χρήση της πιπέτας μεταβλητού όγκου (Εικόνα 4.6 ). Μετά την εφαρμογή των συγκεντρώσεων, τα βάζα σφραγίστηκαν με τα καπάκια τους, και με ήπια κίνηση του χειρός αναδεύτηκαν για 5 δευτερόλεπτα.



40 Υπολογισμός των συγκεντρώσεων (Πολυφαινόλης x Botanigard) με χρήση πιπέτας μεταβλητού όγκου (Λήψη Π.Ψ.)

Όλες οι συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν καθώς και οι συνδυασμοί των δραστικών, αναγράφονται με λεπτομέρεια παρακάτω:

➤ Μίγμα πολυφαινολών (5 συγκεντρώσεις)

1. 250 ppm που αντιστοιχούν σε 0,25ml/L
2. 500 ppm που αντιστοιχούν σε 0,50ml/L
3. 750 ppm που αντιστοιχούν σε 0,75ml/L
4. 1500 ppm που αντιστοιχούν σε 1,5ml/L
5. 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L

➤ Beauveria bassiana strain GHA 10,735%, BOTANIGARD 10,7 SC  
3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L

➤ Pine oil  
3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L

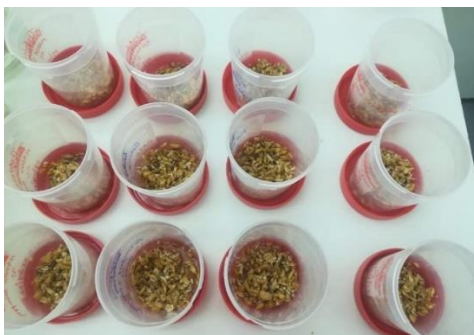
➤ Cydia pomonella granulovirus isolate V15 (CpGV-V15), MADEX TOP (SC)  
3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L

### Οι συνδυασμοί των δραστικών

- Πολυφαινόλες και Beauveria bassiana strain  
250 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,25ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,50ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
750 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,75ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
1500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 1,5ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
3000 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
- Πολυφαινόλες και Pine oil  
250 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,25ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,50ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
750 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,75ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
1500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 1,5ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
3000 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
- Πολυφαινόλες και Cydia pomonella granulovirus isolate V15  
250 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,25ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,50ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
750 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,75ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
1500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 1,5ml/L και 3ml/L αντίστοιχα  
3000 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L και 3ml/L αντίστοιχα

### Τοποθέτηση δραστικών ουσιών

Η τοποθέτηση σε ψεκαστήρες (των 30 ml), όλων των συγκεντρώσεων των διαλυμάτων με τις δραστικές ουσίες και τους συνδυασμούς τους, έγινε με τη βοήθεια ποτηριού ζέσεως και εργαστηριακού χωνιού. Σε κάθε υροbox, που περιείχε τροφή και έντομα, έγιναν 5 ψεκασμοί με τη χρήση των ψεκαστήρων, που αντιστοιχούσαν σε κάθε συγκέντρωση διαλύματος, ενώ στα υροbox με την σήμανση control έγινε ψεκασμός μόνο με απιονισμένο νερό. Τέλος πραγματοποιήθηκε χειροκίνητη ανάδευση, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή κατανομή του διαλύματος σε όλη την τροφή και σφράγισμα όλων των υροbox.



41 Ακμαία *T. confusum* τοποθετημένα σε υροbox με σιτάρι και ψεκασμένα με το διάλυμα (Πολυφαινόλης x Botanigard) (Λήψη Π.Ψ.)

## 5. Αποτελέσματα

Όλα τα παθογόνα καθώς και οι συνδυασμοί αυτών, που δοκιμάστηκαν έναντι των ακμαίων του *Tribolium confusum* Du Val, προκάλεσαν διαφορετικά επίπεδα θνησιμότητας. Τα παθογόνα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή διατριβή ήταν οι Πολυφαινόλες, το *Beauveria Bassiana*, το madex granulosus virus και pine oil (έλαιο πεύκο), στους ακόλουθους συνδυασμούς Πολυφαινόλες με το *Beauveria Bassiana*, Πολυφαινόλες με το madex granulosus virus και Πολυφαινόλες με το pine oil σε ποικίλες δόσεις. Το σύνολο των βιοδοκιμών εφαρμόστηκαν ταυτόχρονα προκειμένου να επιτευχθούν οι ίδιες συνθήκες για όλα τα αντιδραστήρια παθογόνα. Όλες οι βιοδοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στο παρόν πείραμα ήταν 57 όπου σε κάθε συνδυασμό αντιδραστηρίων πραγματοποιήθηκαν 5 δόσεις, με 3 επαναλήψεις στην κάθε μια (45 για τους συνδυασμούς, 3 μάρτυρες, 3 B.b, 3 ιός, 3 έλαιο).

Τα χρονικά διαστήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της αντίδρασης των παθογόνων σύμφωνα με την μέθοδο Preisler and Robertson, ήταν 7, 14, 21 και 28 ημέρες. Στις 7 ημέρες (Πίνακας 3), η αλληλεπίδραση των παθογόνων ήταν προσθετική (additive) σε 13 βιοδοκιμές και 1 συνεργιστική (synergistic) και 1 ανταγωνιστική (competitive). Στις 14 ημέρες υπήρξαν 5 ανταγωνιστικές δράσεις, 9 προσθετικές και 1 συνεργιστική. Έπειτα, στις 21 ημέρες υπήρξαν 8 προσθετικές αλληλεπιδράσεις των παθογόνων και 7 ανταγωνιστικές. Τέλος στις 28 ημέρες, η σχέση των παθογόνων παραγόντων ήταν προσθετική σε 8 βιοδοκιμές, ενώ υπήρχε ανταγωνιστική σε 7 από αυτές.

Η θνησιμότητα των ακμαίων ατόμων ελέγχου (μάρτυρες) ήταν 3% μετά από 28 ημέρες, ενώ σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των χορηγούμενων με δραστικές ουσίες εντόμων. Ακόμη, η θνησιμότητα που προκαλείται από το συνδυασμό των πολυφαινολών με το *Beauveria bassiana* είχε εξάρτηση τόσο από το χρόνο όσο και από την δόση, καθώς προκάλεσε θνησιμότητα 3%, 10%, 17%, 20% σε συγκέντρωση 0,50 ml/L πολυφαινόλες x 3ml/L B.b σε 7,14, 21 και 28 ημέρες αντίστοιχα, ενώ σε 1,5 ml/L πολυφαινόλες x 3ml/L B.b παρουσίασε 7%,17% και 23% σε 7, 14 και 28 ημέρες.

Επίσης, ο συνδυασμός των πολυφαινολών με τον granulosus virus madex, προκάλεσε θνησιμότητα 20%, 17% και 30% σε χρονικό διάστημα 28 ημερών σε συγκεντρώσεις 0,50 ml/L pol. x 3 ml/L virus, 0,75 ml/L pol. x 3 ml/L virus και 1,5 ml/L x 3 ml/L virus. Τόσο στο 20% όσο και στο 30% υπήρξε προσθετική δράση των αντιδραστηρίων, ενώ στο 17% υπήρξε ανταγωνιστική. Η συνδυασμένη εφαρμογή των πολυφαινολών με το pine oil προκάλεσε θνησιμότητα 20%, 23% και 17% σε δόσεις

0,75ml/L x 3ml/L oil, 1,5 ml/L x 3 ml/L oil και 3 ml/L pol. x 3ml/L oil. αντίστοιχα στις 28 ημέρες. Αξιόλογο αναφοράς είναι το γεγονός ότι σε συγκέντρωση 1,5 ml/L x 3ml/ L oil την 14η ημέρα τα δύο αντιδραστήρια δρουν συνεργατικά.

| Δόση                    | Θνησιμότητα (%)           | κ²       | Αλλη/ωση | Θνησιμότητα (%)           | κ²          | Αλλη/ωση | Θνησιμότητα (%)           | κ²       | Αλλη/ωση |
|-------------------------|---------------------------|----------|----------|---------------------------|-------------|----------|---------------------------|----------|----------|
| 1ο παθογόνο 2ο παθογόνο | Παρατηρήθηκε /Αναμενόμενη |          |          | Παρατηρήθηκε /Αναμενόμενη |             |          | Παρατηρήθηκε /Αναμενόμενη |          |          |
| <b>Πολυφαίνολες B.b</b> | <b>7 Ημέρες</b>           |          |          | <b>14 Ημέρες</b>          |             |          | <b>21 Ημέρες</b>          |          |          |
| 0,25ml/L 3 ml/L         | 0 13%                     | 3,333333 | Π        | 13 31%                    | 3,96825968  | A        | 17 36%                    | 3,75     | Π        |
| 0,50 ml/L 3 ml/L        | 3 6%                      | 0        | Π        | 10 12%                    | 0           | Π        | 17 24%                    | 0,745342 | Π        |
| 0,75ml/L 3ml/L          | 3 10%                     | 0,535714 | Π        | 7 19%                     | 2,16        | Π        | 7 30%                     | 7,777778 | A        |
| 1,5 ml/L 3ml/L          | 7 3%                      | 4,133333 | Σ        | 7 12%                     | 0,37037037  | Π        | 17 24%                    | 0,745342 | Π        |
| 3ml/L 3ml/L             | 0 10%                     | 2,142857 | Π        | 0 16%                     | 4,615384615 | A        | 0 33%                     | 12,85714 | A        |
| <b>M. virus</b>         |                           |          |          |                           |             |          |                           |          |          |
| 0,25ml/L 3 ml/L         | 3 19%                     | 3,84     | A        | 10 35%                    | 7,35        | A        | 10 45%                    | 13,57466 | A        |
| 0,50ml/L 3 ml/L         | 3 13%                     | 1,481481 | Π        | 7 18%                     | 2,16        | Π        | 10 35%                    | 7,35     | A        |
| 0,75ml/L 3 ml/L         | 3 16%                     | 2,596154 | Π        | 7 24%                     | 4,63835093  | A        | 10 40%                    | 11,25    | A        |
| 1,5ml/L 3 ml/L          | 7 10%                     | 0,37037  | Π        | 10 18%                    | 0,96        | Π        | 17 35%                    | 3,75     | Π        |
| 3ml/L 3 ml/L            | 7 16%                     | 1,153846 | Π        | 3 22%                     | 0,833333333 | Π        | 17 42%                    | 6,805556 | A        |
| <b>Pine oil</b>         |                           |          |          |                           |             |          |                           |          |          |
| 0,25ml/L 3 ml/L         | 0 10%                     | 3,333333 | Π        | 7 25%                     | 4,63835093  | A        | 13 31%                    | 3,968254 | A        |
| 0,50ml/L 3 ml/L         | 0 3%                      | 1        | Π        | 7 6%                      | 1,034482759 | Π        | 10 18%                    | 0,96     | Π        |
| 0,75ml/L 3 ml/L         | 0 7%                      | 2,142857 | Π        | 10 13%                    | 0           | Π        | 13 25%                    | 1,677019 | Π        |
| 1,5ml/L 3 ml/L          | 7 0%                      | 2,133333 | Π        | 10 6%                     | 4,137931034 | Σ        | 17 18%                    | 0        | Π        |
| 3 ml/L 3 ml/L           | 7 7%                      | 0        | Π        | 7 10%                     | 0           | Π        | 13 28%                    | 2,727273 | Π        |

3 Αλληλεπιδράσεις των πολυφαινολών και των *Beauveria bassiana*, *Cydia pomonella granulovirus* και *Pine oil* επί ακμαίων του *T.confusum* στις 7,14,21 και 28 ημέρες με διάφορους συνδυασμούς. (A=Ανταγωνιστική, Σ=Συνεργιστική, Π=Προσθετική)

## 6. Συζήτηση-Συμπέρασμα

Υπάρχει πλήθος επιστημονικών ερευνών που έχουν αναφερθεί στην δράση πολλαπλών παθογόνων σε έναν ξενιστή (Lewis et al. 1996, Ma et al. 2008 κ.α.). Σε γενικό πλαίσιο σύμφωνα με τους Jacques and Morris, (1981) είναι γνωστό ότι οι μολύνσεις με περισσότερους από έναν παθογόνους παράγοντες, οδηγούν στο θάνατο μεγαλύτερο αριθμό ατόμων, ειδικά όταν επικρατούν χρονικά διαστήματα μεταξύ των μολύνσεων. Αυτή η λογική επιβεβαιώθηκε έως ένα βαθμό και στο παρόν πείραμα, διαπιστώνοντας από τα αποτελέσματα ότι η ταυτόχρονη χρήση δυο παθογόνων μείωσε όχι αισθητά ωστόσο, τον πληθυσμό του *Tribolium confusum* Du Val.

Αξίζει να αναφερθεί ότι είναι η πρώτη φορά που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό οι πολυφαινόλες με βιοεντομοκτόνα όπως το *Beauveria bassiana*, Granulosis virus και Pine oil. Επιπλέον, τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι σε συνάρτηση με τον χρόνο, η θνησιμότητα των ακμαίων του *Tribolium confusum* αυξήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, προκλήθηκε θνησιμότητα 3%, 10%, 17%, 20% σε συγκέντρωση 0,50ml/L πολυφαινόλες x 3 ml/L B.b σε 7,14, 21 και 28 ημέρες.

Το πώς η μόλυνση επιδρά στο έντομο εξαρτάται από το είδος του παθογόνου παράγοντα που εφαρμόζεται, και στην προκειμένη περίπτωση του συνδυασμού αυτών. Ειδικότερα στην περίπτωση του μύκητα (*Beauveria bassiana*) τα κονίδια όταν βλαστήσουν διαπερνούν τον εξωσκελετό του εντόμου και εισέρχονται στο εσωτερικό του και συγκεκριμένα στον αιμόκοιλο, όπου συνεχίζεται ο πολλαπλασιασμός τους και σε συνδυασμό με την τοξίνη που παράγουν (beauvericin) προκαλούν το θάνατο του εντόμου (Τζανακάκης και Κωβαίος, 2018). Ο ιός γρανούλωσης (*Cydia pomonella* granulovirus isolate V15) παρουσιάζει ιδιαίτερη εκλεκτικότητα ως προς τον ξενιστή. Τέλος, το φυτικό έλαιο από πεύκο (Pine oil), λειτουργεί έχοντας εντομοκτόνο ή εντομοαπωθητική δράση εναντίον στο *Tribolium confusum* Du Val (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017).

Έχοντας ως απόρροια το πόσο συχνή είναι η εμφάνιση μικτών μολύνσεων στα έντομα, είναι απαραίτητη η έρευνα γύρω από τον τρόπο που αλληλοεπιδρούν οι παθογόνοι παράγοντες. Σε μολύνσεις με περισσότερους από έναν παθογόνους παράγοντες, μπορεί να οδηγήσουν στην βελτίωση ενός ή και αμφοτέρων των παθογόνων, στην ενίσχυση ή και στην καταστολή της δράσης του ή των.

Τα αποτελέσματα τα παρούσας μελέτης έδειξαν ότι ο συνδυασμός των παθογόνων παροδικά με τον χρόνο επέφερε μείωση του πληθυσμού του εντόμου, αλλά όχι σε ικανοποιητικό ποσοστό ώστε να αντιμετωπιστεί πλήρως. Απαιτείται λοιπόν, περαιτέρω έρευνα για την τοξική δράση των συνδυασμένων παθογόνων όσον αφορά το *Tribolium confusum* Du Val, αλλά και γενικότερα για τα κολεόπτερα έντομα αποθηκών.

Παρόλο που δεν ήταν ιδιαίτερα αποδοτικός ο συνδυασμός των βιοεντομοκτόνων με τις πολυφαινόλες που χρησιμοποιήθηκαν στις παρούσες επιλεγμένες δόσεις για το σκαθάρι των αλεύρων, δεν σημαίνει ότι κάποιος άλλος συνδυασμός ή σε διαφορετικές δόσεις δεν θα επιφέρει ικανοποιητική μείωση της πληθυσμιακής πυκνότητας του εντόμου. Λήφθηκαν χρήσιμες παρατηρήσεις και αποτελέσματα από αυτήν την μελέτη, καθώς είναι η πρώτη φορά που εφαρμόζονται σε συνδυασμό οι πολυφαινόλες με το *Beauveria bassiana*, Granulosis virus και Pine oil (έλαιο πεύκου). Είναι επιτακτική ανάγκη λοιπόν, λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει η πολλαπλή μόλυνση των εντόμων, να συνεχισθούν οι μελέτες των πολυφαινολών σε συνδυασμό με πληθώρα βιοεντομοκτόνων καθώς μπορούν να αποτελέσουν βασικό πυλώνα αντιμετώπισης των εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 7.1 Πηγές Εικόνων

- Εικόνα 1 ([https://calphotos.berkeley.edu/cgi/img\\_query?enlarge=1111+1111+2222+3006](https://calphotos.berkeley.edu/cgi/img_query?enlarge=1111+1111+2222+3006))
- Εικόνα 2 ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acanthoscelides\\_obtectus\\_1236032.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Acanthoscelides_obtectus_1236032.jpg))
- Εικόνα 3 (<https://www.dreamstime.com/photos-images/acanthoscelides-obtectus.html>)
- Εικόνα 4 ([https://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/stored/cigarette\\_beetle.htm](https://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/stored/cigarette_beetle.htm))
- Εικόνα 5 ([https://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/stored/cigarette\\_beetle.htm](https://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/stored/cigarette_beetle.htm))
- Εικόνα 6 (<https://www.almobidoon.com/stored-products-pests/cigarette-beetle>)
- Εικόνα 7 (<https://www.inaturalist.org/taxa/231494-Stegobium-paniceum>)
- Εικόνα 8 (<https://gr.dreamstime.com/photos-images/stegobium-paniceum.html>)
- Εικόνα 9 (<https://www.inaturalist.org/photos/2274206>)
- Εικόνα 10 (<http://sinavef.senasica.gob.mx/Eventos/Content/Multimedia/Khapra%20Beetle%20%20Mexico%20-%20Rob%20Emery.pdf>)
- Εικόνα 11 (<https://www.inaturalist.org/taxa/226660-Oryzaephilus-surinamensis>)
- Εικόνα 12 (<https://www.controlling-pests.com/grain-beetle.html>)
- Εικόνα 13 (<https://greece.inaturalist.org/taxa/81956-Rhyzopertha-dominica>)
- Εικόνα 14 (<https://greece.inaturalist.org/photos/139705732>)
- Εικόνα 15 (<https://la.wikipedia.org/wiki/Rhyzopertha>)
- Εικόνα 16 (<https://www.inaturalist.org/photos/696635>)
- Εικόνα 17 (<https://gr.dreamstime.com/photos-images/sitophilus-granarius.html>)
- Εικόνα 18 (<https://www.wikidata.org/wiki/Q1381403>)
- Εικόνα 19 (<https://www.sciencedirect.com/topics/immunology-and-microbiology/tribolium-confusum>)
- Εικόνα 20 (<https://www.inaturalist.org/observations/65890706>)
- Εικόνα 21 (<https://www.inaturalist.org/observations/65890706>)
- Εικόνα 22 (<https://www.inaturalist.org/observations/65652678>)
- Εικόνα 23 (<https://www.inaturalist.org/observations/9736740>)
- Εικόνα 24 (<https://www.inaturalist.org/observations/50019775>)
- Εικόνα 25 (<https://www.inaturalist.org/observations/130100425>)
- Εικόνα 26 (<https://www.wikidata.org/wiki/Q928458>)
- Εικόνα 27 ([https://en.wikipedia.org/wiki/Mediterranean\\_flour\\_moth](https://en.wikipedia.org/wiki/Mediterranean_flour_moth))
- Εικόνα 28 (<https://www.dreamstime.com/photos-images/ephestia-kuehniella.html>)
- Εικόνα 29 (<https://www.inaturalist.org/observations/128999256>)



## 7.2 ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Μπούχελος Κ. Θ. , 1993. Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Γεωργικής Ζωολογίας και Εντομολογίας, Αθήνα.
- Μπουχέλος Θ. Κ. (1996). «Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων». Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα, ρ. 5-26
- Μπούχελος Κ. Θ. ,2005. << Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων>>, (πανεπιστημιακές εκδόσεις), Αθήνα.
- Σταμόπουλος Δ.Κ., (1995). Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών, Εκδόσεις: ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη
- Αθανασίου Χ., Αθανασόπουλος Δ., Βλάχος Δ., Γαμβρός Ρ., Μητσέας Α., Μπισμπίκης Β., Παπαδάτος Β., Σταθόπουλος Σ., Σωτηρούδας Β., (2015). Οδηγός Ορθής Πρακτικής για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Προστασίας Από Ζωικούς Εχθρούς και Έντομα στις Επιχειρήσεις Τροφίμων, Σύνδεσμος Εταιριών Απεντομώσεων και Τροφίμων, Αθήνα.
- Αδαμόπουλος Γ., (2013). Οι τρόποι ελέγχου των εντομολογικών προσβολών, φυτικών προϊόντων σε συνθήκες αποθήκευσης, ΤΕΙ Καλαμάτας, Πτυχιακή εργασία.
- Μίνως Ε. Τζανακάκης, Δημήτρης Σ. Κωβαίος, " ENTOMOLOGIA", 1995,2007,2018 Εκδόσεις: UNIVERSITY STUDIO PRESS
- Ναβροζίδης Ι. Εμμανουήλ- Ανδρεάδης Σ. Στέφανος, Ειδική γεωργική εντομολογία, εκδόσεις COPY CITY PUBLISH, Αθήνα, 2012
- Αθανασιάδης Χ., (2007). Έντομα Αποθηκών και Μέθοδοι Αντιμετώπισής τους (Πτυχιακή εργασία), Βόλος.
- Σταμόπουλος Δ.Κ. , 1999. Έντομα αποθηκών και μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ. 254
- Μπουχέλος Κ.Θ., & Αθανασίου Χ.Γ., (2000). Νέες μέθοδοι για ανίχνευση και εκτίμηση προσβολών από κολεόπτερα έντομα σε αποθηκευμένα δημητριακά: Σύγκριση παγιοθετήσεων και δειγματοληψιών, Γεωργία – Κτηνοτροφία, (1): 16 – 22
- Αναστασίου Θ., (2003). Εχθροί που Προσβάλλουν Αποθηκευμένα Προϊόντα στο Νομό Μεσσηνίας. (Πτυχιακή εργασία), Τμήμα ΘΕΚΑ, Καλαμάτα
- Σαββοπούλου Μ., Ανδρεάδης Σ., & Ζουρουλίδη Χ., (2011). Έντομα και άλλα αρθρόποδα υγειονομικής σημασίας: Βιολογία – Οικολογία – Αντιμετώπιση, Εκδόσεις: Publish, Αθήνα.
- Σταμόπουλος Δ., (2013). Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Ηλιόπουλος, Π. (2005). Μετασυλλεκτικές ασθένειες και ζωικοί εχθροί αποθηκών. ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Ρούσσος Α. (2007) <<Επίδραση των βιολογικών εντομοκτόνων NEEM-Azal (δραστική ουσία: αζαντιρακτίνη) εναντίων των Sitophilus oryzae & Tribolium confusum εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων>>, Καλαμάτα
- Ζιώγας Β., Μαρκόγλου Α., (2017). Γεωργική Φαρμακολογία, Βιοχημεία, Φυσιολογία, Μηχανισμοί Δράσης και Χρήσεις των Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων, 3η Έκδοση.
- Μπουχέλος Κ. , 2018. Έντομα αποθηκών και τροφίμων, Εκδόσεις έμβρυο, Αθήνα σελ.27,95,99-105
- Campbell and Reece, Βιολογία, τόμος ΙΙ, Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ-ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΟ-ΓΕΝΕΤΙΚΗ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗ 2017
- Μαγγίτα Α. (2019), <<ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΟΥ TRIBOLIUM CONFUSUM ΣΕ

ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟΥΣ ΣΠΟΡΟΥΣ ΦΥΤΩΝ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ>> (Πτυχιακή εργασία)., ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Αμαλιάδα

- Στυλιανόπουλος Σ. (2012) << ΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ>> (Πτυχιακή εργασία)., ΤΕΙ Καλαμάτας, Καλαμάτα
- Πελεκάσης Ε. Δ. , 1984. Μαθήματα γεωργικής εντομολογίας , ειδική εντομολογία, Τόμος Β΄, Αθήνα, σελ. 554
- Σταμόπουλος Δ.Κ. , 2008. Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος, σελ.237
- [ΥΠΑΑΤ] Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2012. Δ/νση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής, Κατάλογοι Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων και Βιοκτόνων, Κατά Καλλιέργεια και Έντομο (εχθρό).

### 7.3 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Rees D., (2007). Insects of Stored Grain, Publications: Embryo.
- Rees, D.P. (1987). Laboratory studies on predation by *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Col.: Histeridae) on *Prostephanus truncatus* (Horn) (Col.: Bostrichidae) infesting maize combs in the presence of other maize pests. *J. Stored Prod. Res.*, 23: 191-196
- Bhadriraju S. and Hagstrum D.W. (1996). Integrated management of insects in stored products. *Library of Congress Cataloging - in - Publication Data* p.1-70, 73, 195-330
- Fields, P. G. (1992). The control of stored products insects and mites with extreme temperatures, *J. Stored Prod. Res.*, 28:89-118
- Fields P.G. and White N.D.G. (2002). Alternatives to methyl bromide treatments for store product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology* 47, 331-359
- Schneider S.M., Rosskopf E.N., Leesch J.G., Chellemi D.O., Bull C.T. and Mazzola M. (2003). Research on alternatives to methyl bromide: pre-plant and post-harvest, *Pest Management Science* 59,814-826
- Andreadis, S.S., C.G., Spanoudis and M. Savopoulou-Soultani. 2011a. Effect of short- term high temperatures to the survival of and parasitism of the koinobiotic endoparasitoid *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) against *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *IOBC/wprsBulletin* 69: 155-159
- Andreadis, S.S., C.G., Spanoudis, P.A. Eliopoulos and M. Savopoulou-Soultani. 2012a. Variation in supercooling capacity of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Noctuidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) and *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae). XXIV International Congress of Entomology, 19-25 August 2012, Daegu, Korea.
- Navarro, S. 2012. The use of modified and controlled atmospheres for the disinfestation of stored products, *Journal of Pest Science*

- Jay, E. G., R. T. Arbocast and G.C. Pearman, (1971). Relative humidity: its importance in the control of stored products insects with modified atmospheric gas concentrations. *J. Stored Prod. Res.* 7:325-329
- Walter VE. 1990. 'Stored product pests'. *Handbook of Pest Control* (Story K, Moreland D. (eds.)). Franzak & Foster Co., Cleveland, OH. pp. 526–529.
- Phillips T., & Throne J., (2010). Biorational Approaches to Managing Stored Product Insects, *Annual Review of Entomology*, (55): 375 – 397
- Athanassiou C., Arthur F., Throne J., (2009). Efficacy of grain protectants against four psocid species on maize, rice and wheat. *Pest Management Science* 65, Pages 1140-1146.
- Rumbos C., Dutton A., Athanassiou C.G., (2013). Comparison of two pirimiphos-methyl formulations against major stored-product insect species. *Journal of Stored Product Research* 55, Pages 106-115.
- Kavalieratos, N.G., C.G., A Athanassiou, B.J. Vayias, S. Kotzamanidis ad S.D. Synodis 2010b. Efficacy and adherence ratio of diatomceus earth and spinosad on three wheat varieties against three stored-product insect pests. *Journal of Stored Products Research* 46: 73-80
- Staal G. B. (1975) Insect growth regulators with juvenile hormone activity. *Annual Review of Entomology* 20, 417-460.
- Oberlander, H., D. L., Silhaek, E. Shayya and Isyya, I., (1997). Current status and future perspectives of the use of insect growth regulators for the control of stored product insects. *Journal of Stored Products Pest. Research* Volume 33 No 1: 1-6
- Oberlander H., Silhacek D. L., Leach E., Ishaaya I. and Shaaya E. (1991) Benzoyl phenyl urea inhibits chitin synthesis without interfering with amino sugar uptake in imaginal wing discs of *Plodin interpunctella*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 18, 219-227
- Oberlander H., Nickle D., Silhacek D. L. and Hagstrum D. W. (1978) Advances in Insect Growth Regulator Research with Stored Grain Insects. In *Proceedings of the Symposium on Prevention and Control of Insects in Stored Food Products*, pp. 247-263. Manhattan, Kansas.
- Mian L. S. and Mulla M. S. (1982) Residual activity of insect growth regulators against stored-product beetles in grain commodities. *Journal of Economic Entomology* 75, 599-603.
- Elek J. A. and Longstaff B. C. (1994) Effect of chitin synthesis inhibitors on stored product beetles. *Pesticide Science* 40, 225-230.
- Kavalieratos, N.G., C.G., A Athanassiou, B.J. Vayias and Z. Tomanovic. 2012. Efficacy of insect growth regulators as grain protectants against two stored-product pests in wheat and maize. *Journal of Food Protection* 75:942-950
- Arthur F.H., (1996). Grain protectants: Current status and prospects for the future. *J. S Stored Prod. Res.*, 32: 293-302.
- Arthur, F.H., (1992). Residual efficacy of chlorpyriphos methyl + bioresmethrin and chlorpyriphos methyl + resmethrin for controlling lesser grain borers (Coleoptera: Bostrychidae), rice weevils (Coleoptera: Curculionidae) in stored wheat. *J. Econ. Entomol.* 85: 570-575
- Pimentel M., Faroni L., Guedes R., Sousa A., Totola M., (2009). Phosphine resistance in Brazilian populations of *S. zeamais* Motschusky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Product, Research* 45, Pages 71-74
- Heaps J., (2016). *Insect Management for Food Storage and Processing*, Publications: Embryo.
- Hagstrum D., & Subramanyam B., (2008). *Fundamentals of Stored-Product Entomology*, Publications: Embryo
- Phillips, T. W., Cogan, P. M., and H. Y. Fadamino, (2000). Pheromones. Bh. Subramanyam, and D. W. Hagstrum, *Alternatives to Pesticides in Stored Products IPM*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 273-307.

- Papachristos D.P., Stamopoulos D.C., (2004). Fumigant toxicity of three essential oils to the immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, Pages 117-128
- Batish, D.R., Singh, H.P, Kohli, R.K. et al. (2008). Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*. 256:2166-2174.
- Eliopoulos, P.A., Ch.N. Hassiotis and S.S. Andreadis. 2012. Fumigant activity of plant essential oils from basil and spearmint on the Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). XXIV. International Congress of Entomology, 19-25 August 2012, Daegu, Korea
- Mediouni Ben Jemaa, J., N. Tersim, K.T. Toudert and M.L. Khouja. 2012. Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. *Journal of Stored Products Research* 48:97-105
- Arbogast, R.T. (1978). The biology and impact of the predatory bug *Xylocoris flavipes* (Reuter) Proc. 2nd Int. Working Conf. Stored Prod. Entomol., Ibadan, Nigeria, September 10-16, 1978, pp. 91-105.
- AL-KIRSHI, A., Bochow, H., Burkholder, W., & Reichmuth, C. (1996). THE BIOLOGY OF THE PARASITOID *LAELIUS PEDATUS* (SAY) (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE), AND ITS POTENTIAL FOR THE BIOLOGICAL CONTROL OF *TROGODERMA GRANARIUM* EVERTS AND *TROGODERMA ANGUSTUM* (SOLIER) (COLEOPTERA: DERMESTIDAE). In *Entomology International Congress Proceedings*.
- Eliopoulos, P.A. and G.J. Stathas .2003. Temperature-dependent development of the koinobiont endoparasitoid *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae): Infect of host instar. *Environmental Entomology* 32: 1049-1055
- Spanoudis, C.G. and S.S. Andreadis. 2012. Temperature-dependent survival, development and adult longevity of the koinobiont endoparasitoid *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasitizing *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Pest Science* 85: 75-80
- Gwinner, J., R. Harnisch and O. Mock (1996). Manual of the prevention of postharvest grain losses, Post-Harvest Project. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Postfach 5180, D- 65726. Eschborn, FRG.
- Zimmermann, G., 2007 Review on safety of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*, *B. brougniartii*. Published in: *Biocontrol Science and Technology* Vol. 17(6): 553-596
- Hall R.A. and Papierock, B., 1982. Fungi as biological agents of arthropods of agricultural and medical importance. *Parasitology*. 84: 205-240
- Liu, H., & Bauer, L. S. (2006). Susceptibility of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Economic Entomology*, 99(4), 1096-1103.
- Athanassiou, C. G., and T. Steenberg. 2007. Insecticidal effect of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) in combination with three diatomaceous earth formulations against *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control* 40: 411-416
- Athanassiou, C.G., B.J. Vayias, C.B. Dimizas, N.G. Kavalieratos, A.S. Papagregoriou and C. Th. Buchelos, (2004). Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature, and exposure interval. *J. Stored Prod. Res.* 41: 47-55
- Vassilakos, T.N., G.C. Athanassiou, N.G. Kavalieratos and B.J. Vayias. 2006. Influence of temperature on the insecticidal effect of *Beauveria bassiana* in combination with

- diatomaceous earth against *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* on stored wheat. *Biological Control* 38: 270-281
- Bischoff, J.F., Rehner, S.A., Humber, R.A., 2009. A Multilocus phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* lineage. *Mycologia*. 101: 512-530
  - Lacey L.A., Frutos R., & Vail P., (2001). Insect Pathogens as Biological Control Agents: Do They Have a Future? *Biological Control*, 21(3): 230 – 248.
  - Yilmaz, S., A. Ayavaz, M. Akbulut, U. Azizoglu and S. Karaborklu. 2012. A novel *Bacillus thuringiensis* strain and its pathogenicity against three important pest insects. *Journal of Stored Products Research* 51: 33-40
  - Burges, H. D., 1982 Control of insects by bacteria, *Parasitology*. 84: 79–117
  - Brooks, W. M., 1971. Protozoan infections of insects with emphasis on inflammation. *Proceedings 14th Intl. Colloq. Insect Pathol. and Soc. Invertebr. Pathol., College Park, Maryland*: 11-27.
  - Welch, H.E. 1963. Nematode Infections. In: *Insect Pathology, An Advanced Treatise, Volume 2*, Ed: Steinhaus, E. Academic Press, London, pp 364-365.
  - Athanassiou, C. G., N.G. Kavalieratos, H. Menti and E. Karanastasi. 2010b. Mortality of four stored product pests in stored wheat when exposed to doses of three entomopathogenic nematodes. *Journal of Economic Entomology* 103: 977-984
  - Park Thomas 1934. Observations on the general biology of the flour beetle *Tribolium confusum*. *Quarterly Review of Biology*, Volume 9, Issue 1,3: 36-54.
  - Good, Newwell E. 1933. Biology of the flour beetles, *Tribolium confusum* Duv., and *T. ferrugineum* Fab. *Journ. Agr. Res.*, 46: pp.327-334
  - Starratt, A.N., and Loschiavo, S.R. 1972. Aggregation of the confused flour beetle, *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) elicited by fungal triglycerides. *Can. Ent.* 104: 757–759. CrossRef
  - Lyon W. F., 1997. Confused and red flour beetles. Ohio State University Extension Fact Sheet - Entomology, <http://ohioline.ag.ohio-state.edu>
  - Bennett S.M. ,2003. Stored products insects, *Tribolium confusum* (Coleoptera)
  - Howe R.W., 1960. The effects of temperature and humidity on the rate of development and the mortality of *Tribolium confusum* Duval. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ann. appl. Biol.*,48 (1960), 363-376.
  - Ford J., 1937. Research on populations of *Tribolium confusum* and bearing on ecological theory (special review). *The Journal of Animal Ecology* 6, 1937, 1-14. <http://links.jstor.org/sici>
  - Day E., 1996. Confused flour beetle, *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Virginia polytechnic institute and state university, insect identification laboratory.
  - Baldwin R. and Fasoulo T., 2003. Confused flour beetle, *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), University of Florida, institute of food and agricultural
  - Athanassiou, C.G., N. G. Kavallieratos, B.J. Vayias and, Stephou. 2008. Evaluation of a new, enhanced diatomaceous earth formulation for use against the stored products pest, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae). *International Journal of Pest Management* 54: 43-49
  - Evans, N.J. (1985). The effectiveness of various insecticides on some resistant beetle pests of stored products from Uganda. *J. Stored Prod. Res.* 21: 105-109.
  - Preisler, H. K., Robertson, J. L., Hoover, K., & McCutchen, B. F. (1999). Statistical methods to assessing responses over time in bioassays with mixtures. *Journal of economic entomology*, 92(3), 598-603
  - Mantzoukas, S., Milonas, P., Kontodimas, D., & Angelopoulos, K. (2013). Interaction between the entomopathogenic bacterium *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and two

entomopathogenic fungi in bio-control of *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre) (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of Microbiology*, 63(3), 1083-1091.

- Lewis LC, Berry EC, Obrycki JJ, Bing LA (1996) Aptness of insecticides (Bacillus thuringiensis and carbofuran) with endophytic Beauveria bassiana, in suppressing larval populations of the European corn borer. *Agric Ecosyst Environ* 57:27–34
- Ma X-M, Liu X-X, Ning X, Zhang B, Han F, Guan X-M, Tan Y-F, Zhang Q-W (2008) Effects of Bacillus thuringiensis toxin Cry1Ac and Beauveria bassiana on Asiatic corn borer (Lepidoptera: Crambidae). *J Invertebr Pathol* 99:123–128
- Jacques RP, Morris ON (1981) Compatibility of pathogens with other methods of pest control and with different crops. In: Burges HD, Hussey NW (eds) *Microbial Control of Insect and Mites*. Academic, New York

[Οπισθόφυλλο. Κενή σελίδα]