

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟ  
ΜΥΚΗΤΑ, ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟ ΙΟ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ  
ΤΟΥ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ ΑΠΟΘΗΚΩΝ *Trogoderma granarium Everts*

**ΖΑΡΜΑΚΟΥΠΗ ΧΡΥΣΑΝΘΗ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΝΤΖΟΥΚΑΣ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2022

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΩΝ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟ  
ΜΥΚΗΤΑ, ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟ ΙΟ ΚΑΙ ΦΥΤΙΚΟ ΕΛΑΙΟ ΣΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ  
ΤΟΥ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ ΑΠΟΘΗΚΩΝ *Trogoderma granarium Everts*

**ΖΑΡΜΑΚΟΥΠΗ ΧΡΥΣΑΝΘΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΝΤΖΟΥΚΑΣ**

Εξεταστική επιτροπή: Πατακιούτας Γεώργιος

Υφαντή Παρασκευή

Μαντζούκας Σπυρίδων

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2022**

**«EFFECT OF POLYPHENOLS COMBINED WITH ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS, ENTOMOPATHOGENIC VIRUS AND NATURAL OIL IN THE SURVIVAL OF IMPORTANT STORED PEST *Trogoderma granarium Everts*»**

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα ότι σύμφωνα με το νόμο Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, η παρούσα πτυχιακή είναι προϊόν δικής μου ερευνητικής εργασίας, συντάχθηκε από εμένα και δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές και οι φωτογραφίες που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ολοκλήρωσή, της παρατίθενται στο κείμενο καθώς και αναλυτικά στο τέλος.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Δρα Σπυρίδωνα Μαντζούκα, για την σημαντική βοήθεια του στη διεκπεραίωση του πειράματος καθώς και οποιαδήποτε άλλη βοήθεια και καθοδήγηση προσέφερε με σκοπό να ολοκληρωθεί η παρούσα εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κύριο Γεώργιο Πατακιούτα, Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας και κυρία Δήμητρα Δήμου, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό για οποιαδήποτε βοήθεια παρείχαν.

## Περίληψη

Κάθε χρόνο οι απώλειες των αποθηκευμένων εδώδιμων προϊόντων από εντομολογικούς εχθρούς είναι πολύ σημαντικές. Η ποσότητα των τροφίμων που χάνεται είναι τέτοιου μεγέθους που θα μπορούσε να καλύψει τις διατροφικές ανάγκες μεγάλου μέρους του πληθυσμού. Στην παρούσα εργασία, γίνεται μελέτη στην εφαρμογή βιολογικών μεθόδων καταπολέμησης ενός πολύ σημαντικού και πολυφάγου εχθρού των αποθηκευμένων προϊόντων, του *Trogoderma granarium*. Πρόκειται για ένα έντομο που ανήκει στην οικογένεια Dermestidae της τάξης των κολεοπτέρων και προσβάλλει μεγάλο εύρος αποθηκευμένων προϊόντων, καθώς επίσης και οικιακών ειδών όπως χαλιά, αλλά και μουσειακών συλλογών. Η ικανότητά του να πολλαπλασιάζεται ταχύτατα, αλλά και η ιδιαίτερη ικανότητα της προνύμφης να εισέρχεται σε διάπαυση χωρίς να νυμφώνεται όταν οι συνθήκες διαβίωσης δεν είναι ιδανικές το καθιστούν έντομο καραντίνας.

Στο συγκεκριμένο πείραμα παρατηρήθηκε η επίδραση της χρήσης μίγματος πολυφαινολών σε πέντε διαφορετικές συγκεντρώσεις (250, 500, 750, 1500 και 3000ppm ) αλλά και ο συνδυασμός αυτών με τον εντομοπαθογόνο μύκητα *Beauveria bassiana*, τον εντομοπαθογόνο ιό *Cydia pomonella granulovirus* και φυτικό έλαιο πεύκου σε συγκέντρωση 3000ppm, σε εργαστηριακούς πληθυσμούς του εντόμου και σε υπόστρωμα σπόρων σιταριού.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι ουσίες αυτές επιδρούν στην θνησιμότητα του εντόμου με κυριότερο αποτέλεσμα ότι κάποιοι από τους συνδυασμούς των συγκεντρώσεων των πολυφαινολών με τις υπόλοιπες ουσίες λειτουργούν συνεργιστικά και κάποιες ανταγωνιστικά.

## ABSTRACT

Every year the losses of stored food products due to entomological enemies are significant. The amount of food loss is of such a magnitude that it could cover the nutritional needs of a large part of the population. During this study, biological methods of combating a very important and polyphagous enemy of stored products, *Trogoderma granarium*, are applied. It is an insect that belongs to the Dermestidae family of the Coleoptera order and attacks a wide range of stored products, as well as household items such as carpets and museum collections. Its ability to multiply rapidly, but also the special ability of the larvae to enter diapause without pupating when living conditions are not ideal, make it a quarantine insect.

In this particular experiment was observed, the effect of the use of a mixture of polyphenols in five different concentrations (250, 500, 750, 1500 and 3000ppm), as well as the combination of these with the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*, the entomopathogenic virus *Cydia pomonella* granulovirus and pine oil at a concentration of 3000ppm each, in laboratory populations of the insect and on wheat seed substrate.

The results show that these substances affect the mortality of the insect, with the main result being that some of the combinations of polyphenol concentrations with the other substances work synergistically and some competitively.

## Πίνακας περιεχομένων

Δήλωση μη λογοκλοπής.....	- 4 -
Ευχαριστίες.....	- 5 -
Περίληψη.....	- 6 -
ABSTRACT .....	- 7 -
Πίνακας περιεχομένων .....	- 8 -
Πίνακας εικόνων .....	- 10 -
<b>1. ΓΕΝΙΚΑ .....</b>	<b>- 11 -</b>
<b>1.1. Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων.....</b>	<b>- 12 -</b>
<b>1.2. Τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα.....</b>	<b>- 13 -</b>
1.2.1. Τάξη: Lepidoptera .....	- 13 -
▪ Οικ. Pyralidae.....	- 13 -
▪ Οικ. Gelechiidae.....	- 15 -
1.2.2. Τάξη: Coleoptera .....	- 16 -
▪ Οικ. Anobiidae .....	- 16 -
▪ Οικ. Bostrychidae.....	- 17 -
▪ Οικ. Bruchidae .....	- 18 -
▪ Οικ. Curculionidae .....	- 19 -
▪ Οικ. Dermestidae.....	- 20 -
<i>Trogoderma granarium Everts</i> σκαθάρι <i>kharpa</i> .....	- 21 -
Γεωγραφική εξάπλωση.....	- 22 -
Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου .....	- 23 -
Βιολογία .....	- 25 -
Ζημιές – Προσβολές.....	- 25 -
<b>1.3. Συνθήκες και παράγοντες που επηρεάζουν την προσβολή και την ανάπτυξη των εντομολογικών εχθρών .....</b>	<b>- 26 -</b>
1.3.1. Χώροι αποθήκευσης.....	- 26 -
1.3.2. Διαμόρφωση αποθηκευτικών χώρων .....	- 27 -
1.3.3. Θερμοκρασία .....	- 27 -
1.3.4. Υγρασία.....	- 28 -
1.3.5. Υγειονομικές συνθήκες προϊόντος πριν την αποθήκευσή του .....	- 29 -
1.3.6. Είδος και συμπεριφορά του εντόμου.....	- 29 -
<b>1.4. Μέτρα αντιμετώπισης.....</b>	<b>- 29 -</b>
1.4.1. Προληπτικά μέτρα.....	- 29 -
1.4.2. Έγκαιρη διαπίστωση προσβολής.....	- 31 -
1.4.3. Κατασταλτικά μέτρα .....	- 33 -



<b>2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ</b> .....	- 41 -
<b>3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ</b> .....	- 42 -
<b>4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	- 47 -
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ</b> .....	- 50 -
Βιβλιογραφία.....	- 52 -
Διαδικτυακές πηγές .....	- 58 -
Πηγή εικόνων .....	- 58 -

## Πίνακας εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1 ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ.....	- 12 -
ΕΙΚΟΝΑ 2 ΕΝΗΛΙΚΟ ΕΡΗΕΣΤΙΑ ΚΥΕΗΝΙΕΛΛΑ .....	- 13 -
ΕΙΚΟΝΑ 3 ΠΡΟΝΥΜΦΗ ΕΡΗΕΣΤΙΑ ΚΥΕΗΝΙΕΛΛΑ ΑΠΟ ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ INSECTS OF STORED PRODUCTS .....	- 13 -
ΕΙΚΟΝΑ 4 ΕΝΗΛΙΚΟ Ρ.ΙΝΤΕΡΠΥΝΚΤΕΛΛΑ .....	- 14 -
ΕΙΚΟΝΑ 5 Ρ.ΙΝΤΕΡΠΥΝΚΤΕΛΛΑ ΠΡΟΝΥΜΦΗ.....	- 14 -
ΕΙΚΟΝΑ 6 ΠΡΟΝΥΜΦΗ Ρ.ΙΝΤΕΡΠΥΝΚΤΕΛΛΑ.....	- 14 -
ΕΙΚΟΝΑ 7 ΕΝΗΛΙΚΟ S.CΕΡΕΑΛΛΕΛΑ .....	- 15 -
ΕΙΚΟΝΑ 8 ΕΝΗΛΙΚΟ L.SΕΡΡΙCΟΡΝΕ.....	- 16 -
ΕΙΚΟΝΑ 9 ΕΝΗΛΙΚΟ L.SΕΡΡΙCΟΡΝΕ.....	- 16 -
ΕΙΚΟΝΑ 10 ΠΡΟSΒΟΛΗ ΣΕ ΠΟΥΡΟ ΑΠΟ L.SΕΡΡΙCΟΡΝΕ .....	- 16 -
ΕΙΚΟΝΑ 11 R.ΔΟΜΙΝΙCΑ ΠΛΑΓΙΑ ΟΨΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ.....	- 17 -
ΕΙΚΟΝΑ 12 R.ΔΟΜΙΝΙCΑ ΑΚΜΑΙΟ .....	- 17 -
ΕΙΚΟΝΑ 13 ΠΡΟSΒΟΛΗ ΣΕ ΣΠΟΡΟΥS ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΑΠΟ R.ΔΟΜΙΝΙCΑ.....	- 17 -
ΕΙΚΟΝΑ 14 ΕΝΗΛΙΚΟ Α.ΟΒΤΕCΤUΣ .....	- 18 -
ΕΙΚΟΝΑ 15 ΠΡΟSΒΟΛΗ ΣΕ ΦΑSΟΛΙΑ ΑΠΟ Α.ΟΒΤΕCΤUΣ.....	- 18 -
ΕΙΚΟΝΑ 16 S. GRΑΝΑΡΙUΣ ΕΝΗΛΙΚΟ.....	- 19 -
ΕΙΚΟΝΑ 17 S.ΖΕΑΜΑΙS ΕΝΗΛΙΚΟ .....	- 19 -
ΕΙΚΟΝΑ 18 S.ΟΡΥΖΑΕ ΕΝΗΛΙΚΟ .....	- 19 -
ΕΙΚΟΝΑ 19 ΠΡΟSΒΟΛΗ ΣΕ ΣΙΤΑΡΙ ΑΠΟ S.GΡΑΝΑΡΙUΣ.....	- 19 -
ΕΙΚΟΝΑ 20 ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑS DΕRΜΕSΤΙΔΑΕ ΑΠΟ ΔΕΞΙΑ ΣΤΑ ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΑΝΤΗRΕΝUΣ VΕRΒΑSCI, DΕRΜΕSΤΕS LΑRΔΑΡΙUΣ ΚΑΙ ΤRΟGΟΔΕRΜΑ ΙΝCΛUΣUΜ.....	- 20 -
ΕΙΚΟΝΑ 21 ΠΡΟΝΥΜΦΕS ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑS DΕRΜΕSΤΙΔΑΕ .....	- 21 -
ΕΙΚΟΝΑ 22 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ Τ.GΡΑΝΑΡΙUΜ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΡΟ .....	- 23 -
ΕΙΚΟΝΑ 23 Τ.GΡΑΝΑΡΙUΜ ΕΝΗΛΙΚΟ ΑΡSΕΝΙΚΟ ΚΑΙ ΘΗΛΥΚΟ .....	- 23 -
ΕΙΚΟΝΑ 24 ΠΡΟΝΥΜΦΕS Τ.GΡΑΝΑΡΙUΜ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΤΑΔΙΑ .....	- 24 -
ΕΙΚΟΝΑ 25 ΤΡΥΠΗΜΕΝΗ ΣΥSΚΕΥΑSΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΑΠΟ ΠΡΟΝΥΜΦΕS .....	- 26 -
ΕΙΚΟΝΑ 26 ΕΚΤΡΟΦΕS ΤΟΥ ΕΡΓΑSΤΗΡΙΟΥ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑS .....	- 42 -
ΕΙΚΟΝΑ 27 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑSΙΑ ΔΡΑSΤΙΚΩΝ ΟΥSΙΩΝ .....	- 45 -
ΕΙΚΟΝΑ 28 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΝΤΟΜΩΝ ΚΑΙ ΔΡΑSΤΙΚΩΝ ΣΕ ΥΡΟΒΟΧ.....	- 45 -

## 1. ΓΕΝΙΚΑ

Από την πρώτη εμφάνιση του ανθρώπου έως και σήμερα μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές ως προς την εξελικτική πορεία στην ποικιλότητα των εντόμων. Σε αυτό σημαντικό ρόλο έπαιξε και το γεγονός ότι για να καλυφθούν οι διατροφικές ανάγκες του ανθρώπου καλλιεργούνταν όλο και περισσότερες εκτάσεις με αποτέλεσμα να υπάρχει πληθώρα τροφής και για τα έντομα.

Ωστόσο το γεγονός ότι υπάρχουν φυτοφάγα έντομα αποτελεί εξέλιξη που ξεπερνάει το συνηθισμένο αφού έχουν έρθει αντιμέτωπα με σημαντικά προβλήματα όπως μη επαρκή πρόσληψη θρεπτικών, αναγκαία ύπαρξη μυκήτων ή άλλων συμβιωτικών μικροοργανισμών για να αποδομηθεί η τροφή και πολυάριθμα αλλά ζητήματα.

Από τις 30 τάξεις εντόμων μονάχα οι 9 περιλαμβάνουν έντομα τα οποία τρέφονται με φυτά. Παρόλα αυτά ο αριθμός είναι τόσο σημαντικός που εάν δεν υπήρχαν μέθοδοι για την καταπολέμησή τους θα μπορούσαμε να εκμεταλλευτούμε μόνο τα 2/3 των καλλιεργήσιμων εκτάσεων σε σχέση με σήμερα (Εμμανουήλ Γ. Νικόλαος, 2014)

Ο άνθρωπος άρχισε να καλλιεργεί όλο και περισσότερη τροφή με σκοπό την αποθήκευσή της για την κάλυψη διαφόρων αναγκών και κυρίως των επισιτιστικών (Μπουχέλος, 2018) ώσπου στις μέρες μας το μεγαλύτερο μέρος των τροφίμων που αποθηκεύεται και καταναλώνεται να περιλαμβάνει δημητριακά όπως σιτάρι, ρύζι, κριθάρι, καλαμπόκι κ.α. (Σταμόπουλος, 2013). Όσο λοιπόν περισσότερα τρόφιμα παράγονται και αποθηκεύονται, τόσο πιο πολύ εντείνονται και οι προσβολές από τα έντομα (Μπουχέλος, 2018).

Με στοιχεία που λαμβάνουμε από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (F.A.O.) το ποσοστό των απολεσθέντων τροφίμων από τα έντομα φτάνει το 10% της παγκόσμιας παραγωγής με τις προσβολές να ξεκινούν ακόμη και από τον αγρό και να συνεχίζονται μέσα στις αποθήκες (Μπουχέλος, 2018).

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι για την κάλυψη των επισιτιστικών αναγκών ενός πληθυσμού που ολοένα και αυξάνεται, εφόσον οι καλλιεργητικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνται παραμένουν οι ίδιες, θα πρέπει να ληφθούν εντατικότερα μέτρα προστασίας των καλλιεργούμενων και αποθηκευμένων προϊόντων και φυσικά με μεθόδους οι οποίες δεν θα λειτουργούν εις βάρος του περιβάλλοντος αλλά και του ίδιου του ανθρώπου.

### 1.1. Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων

Ως έντομα αποθηκευμένων προϊόντων χαρακτηρίζονται τα αρθρόποδα εκείνα τα οποία επιδρούν καταστρέφοντας είδη διατροφής όταν αυτά βρίσκονται σε αποθηκευτικούς χώρους. Σε αυτά συνυπολογίζονται και τα έντομα που προσβάλουν τρόφιμα, υφάσματα, γούνες και ταπετσαρίες σε σπίτια και διάφορες συλλογές σε μουσεία. Κάποια μπορεί να προσβάλουν τα προϊόντα στον αγρό και να συνεχιστεί ο βιολογικός τους κύκλος και η προσβολή στην αποθήκη, κάποια χρησιμοποιούν τα προϊόντα ως μέσο διαχείμασης με σκοπό να προσβάλουν επόμενες καλλιέργειες. Επιπλέον κάποια μπορεί να μην προτιμούν διατροφικά τα ίδια τα αποθηκευμένα τρόφιμα, αντιθέτως να δρουν υποτίθεται θετικά τρώγοντας ή παρασιτώντας τα έντομα αποθηκών και να λειτουργούν σαν δείκτες για τυχόν προσβολές, ωστόσο η ύπαρξή τους στον αποθηκευτικό χώρο ελαχιστοποιεί κατά πολύ την ποιότητα των προϊόντων (Σταμόπουλος, 1999 - Μπουχέλος, 2018).

Ένα τυπικό γνώρισμα που συνδέει τα έντομα που προσβάλουν αποθηκευμένα προϊόντα είναι το πόσο εύκολα μπορούν να εξαπλωθούν γεωγραφικά και πόσο γρήγορα, ακόμη και εκείνα που δεν πετάνε. Αυτό γίνεται μέσω των πλοίων, των τρένων, των αεροπλάνων που μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες εμπορευμάτων, ανάμεσα στα οποία, τρόφιμα που μπορεί να είναι ήδη προσβεβλημένα με έντομα τα οποία απολαμβάνουν τις ευνοϊκές συνθήκες που υπάρχουν μέσα στους σωρούς (Μπουχέλος, 2018).

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως μόνο οι 9 από τις 30 τάξεις των εντόμων αφορούν τα φυτοφάγα έντομα και από αυτές ο μεγαλύτερος αριθμός εντόμων που προσβάλουν αποθηκευμένα προϊόντα ανήκει στα κολεόπτερα και στα λεπιδόπτερα και μικρότερος σε δίπτερα, υμενόπτερα κ.α. (Σταμόπουλος, 1999).



Εικόνα 1 διάφορα έντομα αποθηκών

<https://www.bugcatchers.com.au/pest-control/pest-library/stored-product-pests>

## 1.2. Τα κυριότερα έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα

### 1.2.1. Τάξη: Lepidoptera

#### ▪ Οικ. Pyralidae

Πρόκειται για οικογένεια που περιλαμβάνει σημαντικούς εχθρούς γεωργικών προϊόντων, όπως εχθρούς του αραβόσιτου (*Ostrinia nubilalis*), διάφορους βλαστορύκτες του ρυζιού (*Chilo suppressalis*), υπονομευτές του ζαχαροκάλαμου και των λοβών των φασολιών Lima καθώς και διάφορα είδη που προσβάλλουν ψυχανθή. Επίσης περιλαμβάνει και σημαντικά λεπιδόπτερα που προσβάλλουν αποθηκευμένα τρόφιμα (Εμμανουήλ Ν., 2014).

#### 1. *Ephestia kuehniella* (Zeller) κν πυραλίδα ή εφέστια των αλεύρων

Ακμαίο: Το μήκος του ενηλίκου κυμαίνεται από 10-14 mm. Οι πτέρυγές του έχουν άνοιγμα 18-27 mm, το χρώμα των μπροστινών είναι τεφρό, με διασκορπισμένες μικρές σκούρες κηλίδες και φέρουν τρεις μαύρες εγκάρσιες γραμμές κυματοειδούς σχήματος. Οι πίσω είναι υπόλευκες και σχετικά θυσανωτές, με καστανόχρωμη περιφέρεια.



Εικόνα 2 Ενήλικο *Ephestia kuehniella* από το βιβλίο *Atlas of stored products and mites*

Προνύμφη: Το μήκος της κυμαίνεται από 12 έως 22 mm (Σταμόπουλος, 2013) και φέρει χρώμα υπόλευκο ή ελαφρώς ρόδινο με καστανή κεφαλή (Ναβροζίδης Ε., Ανδρεάδης Σ., 2012).

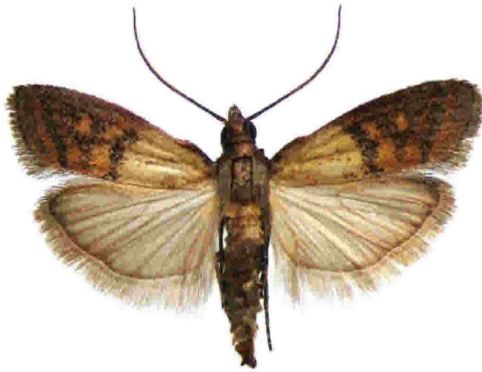


Εικόνα 3 προνύμφη *Ephestia kuehniella* από το βιβλίο *Insects of stored products*

Βιολογία: Είναι έντομο που ευνοείται από τροπικά, εύκρατα και μεσογειακά κλίματα. Η διαχείμασή του γίνεται με τη νυμφική και την προνυμφική μορφή. Τα ακμαία εμφανίζονται τους ανοιξιάτικους μήνες, όπου την ημέρα είναι αδρανή στα τοιχώματα των αποθηκών και τη νύχτα δραστηριοποιούνται. Τα ενήλικα θηλυκά γεννούν έως 300 ωά το καθένα σε σωρούς από αλεύρι.

Προσβολές: Οι ζημιές προέρχονται από τις προνύμφες που τρέφονται με σπασμένους σπόρους δημητριακών, ρύζι, σουσάμι, όσπρια, αλεύρι σίτου, ξηρούς καρπούς, σπόρους κακάο ακόμη και γύρη στις κυψέλες των μελισσών κ.α. αλλά και από τα αποχωρήματα τους και τα μεταξένια νημάτια, τα οποία καλύπτουν τις επιφάνειες των τροφίμων αυτών (Μπουχέλος, 2018- Ναβροζίδης Ε., Ανδρεάδης Σ., 2012).

## 2. *Plodia interpunctella* (Hubner) κοινό σκουλήκι αποθηκών



Εικόνα 4 Ενήλικο *P.interpunctella*

Ακμαίο: Το μήκος του κυμαίνεται περίπου έως 10 mm. Οι πτέρυγες έχουν άνοιγμα 15-20 mm με τις πρόσθιες να είναι δίχρωμες με το μπροστινό μέρος κοκκινοκάστανο και το πίσω αργυρόλευκο. Οι πίσω πτέρυγες είναι και αυτές αργυρόλευκες και σχετικά κροσσωτές (Ναβροζίδης Ε., Ανδρεάδης Σ., 2012).

Προνύμφη: Το μήκος της κυμαίνεται στα 8-12 mm με χρώμα υπόλευκο. Το είδος της τροφής παίζει σημαντικό



Εικόνα 5 *P.interpunctella* προνύμφη

ρόλο, καθώς ανάλογα την τροφή η προνύμφη μπορεί να φέρει χρώμα υπορόδινο (Ναβροζίδης Ε., Ανδρεάδης Σ., 2012).



Εικόνα 6 προνύμφη *P.interpunctella*

Βιολογία: Έχει 4-8 γενεές το χρόνο, διαχειμάζει ως προνύμφη 5<sup>ης</sup> ηλικίας. Τα ακμαία εμφανίζονται την άνοιξη και γεννούν έως και 400 ωά. Δραστηριοποιείται τη νύχτα.

Προσβολές: Είναι πολυφάγο είδος. Το έντομο στο προνυμφικό στάδιο μπορεί να προσβάλει δημητριακά, σπόρους κακάο, αποξηραμένα φρούτα, σοκολάτες, ξηρούς καρπούς, σκόνη γάλακτος, ενώ στους σπόρους σιταριού προτιμά μόνο το έμβρυο από το υπόλοιπο τμήμα του σπόρου. Εκτός της προσβολής τα τρόφιμα υποβαθμίζονται και από τα μεταξένια νημάτια και τα αποχωρήματα των προνυμφών. Αξιοσημείωτο είναι

ότι η προνύμφη στο 1<sup>ο</sup> στάδιο λόγω του πολύ μικρού μεγέθους της, είναι δυνατό να εισέλθει σε δοχεία με τρόφιμα από πολύ μικρές οπές διαμέτρου 0,39-0,45 mm (Σταμόπουλος, 2013- Ναβροζίδης Ε., Ανδρεάδης Σ., 2012).

▪ Οικ. Gelechiidae

Οικογένεια που περιλαμβάνει εχθρούς όπως το ρόδινο σκουλήκι του βαμβακιού (*Pectinophora gossypiella*), έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς της ροδακινιάς (τον βλαστορύκτη *Anarsia lineatella*), αλλά και τη φθοριμαία της πατάτας (*Phthorimaea operculella*) (Εμμανουήλ Ν., 2014).

*Sitotroga cereallela* (Olivier)

Ακμαίο: Το μήκος του κυμαίνεται περίπου έως 15 mm. Οι πτέρυγες του έχουν άνοιγμα 10-16 mm, με τις πρόσθιες να είναι στενές και μακριές με κροσσούς στις άκρες και χρώμα τεφρό κίτρινο και οι οπίσθιες τεφρές



Εικόνα 7 ενήλικο *S.cereallela*

Προνύμφη: Έχει μήκος έως 9 mm και χρωματισμό υπόλευκο.

Βιολογία: Έχει 2-4 γενεές το χρόνο, η διαχείμαση γίνεται μέσα στους σπόρους ως προνύμφη. Τα ενήλικα θηλυκά γεννούν τον Μάιο τα ωά τους στους σπόρους των αποθηκευμένων σιτηρών ή στην καλλιέργεια στον αγρό, μέσα στα λέπυρα του στάχους, τα οποία στη συνέχεια με το θερισμό φτάνουν στις αποθήκες.

Προσβολές: Η προνύμφη μπορεί να τραφεί με σπόρους σιτηρών, καλαμποκιού, ρυζιού, σόργου, σπόρους από κεχρί αλλά και σπόρους κριθαριού με αποτέλεσμα να καθίσταται ακατάλληλο για παρασκευή ζύθου (Ναβροζίδης Ε., και Ανδρεάδης Σ., 2012).

### 1.2.2. Τάξη: Coleoptera

#### ▪ Οικ. Anobiidae

Στην οικογένεια αυτή περιλαμβάνονται σημαντικοί εχθροί που προσβάλλουν το ξύλο σε έπιπλα και γενικότερα είδη ξυλείας (*Anobium punctatum* και *Xestobium rufivillosum*). Επίσης περιλαμβάνει και έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα (Εμμανουήλ Ν., 2014).

*Lasioderma serricorne* (Fabricius) cigarette beetle, σκαθάρι του καπνού

**Ακμαιοί:** Φτάνει σε μήκος τα 2-4 mm έχει χρώμα καστανοκόκκινο ή καστανό σκούρο. Το σώμα του είναι ελλειπτικό ή ωοειδές και ο προθώρακας καλύπτει την κεφαλή. Το όνομα *serricorne* προέρχεται από τις πριονοειδείς κεραίες του και το *lasioderma* (λάσιος=τριχωτός + δέρμα) από το ελαφρύ χνούδι που σκεπάζει τα έλυτρα του (Ορφανίδου, 2008).



Εικόνα 9 ενήλικο  
*L.serricorne*



Εικόνα 8 ενήλικο *L.serricorne*

**Προνύμφη:** Έχει μήκος 10-4 mm, χρωματισμό υποκίτρινο, είναι κυρτή και φέρει τρίχες (Ορφανίδου, 2008).

**Βιολογία:** Είναι από τις σπάνιες περιπτώσεις εντόμων που ευδοκιμούν σε υψηλές θερμοκρασίες, αφού μπορεί να φωτοκεί ακόμη και στους 43° C, οι συνεχόμενες όμως υψηλές θερμοκρασίες της τάξεως των 40° C μπορεί να αποβούν μοιραίες. Έχει 3-4 γενεές το χρόνο, διαχειμάζει ως προνύμφη, τα ενήλικα θηλυκά κάνουν την εμφάνισή τους τέλη Μαΐου και γεννούν έως 120 ωά (Ορφανίδου, 2008).

**Προσβολές:** Προσβάλλει σπόρους, ρύζι, ζυμαρικά και άλλα τρόφιμα, όμως η κύρια προσβολή είναι σε προϊόντα καπνού όπως τσιγάρα, πούρα κ.α. Η ικανότητά τους να πετούν τα βοηθά στην ανεύρεση τροφής και τις επόμενες μολύνσεις (Ορφανίδου, 2008).



Εικόνα 10 Προσβολή σε πούρο από *L.serricorne*



- Οικ. Bostrychidae

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της οικογένειας αυτής είναι οι ασύμμετρες κεραίες στο σημείο του ροφάλου. Σημαντικά είδη είναι ο μικρός υπονομευτής αποθηκευμένων απόρων *Rhyzopertha dominica* και ο μεγαλύτερος *Prostephanus truncatus* (Εμμανουήλ Ν., 2014).

*Rhyzopertha dominica* (F.) σκαθάρι του ρυζιού

Ακμαίο: Το μήκος του κυμαίνεται από 2-3 mm. Είναι κοκκινωπό έως καστανό. Τα έλυτρα καλύπτονται από γραμμικές μικρές κοιλότητες. Η κεφαλή καλύπτεται από το πρόνωτο το οποίο είναι καμπυλωτό και φέρει εξογκώματα (Edde P. A., 2012).



Εικόνα 11 *R. dominica* Πλάγια όψη του εντόμου



Εικόνα 12 *R. dominica* ακμαίο

Προνύμφη: Φτάνει σε μήκος το 3-4 mm, το σχήμα της είναι καμπυλωτό, σκαραβοειδές και έχει χρώμα υπόλευκο με ανοιχτή καστανή κεφαλή και σκούρα πόδια (Edde P. A., 2012).

Βιολογία: Έχει 4-6 γενεές το χρόνο (Ναβροζίδης Ε., και Ανδρεάδης Σ., 2012). Αναπτύσσεται αρκετά γρήγορα σε συνθήκες θερμοκρασίας 26° -34° C και 70% σχετική υγρασία. Το θηλυκό μπορεί να παράξει έως 400 ωά (Edde P. A.,2012 – Τσαγανού, 2021).

Προσβολές: Προσβάλλει ακέραιους σπόρους ως προνύμφη αλλά και ως ακμαίο γι' αυτό θεωρείται πρωτεύοντας εχθρός. Κατατρώει το ενδοσπέρμιο από σπόρους ρυζιού, σιταριού, βρώμης κ.α. (Edde P. A.,2012 – Τσαγανού, 2021).



Εικόνα 13 Προσβολή σε σπόρους σιταριού από *R. dominica*

▪ Οικ. Bruchidae

Αποτελείται κυρίως από έντομα που προσβάλλουν ψυχανθή και κυρίως φασόλια και μπιζέλια. Τα ενήλικα τρέφονται με γύρη ψυχανθών στον αγρό. Εκείνα όμως τα είδη που έχουν εξελιχθεί και διαβιούν στις αποθήκες δεν χρειάζονται τροφή για την ωοτοκία τους (Εμμανουήλ Ν., 2014).

*Acanthoscelides obtectus* (Say) βρούχος των φασολιών

Ακμαίο: Έχει πολύ μικρό μήκος 2,2-4,5 mm με χρώμα σκούρο καστανό έως μαύρο και καλύπτεται από ελαφρύ χνούδι. Τα έλυτρα είναι γκριζωπά με σκούρες κηλίδες και το τελευταίο τμήμα δεν καλύπτει την κοιλία (Ναβροζίδης Ε., και Ανδρεάδης Σ., 2012 - Hagstrum et al.,2013).

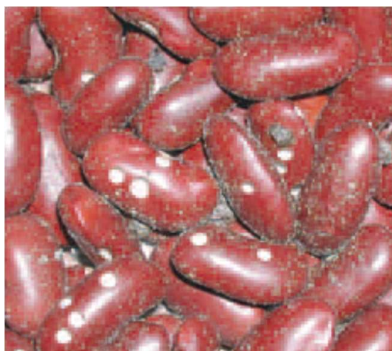


Εικόνα 14 ενήλικο  
*A.obtectus*

Προνύμφη: Έχει μήκος έως 8 mm με σώμα καμπυλωτό και χρωματισμό λευκό (Ναβροζίδης Ε., και Ανδρεάδης Σ., 2012).

Βιολογία: Έχει 3-4 γενεές το χρόνο και οι ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης είναι 30-35° C θερμοκρασία, 70-90% σχετική υγρασία με διάρκεια 20-25 μέρες (Ναβροζίδης Ε., και Ανδρεάδης Σ., 2012 – Δεληγιώργη, 2013).

Προσβολές: Οι βρούχοι δεν τρέφονται με προϊόντα δημητριακών όπως σιτάρι, κριθάρι, αντιθέτως προσβάλλουν σπόρος ψυχανθών και κυρίως φασολιών. Τα ενήλικα ωοτοκούν



Εικόνα 15 προσβολή σε φασόλια από  
*A.obtectus*

επάνω στους καρπούς και οι νεοεκκολαπτόμενες προνύμφες ορύσσουν στοά και εισέρχονται στο εσωτερικό του σπόρου. Τα ενήλικα δεν διατρέφονται μπορούν όμως να πετούν και να προσβάλουν μεγάλο μέρος του αποθηκευμένου προϊόντος. (Ναβροζίδης Ε., και Ανδρεάδης Σ., 2012- Rees D.,2004).

▪ Οικ. Curculionidae

Χαρακτηριστικό της οικογένειας αυτής το προτεταμένο μέρος της κεφαλής που θυμίζει ρύγχος, κοντότερο ή μακρύτερο, στην άκρη του οποίου φύονται οι γονατοειδείς κεραίες του εντόμου. Περιλαμβάνει έντομα τα οποία διατρύπουν το φυτικό υλικό όπως ανθονόμους (*Anthonomus pomorum*, ανθονόμος της μηλιάς) και υπονομευτές αποθηκευμένων προϊόντων (Εμμανουήλ Ν., 2014).

*Sitophilus granarius* (L.) σκαθάρι του σιταριού

Ακμαίο: Το μήκος του σώματος του φτάνει τα 3-5 mm, οι χρωματισμοί ποικίλουν ανάλογα το είδος, έτσι το *S.granarius* είναι σκούρο καστανό έως μαύρο, το *S.oryzae* είναι καστανό ή σκούρο



Εικόνα 17 *S.zeamais* ενήλικο

καστανό με τέσσερις φωτεινές περιοχές στα έλυτρα και το *S.zeamais* σκούρο καστανό με τέσσερις (δύο σε κάθε έλυτρο) χρώματος κίτρινου γραμμές που επεκτείνονται από το κέντρο προς τις άκρες. Φέρει το

χαρακτηριστικό ρύγχος, το πρόνωτο φέρει βοθρία, ενώ τα έλυτρα αυλακωτές γραμμώσεις. Το ενήλικο δεν έχει την ικανότητα να πετά, αντιθέτως το *S.oryzae* πετά. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη ή όχι μεμβρανωδών πτερύγων (Μπουχέλος, 2018- Σίχανης, 2019).



Εικόνα 16 *S. granarius* ενήλικο



Εικόνα 18 *S.oryzae* ενήλικο

Προνύμφη: Είναι άποδη με μήκος 3-4 mm κυρτή και λευκή.

Βιολογία: Γεννά 4-5 φορές το χρόνο. Η διαχείμαση γίνεται στο pronymfικό στάδιο μέσα σε σπόρους ή διάφορα μέρη στον αποθηκευτικό χώρο. Τα θηλυκά δραστηριοποιούνται την άνοιξη γεννώντας έως 400 ωά.

Προσβολές: Προσβάλλει δημητριακά όπως σιτάρι, βρώμη, κριθάρι, σπάνια ρεβίθια. Το *S.oryzae* προσβάλλει κυρίως ρύζι αλλά και άλλους σπόρους όπως βαμβακόσπορο, όσπρια, ξηρούς καρπούς και το *S.zeamais* προσβάλλει κατά κύριο λόγο αποθηκευμένο σπόρο καλαμποκιού καθώς και σιτάρι και κριθάρι. Ο



Εικόνα 19 Προσβολή σε σιτάρι από *S.granarius*

υπερπληθυσμός του εντόμου στην αποθήκη είναι δυνατόν να προκαλέσει το λεγόμενο άναμμα των σπόρων με αποτέλεσμα ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών (Edde P. A. 2012- Μπουχέλος, 2018- Σίχανης ,2019).

- Οικ. Dermestidae

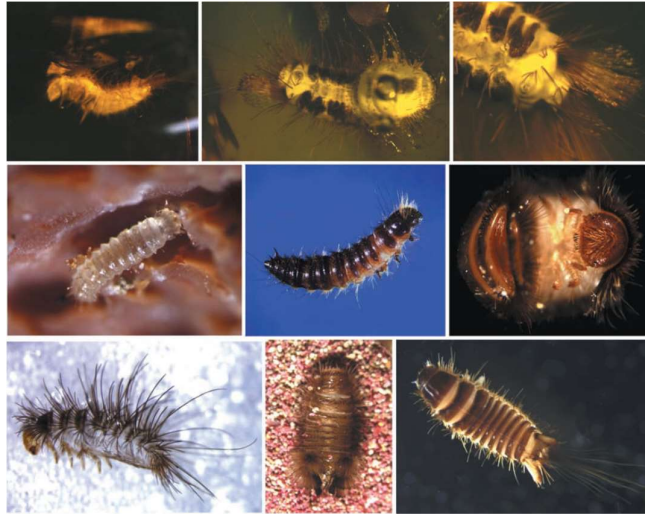
Η οικογένεια Dermestidae περιλαμβάνει περισσότερα από 1000 κοσμοπολίτικα είδη που έχουν περιγραφεί. Τα είδη της οικογένειας αυτής τρέφονται με αποξηραμένη τροφή, όπως οργανική ύλη (Εμμανουήλ Ν., 2014) και άλλα αποξηραμένα ζωικά προϊόντα. Απαντώνται συχνά σε φωλιές πουλιών και άλλων εντόμων, σε πτώματα εφόσον πρόκειται για πτωματοφάγα έντομα, καθώς επίσης και κάτω από φλοιούς. Είναι δυνατό να βρεθούν ακόμη ως παράσιτα σε σπίτια καταστρέφοντας χαλιά, γούνες ή άλλα ενδύματα ή σε μουσεία ως παράσιτα σε ταριχευμένα ζώα ή άλλες συλλογές. Ωστόσο στο στάδιο του ενηλίκου κάποια τρέφονται με γύρη και νέκταρ λουλουδιών ή δεν τρέφονται καθόλου (Rees D., 2004 - Kiselyova, T., & Mchugh, J. V., 2006).

Τα ενήλικα είδη της οικογένειας που αφορούν εχθρούς αποθηκευμένων προϊόντων φτάνουν σε μήκος έως και τα 12 mm. Έχουν ωοειδές σχήμα και ορισμένα στα έλυτρά τους φέρουν ευδιάκριτους σχηματισμούς.



Εικόνα 20 Είδη της οικογένειας Dermestidae από δεξιά στα αριστερά *Anthrenus verbasci*, *Dermestes lardarius* και *Trogoderma inclusum*

Οι προνύμφες έχουν ως χαρακτηριστικό τις πολυάριθμες τρίχες που φέρουν στο σώμα τους, οι οποίες στην άκρη καταλήγουν σε θύσανο (Rees D., 2004 - Kiselyova, T., & Mchugh, J. V., 2006).



Εικόνα 21 Προνύμφες της οικογένειας Dermestidae  
(Kiselyova, T., & Mchugh, J. V., 2006)

Από τα πιο σημαντικά γένη της οικογένειας Dermestidae είναι το *Dermestes lardarius* που προσβάλλει αποξηραμένο κρέας τα είδη του γένους *Anthrenus* που προσβάλλουν χαλιά και μουσειακές συλλογές και το *Trogoderma granarium* το οποίο αποτελεί σημαντικό εχθρό αποθηκευμένων προϊόντων (Εμμανουήλ Ν., 2014).

#### ***Trogoderma granarium* Everts σκαθάρι *kharpa***

Πρόκειται για έναν από τους πιο σημαντικούς και επιζήμιους εχθρούς αποθηκευμένων προϊόντων κυρίως στις θερμότερες περιοχές. Είναι πολυφάγο είδος με προτίμηση σε ελαιούχους πλακούντες, σπόρους δημητριακών και κάθε είδους προϊόντα (Σταμόπουλος, 1999).

Έχει χαρακτηριστεί ως έντομο καραντίνας σε πάρα πολλές χώρες κυρίως στην Αμερική (Athanassiou et al, 2019 - Kavallieratos et al., 2019 - Papanikolaou et al., 2019 - EPPO, 2022). Αυτό οφείλεται μεταξύ άλλων στην ικανότητα που έχει η προνύμφη του εντόμου, να μπαίνει σε διάπαυση όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας είναι ακατάλληλες ή όταν η επάρκεια φαγητού είναι περιορισμένη ή όταν υπάρχει υπερπληθυσμός του εντόμου στο χώρο διαβίωσης. Τότε η προνύμφη εισέρχεται σε ρωγμές ή σχισμές, όπου μπορεί να παραμείνει για αρκετά χρόνια (Kavallieratos et al., 2019).

Το έντομο μπορεί να βρεθεί στα ίδια ενδιαιτήματα με άλλα έντομα αποθηκών, ωστόσο είναι υπερανταγωνιστικό, αφού είναι ικανό να αυξήσει σε μεγάλο βαθμό τον πληθυσμό του εύκολα (Athanassiou et al., 2019).

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό και Μεσογειακό Οργανισμό Προστασίας Φυτών (EPPO) η συστηματική κατάταξη του εντόμου είναι η εξής,

Βασίλειο : Animalia

Φύλο : Arthropoda

Κλάση : Insecta

Τάξη : Coleoptera

Οικογένεια : Dermestidae

Γένος : Trogoderma

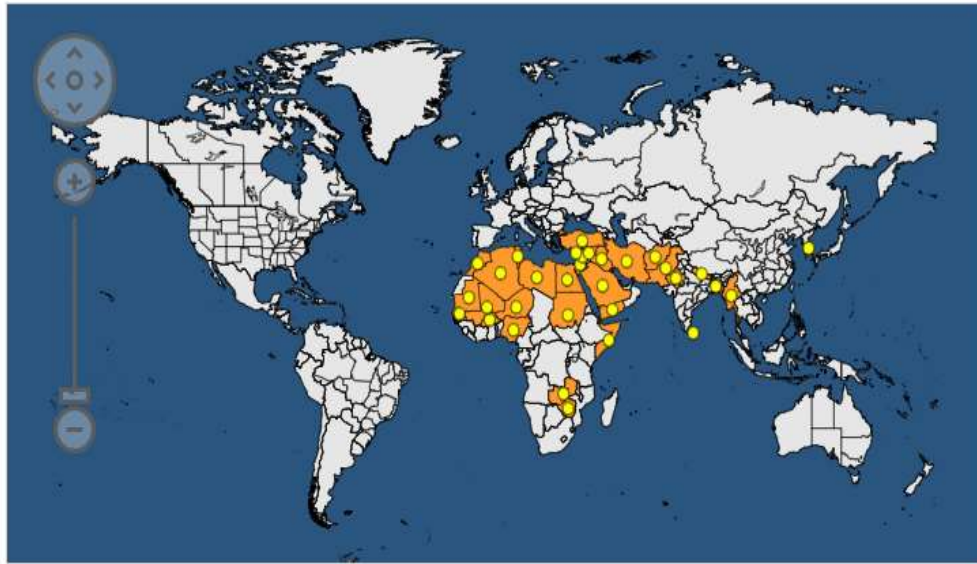
Είδος : granarium

Authority: Everts

#### Γεωγραφική εξάπλωση

Το διεθνές εμπόριο ήταν εκείνο που βοήθησε στην εξάπλωση του *T. granarium* όπως και πολλών άλλων εντόμων (Athanassiou et al., 2019). Το *T. granarium* είναι ιθαγενές έντομο της Ινδίας, η γεωγραφική του όμως εξάπλωση έφτασε ως την Αμερική, την Ευρώπη και την Αφρική. Στην Αμερική πρωτοεμφανίστηκε περίπου το 1953, στην κομητεία Tulare στην Καλιφόρνια, αργότερα εξαπλώθηκε και σε άλλες πολιτείες όπως η Αριζόνα, το Μεξικό κ.α. (Lindgren, D. L., & Vincent, L. E., 1959). Στην Αφρική εντοπίστηκε σε εμπορεύματα πλοίων στην Νιγηρία και στη Σενεγάλη το 1943, πλέον απαντάται στα δυτικά και στις πιο βόρειες περιοχές της Αφρικής. Στην Ευρώπη εμφανίστηκε το 1916 στη Βρετανία και αργότερα το 1921 στη Γερμανία (Banks, H. J. 1977), και έχει εξαπλωθεί στις νοτιοανατολικές περιοχές της μεσογειακής Ευρώπης. Το συναντάμε επίσης στη νοτιοδυτική Ασία, στη μαλαϊκή χερσόνησο στην Ταϊλάνδη, στις Φιλιππίνες, στην Ταϊβάν, στην Κορέα και στην κεντρική Ασία. Στην Αυστραλία παρόλο έχουν βρεθεί πολλά ιθαγενή είδη που έχουν ενταχθεί στο γένος *Trogoderma*, είναι λίγα τα επιστημονικά στοιχεία ώστε να γνωρίζουμε σε ποιο είδος ανήκουν και αν

αυτό είναι το granarium (Rees D., 2004). Πλέον στην Αμερική έχουν εξολοθρευθεί όλες οι προσβολές που βρέθηκαν και είναι αναγκαίο να αναφέρεται αμέσως στις αρμόδιες αρχές οποιαδήποτε νέα προσβολή (Harris, D. L. 2006). Σύμφωνα με τα νεότερα στοιχεία που αντλούμε από τον EPPO (2021-05-10) η γεωγραφική εξάπλωση του εντόμου φαίνεται στη παρακάτω εικόνα



Εικόνα 22 Γεωγραφική κατανομή *T.granarium* σύμφωνα με στοιχεία του EPPO

Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου

#### Ενήλικο

Τα ενήλικα έντομα έχουν μήκος περίπου 2-3 mm και πλάτος 0,9-1,7 mm. Το σχήμα τους είναι ωοειδές, επίμηκες και το χρώμα τους είναι σκούρο καστανό. Στα έλυτρά τους φέρουν ακανόνιστους σχηματισμούς ανοικτού χρώματος, ενώ το υπόλοιπο μέρος είναι μαύρο ή καστανό σκούρο. Τα θηλυκά είναι ελαφρώς μεγαλύτερα σε μέγεθος και πιο ανοικτόχρωμα. Και τα δύο γένη φέρουν λευκές τρίχες επι του σώματος. Κατά κανόνα δεν έχουν την ικανότητα να πετούν παρότι φέρουν το τυπικό



Εικόνα 23 *T.granarium* ενήλικο αρσενικό και θηλυκό

οπίσθιο ζεύγος μεμβρανωδών πτερυγών (Ναβροζίδης Ε. και Ανδρεάδης Σ., 2012 - Harris, D. L. 2006).

### Ωό

Το ωό του είναι μεγέθους 0,7 επί 0,25 mm. Είναι χρώματος υπόλευκου γαλακτώδους, το οποίο στη συνέχεια γίνεται πιο κιτρινωπό. Το σχήμα του είναι κυλινδρικό με το ένα άκρο πιο στρογγυλό και το άλλο πιο μυτερό (Harris, D. L. 2006).

### Προνύμφη

Σύμφωνα με τους Kulkarni et al. (2015) έχουν παρατηρηθεί πέντε προνυμφικά στάδια ενώ σύμφωνα με τον Athanassiou et al (2018) είναι 4-8 αναλόγως την θερμοκρασία. Το μήκος της προνύμφης κυμαίνεται από 1 mm έως 6 mm, αναλόγως το προνυμφικό στάδιο. Φέρει χρώμα κιτρινωπό ως καστανό ανοικτό, το οποίο αργότερα γίνεται πιο σκούρο καστανό ως χρυσιώδες και σκουραίνει περισσότερο καθώς μεγαλώνει. Στο 3<sup>ο</sup> προνυμφικό στάδιο είναι ευδιάκριτα τα χαρακτηριστικά τριχίδια που φέρουν, ώσπου στο 5<sup>ο</sup> και τελευταίο προνυμφικό στάδιο οι προνύμφες είναι εξολοκλήρου και εμφανώς καλυμμένες με τρίχες, στην άκρη της κοιλίας καταλήγουν στον χαρακτηριστικό θύσανο, ο οποίος είναι μακρύτερος και πιο εμφανής απ'ότι στα προηγούμενα προνυμφικά στάδια.



Εικόνα 24 Προνύμφες *T. granarium* σε διάφορα στάδια

Αξιοσημείωτο είναι ότι σε εκτροφές που έχουν γίνει σε εργαστήρια έχει παρατηρηθεί κανιβαλισμός στο είδος, καθώς οι προνύμφες έτρωγαν τα νεκρά ενήλικα άτομα (Σταμόπουλος, 1999).

### Νύμφη

Στο σώμα της νύμφης παρατηρούνται τα ευδιάκριτα τμήματα. Έχει μήκος περίπου 3-5 mm με το θηλυκό να είναι περισσότερο αναγνωρίσιμο, λόγω του μεγαλύτερου μεγέθους από το αρσενικό. Ο χρωματισμός της είναι χρυσιζών. Το νυμφικό στάδιο διαρκεί μόλις 5 ημέρες (Kulkarni et al., 2015).



## Βιολογία

Οι ιδανικές συνθήκες δραστηριοποίησης του εντόμου είναι ξηροθερμικές. Το ευνοεί ένα εύρος θερμοκρασίας από 21- 40° C, ενώ τα χαμηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας δεν το επηρεάζουν αρνητικά. Μπορεί να φτάσει τις 10 γενεές το χρόνο (Athanassiou et al, 2018).

Σε συνθήκες θερμοκρασίας 35° C και σχετικής υγρασίας 73% έχει τη δυνατότητα να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο σε 18 ημέρες.

Το ενήλικο θηλυκό εναποθέτει τα ωά του πάνω στους σπόρους ή στα τρόφιμα, τα οποία σύμφωνα με τον Karanar (1971), φθάνουν τα 24-30, ενώ σύμφωνα με τον Athanassiou et al.,(2018) φθάνουν τα 26-66. Μόλις εμφανιστούν οι προνύμφες 1<sup>ης</sup> ηλικίας προτιμούν σπασμένους σπόρους ή τμήματα αυτών, καθώς όμως προχωρούν στα μεγαλύτερα προνυμφικά στάδια μπορούν να προσβάλουν ολόκληρο το σπόρο.

Η ιδιότητα που έχει η προνύμφη να εισέρχεται σε διάπαυση είναι απόλυτα ευνοϊκή για τη διαβίωση και τη διαιώνιση του είδους. Κατά τη διάπαυση η προνύμφη κρύβεται σε σχισμές χωρίς να χρειάζεται τροφή, με τον τρόπο αυτό επιβιώνει στις όποιες αντίξοες συνθήκες που έχουν προκύψει και ταυτόχρονα καθίσταται δυσκολότερη η αντιμετώπιση με τα μέσα καταπολέμησης. Η διάπαυση της προνύμφης μπορεί να διαρκέσει έως και 8 χρόνια (Rees, 2019 - Ναβροζίδης Ε. και Ανδρεάδης Σ., 2012). Τα ενήλικα δεν ζουν για μεγάλο χρονικό διάστημα και δεν τρέφονται με τα προϊόντα αποθήκευσης (Scheff et al., 2019).

## Ζημιές – Προσβολές

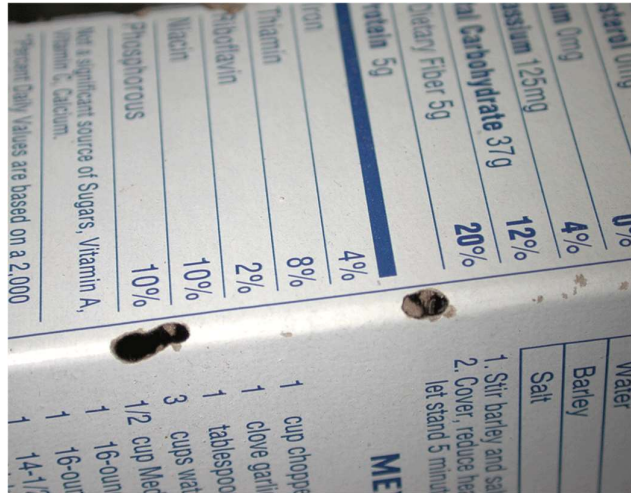
Πρόκειται για είδος πολυφάγο, ενώ κυρίως έχει προτίμηση σε ελαιούχους πλακούντες και σπόρους.

Προσβάλλει ένα μεγάλο εύρος φυτικών υλικών, όπως καλαμπόκι, σιτάρι, βρώμη, ρύζι και γενικά κάθε είδους δημητριακά, επίσης προσβάλλει φασόλια, φακές και σόγια, σκόνη γάλακτος, σταφίδες, αλεύρι, σιμιγδάλι, αποξηραμένα μανιτάρια, αποξηραμένα φρούτα, σπόρους τριφυλλιού και πάρα πολλά άλλα τρόφιμα. Μπορεί επίσης να προσβάλλει χαρτί και γενικότερα βιβλία, σκυλοτροφή ακόμη και αλουμίνιο.

Η προνύμφη ανοίγει οπή απ' όπου εισέρχεται στο σπόρο κατατρώγοντας το εσωτερικό του (Hagstrum et al., 2013 – Σταμόπουλος, 1999).

Ως δευτερογενής ζημιά θεωρείται το άναμμα των σπόρων που προέρχεται από τις βιολογικές διεργασίες του εντόμου, που βρίσκεται σε υπερπληθυσμό, με αποτέλεσμα τον κίνδυνο ανάπτυξης μυκητολογικών ασθενειών.

Οι προνύμφες μπορούν να διατρυπήσουν συσκευασίες φαγητών και να εισχωρήσουν εντός των τροφίμων, μπορούν επίσης να βρεθούν σε παγίδες τροφικών που είναι τοποθετημένες γύρω από κτήρια ή όπως άλλα είδη της οικογένειας Dermestidae να προκαλέσουν φθορές σε ζωικές ή φυτικές μουσειακές συλλογές (Rees D., 2019 – Lindgren et al., 1955).



Εικόνα 25 τρυπημένη συσκευασία τροφίμων από προνύμφες

Τα εκδύματα αλλά και οι τρίχες που αποβάλουν είναι δυνατό να εισέλθουν στον οργανισμό δια της αναπνοής ή της κατάποσης και να προκαλέσουν σοβαρά αλλεργικά προβλήματα στον άνθρωπο (Yadav et al., 2018).

### 1.3. Συνθήκες και παράγοντες που επηρεάζουν την προσβολή και την ανάπτυξη των εντομολογικών εχθρών

#### 1.3.1. Χώροι αποθήκευσης

Οι αποθηκευτικοί χώροι αποτελούν για τα έντομα ασταθή ανθρωπογενή οικοσυστήματα. Αυτό σημαίνει ότι, παρόλο μπορούν να παρέχουν στα έντομα άφθονη ποσότητα τροφής, προστασία από εξωτερικούς παράγοντες και ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης (θερμοκρασία και υγρασία), οι ιδεώδεις αυτές συνθήκες δεν είναι δυνατό να διαρκέσουν για πάντα. Ο λόγος είναι ότι στα “κλειστά” οικοσυστήματα, όπως θεωρείται το περιβάλλον μιας αποθήκης, οι ενεργειακές δυνατότητες είναι πεπερασμένες (Σταμόπουλος, 2013).

Αφενός οι χώροι αυτοί θα πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις και να λαμβάνονται κάποια μέτρα, αφετέρου θα πρέπει να ελέγχεται όσο το δυνατόν το προϊόν που προορίζεται για αποθήκευση.

### 1.3.2. Διαμόρφωση αποθηκευτικών χώρων

Οι χώροι αποθήκευσης θα πρέπει να είναι κατασκευασμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε αρχικά να εμποδίζεται η είσοδος εντομολογικών εχθρών, αλλά σε πιθανή είσοδο να καθίσταται δύσκολη η διαβίωση και η εξάπλωσή τους.

Ο σχεδιασμός και τα υλικά που χρησιμοποιηθούν παίζουν ρόλο ύψιστης σημασίας ώστε η θερμοκρασία, η υγρασία και ο αερισμός να του αποθηκευτικού χώρου να είναι σε τέτοια επίπεδα που να δυσχεραίνουν τις εντομολογικές προσβολές και όχι μόνο. Υλικά όπως σίτες ή πλέγματα με την κατάλληλη πυκνότητα σε παράθυρα και συστήματα εξαερισμού είναι αναγκαία. Απαραίτητο το σωστό σφράγισμα των εισόδων των αποθηκών και η επισκευή σε πιθανές ρωγμές και τρύπες σε τοίχους ή οροφές. Επιπλέον χρήση κατάλληλων υλικών για σωστή στεγανοποίηση και μόνωση, ούτως ώστε να αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού και να διατηρούνται τα επίπεδα υγρασίας χαμηλά, παράγοντες οι οποίοι ευνοούν την διαβίωση των εντόμων, αλλά και πιθανές αναμολύνσεις στα προϊόντα. Τέλος για καθετί που σχεδιάζεται κατασκευαστικά ή για οποιοδήποτε μηχάνημα ή εργαλείο που πρόκειται να τοποθετηθεί, να υπάρχει μέριμνα για την διευκόλυνση της καθαριότητας του χώρου που είναι πολύ σημαντική (Μηλιώκας, 2015- Μπουχέλος, 2018).

### 1.3.3. Θερμοκρασία

Για τη σωστή καταπολέμηση των εντομολογικών εχθρών σε μία αποθήκη θα πρέπει να υπάρχει η απαραίτητη γνώση των παραγόντων που συντελούν στην επιβίωση των εντόμων μέσα στον αποθηκευτικό χώρο. Ένας τέτοιος πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία, τόσο του περιβάλλοντος, όσο και του ίδιου του σπόρου που απειλείται με προσβολή (Μπουχέλος, 2018).

Η κατάλληλη θερμοκρασία στο περιβάλλον της αποθήκης παίζει μεγάλο ρόλο στην αντιμετώπιση των πληθυσμών των εντόμων. Αυτό συμβαίνει γιατί τα έντομα έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασίας στο οποίο αναπτύσσονται και αναπαράγονται, το οποίο κυμαίνεται από 25° C έως 33° C, και θεωρείται το βέλτιστο εύρος. Οι βιολογικοί ρυθμοί των εντόμων αρχίζουν να φθίνουν σε θερμοκρασίες μικρότερες ή μεγαλύτερες

από αυτό το εύρος τιμών, ώσπου επέρχεται η πλήρης διακοπή ανάπτυξης και τελικά ο θάνατος (Phillips and Throne, 2010).

Ωστόσο δεν ισχύει το ίδιο για όλα τα έντομα αποθηκών αφού τα *Lasioderma serricorne*, *Trogoderma granarium*, *Tribolium confusum*, *Palorus spp.* κ.α. θεωρούνται ως εξαιρέσεις και δεν επηρεάζονται από θερμοκρασίες ελαφρώς υψηλότερες της τάξεως των 35° C, εντούτοις σε θερμοκρασία υψηλότερη των 38° C είναι αδύνατη η επιβίωση των περισσότερων εντόμων (Μπουχέλος, 2018).

#### 1.3.4. Υγρασία

Η σχετική υγρασία είναι και αυτή ένας παράγοντας, όπως η θερμοκρασία, που μπορεί να ασκήσει επίδραση στα διάφορα στάδια του βιολογικού κύκλου του εντόμου, επηρεάζοντας το ρυθμό ανάπτυξής του (Papanikolaou et al., 2018). Στα αποθηκευμένα προϊόντα όταν αναφερόμαστε στον όρο σχετική υγρασία εννοούμε την υγρασία εκείνη που περιέχεται στα κενά διαστήματα μεταξύ των σπόρων. Η περιεκτικότητα δε της υγρασίας που υπάρχει μέσα σε κάθε σπόρο επηρεάζει εξίσου σημαντικά τις προσβολές. Επειδή τα έντομα αποθηκευμένων προϊόντων προέρχονται κατά κύριο λόγο από τροπικά και υποτροπικά κλίματα, χρειάζονται έναν συνδυασμό θερμοκρασίας-υγρασίας σε επίπεδα θερμού-ξηρού περιβάλλοντος. Αρκετά από τα έντομα αυτά απαιτούν υγρασία στους σπόρους τουλάχιστον 10% για την επιβίωσή τους. Τα περισσότερα ωστόσο χρειάζονται περιεκτικότητα σε υγρασία από 12% και κάτω, όπως το *Tribolium spp.*, ενώ σε υγρασία κάτω του 8% αναστέλλεται ο ρυθμός ανάπτυξής τους όπως το *Sitophilus spp.* Από τη άλλη έντομα όπως το *T. granarium* σε πολύ χαμηλά επίπεδα υγρασίας μπορεί να καταστούν πολύ σημαντικοί εχθροί (Proctor, 1994 – Μπουχέλος, 2018 – Κοσμίδου και Γκέκας, 2021).

Ο συνδυασμός υγρασίας, θερμοκρασίας καθώς και της θερμότητας που παράγουν τα έντομα κατά τις διάφορες βιολογικές τους λειτουργίες, είναι δυνατόν να προκαλέσουν την λεγόμενη θερμή κηλίδα στο σωρό. Στο σημείο εκείνο του σωρού η θερμοκρασία μπορεί να αγγίξει τους 40° C με αποτέλεσμα από τη μια να θανατωθούν έντομα που βρίσκονται εκεί εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας, από την άλλη όσα από τα έντομα θα διαφύγουν να μεταφέρουν τη θερμότητα και να μεγαλώσει η κηλίδα. Οι δευτερεύουσες ζημιές που ακολουθούν όπως προσβολή από μυκητολογικές ασθένειες και φύτρωμα των σπόρων μπορεί να θεωρηθούν σημαντικότερες αφού ενδεχομένως να προκαλέσουν μεγαλύτερες απώλειες (Μπουχέλος 2018).

### 1.3.5. Υγειονομικές συνθήκες προϊόντος πριν την αποθήκευσή του

Το εάν και κατά πόσο έχουν υποστεί διάφορες προσβολές τα προϊόντα πριν μεταφερθούν στις αποθήκες είναι ιδιαίτερης σημασίας. Τα προϊόντα που προσβάλλονται στο χωράφι εγκυμονούν μεγάλο κίνδυνο αναμόλυνσης των αποθηκευμένων προϊόντων που είναι καθαρά και απαλλαγμένα από έντομα.

### 1.3.6. Είδος και συμπεριφορά του εντόμου

Τα έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα έχουν τέτοιο μέγεθος και σχήμα που τους επιτρέπει να κρύβονται σε πολύ μικρές ρωγμές στο εσωτερικό των αποθηκευτικών χώρων, αλλά και να ξεφεύγουν από πιθανούς θηρευτές. Επιπλέον κάποια έχουν διατηρήσει την ικανότητα να πετούν, σε αντίθεση με άλλα, επομένως ο κίνδυνος μόλυνσης προϊόντων απαλλαγμένων από εχθρούς αυξάνεται. Ακόμη το πως συμπεριφέρεται το κάθε έντομο αποτελεί τον σημαντικότερο λόγο για το μέγεθος της προσβολής. Αυτό σημαίνει ότι, για κάποια από αυτά οι ήδη τετμημένοι ή φαγωμένοι από άλλα έντομα σπόροι αποτελούν βασική προϋπόθεση για την προσβολή, ενώ κάποια διατρυπούν κατευθείαν τον αέριο σπόρο. Κάποια αρέσκονται σε ένα είδος σπόρου κατά τη συμπλήρωση του βιολογικού τους κύκλου, ενώ άλλα προτιμούν πολλών ειδών καρπούς (Σταμόπουλος, 2013).

## 1.4. Μέτρα αντιμετώπισης

### 1.4.1. Προληπτικά μέτρα

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα οι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της προσβολής μεταξύ άλλων είναι, ο ίδιος ο αποθηκευτικός χώρος ως προς την υγειονομική του κατάσταση αλλά και ως προς τον τρόπο σχεδιασμού του, επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζει και ο προς αποθήκευση σπόρος όσον αφορά την ακεραιότητά του, την περιεκτικότητά του σε υγρασία και την πιθανότητα να είναι ήδη προσβεβλημένος. Η μελέτη και ορθή διαχείριση των παραγόντων αυτών αποτελεί σημαντικό μέρος της προληπτικής αντιμετώπισης από προσβολές που πρόκειται να συμβούν.

### Χώρος

Ο σωστός σχεδιασμός του χώρου αποθήκευσης καθώς και η σωστή χωροταξική μελέτη μπορούν να καθορίσουν την προσβολή. Ο περιβάλλον χώρος εγκαταστάσεων που σχετίζονται με αποθήκευση τροφίμων, θα πρέπει να διατηρείται τόσο καθαρός όσο και

ο εσωτερικός. Είναι αναγκαία τα μέτρα για την εξάλειψη των συνθηκών εκείνων οι οποίες μόνο ευνοϊκές θα είναι για την διαβίωση και εξάπλωση των εντομολογικών εχθρών στον εξωτερικό χώρο της αποθήκης. Ελαττώνοντας λοιπόν πιθανές πηγές τροφής, όπως εστίες μόλυνσης από προηγούμενα φυτικά υπολείμματα που έχουν απορριφθεί κάπου κοντά, πηγές υγρασίας όπως στάσιμα νερά σε λακούβες και πιθανά ενδιαιτήματα εντόμων, όπως θάμνοι, δέντρα, γρασίδι ή ακόμα φωλιές πουλιών, μελισσών, σφηκών εφόσον γνωρίζουμε ότι πολλά Dermestidae μπορούν να αποικήσουν σε τέτοιου είδους ενδιαιτήματα, είναι δυνατόν να μειώσουμε και την είσοδο αυτών στο χώρο, οπότε και πιθανές προσβολές (Hears, 2006). Επίσης η γεινίαση με άλλες αποθήκες ή εργοστάσια που επεξεργάζονται τρόφιμα αποτελεί κίνδυνο.

Όσον αφορά τον εσωτερικό χώρο, τα κατάλληλα κατασκευαστικά υλικά είναι αναγκαία. Ρωγμές και σχισμές σε τοίχους και ταβάνια δεν πρέπει να υπάρχουν, σε εισόδους, παράθυρα, αεραγωγούς κ.τ.λ. θα πρέπει να τοποθετούνται κατάλληλες σίτες, μηχανήματα όπως διάφοροι μύλοι, κλιματιστικά, εγκαταστάσεις θέρμανσης και αποχετευτικά να είναι με τέτοιο τρόπο τοποθετημένα ώστε να διευκολύνουν την καθαριότητα (Σταμόπουλος, 2013).

### Καθαριότητα

Η καλύτερη μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων στις αποθήκες, είναι η διατήρηση της καθαριότητας. Το διεξοδικό και συστηματικό καθάρισμα όλων των περιοχών του αποθηκευτικού χώρου και περισσότερο εκείνων που μπορεί να αποτελέσουν πιθανές κρυψώνες, είναι βασικό. Απαιτείται να καθαρίζονται πολύ καλά με σειρά, οροφή, οι τοίχοι και τέλος το δάπεδο και να αφαιρούνται σκόνες, χώματα, υπολείμματα των προϊόντων. Επίσης να καθαρίζονται πολύ καλά ράφια, κολόνες, γωνίες, συσκευές φωτισμού, κουφώματα καθώς επίσης και οποιοδήποτε μηχάνημα είναι τοποθετημένο στο χώρο. Μηχανήματα όπως μύλοι χρειάζονται σωστό καθαρισμό και να αφαιρείται υλικό που έχει παραμείνει στα εξαρτήματα, όπως επίσης και ο κενός χώρος μεταξύ μηχανήματος και δαπέδου. Ο καθαρισμός μπορεί να γίνει χειρωνακτικά με σκούπες ή μηχανικά με απορροφητικές συσκευές. Εφόσον το επιτρέπει ο χώρος, η πιο αποτελεσματική μέθοδος είναι ο καθαρισμός με πιεστικό νερού. Ρωγμές και σχισμές επιβάλλεται να στοκάρονται αφού τα έντομα μπορούν να κρυφτούν μέσα σε αυτές. Τα συλλεγόμενα απορρίμματα θα πρέπει να τοποθετούνται σε μεγάλες πλαστικές

σακούλες και πριν απορριφθούν να ψεκάζονται με εντομοκτόνα ουσία. Μαζί με αυτά καλό είναι να απορρίπτονται και αντικείμενα που δεν χρησιμοποιούνται, όπως παλιά σακιά, διάφορα σκεύη, εργαλεία ή άλλα εξαρτήματα μηχανημάτων (Μπουχέλος, 2018).

#### Υγιεινή προϊόντος

Ένα άλλο μέτρο πρόληψης για την αποφυγή μολύνσεων είναι ο έλεγχος των προϊόντων που προορίζονται για αποθήκευση. Προϊόντα που έχουν ήδη δεχτεί προσβολή, έστω κι αν έχουν υποστεί κάποια πρόχειρη απεντόμωση απαγορεύεται να εισέρχονται στο χώρο, ούτε για αποθήκευση, ούτε για επεξεργασία. Ελλοχεύει ο κίνδυνος να μην έχει θανατωθεί το σύνολο των εντόμων κατά την απεντόμωση με αποτέλεσμα να μολύνουν το ήδη αποθηκευμένο προϊόν. Έλεγχος εκτός από τα προϊόντα θα πρέπει να γίνεται και στα υλικά συσκευασίας (σακιά κ.α.) (Σταμόπουλος, 2013).

#### 1.4.2. Έγκαιρη διαπίστωση προσβολής

##### Διάφοροι μέθοδοι

Εάν παρόλα τα προληπτικά μέτρα παρατηρηθεί προσβολή θα πρέπει να πραγματοποιηθούν εγκαίρως διάφοροι έλεγχοι μεταξύ των οποίων, , για την αναγνώριση της προσβολής πριν γίνει ανεπανόρθωτη ζημιά.

Κατά τον οπτικό έλεγχο γίνεται καταμέτρηση της προσβολής στο προϊόν. Πραγματοποιείται δειγματοληψία για να διαπιστωθεί το είδος ή τα είδη των εντόμων που έχουν προσβάλει το προϊόν καθώς επίσης και το μέγεθος της ζημιάς.

Το δείγμα λαμβάνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό. Για σπόρους που είναι αποθηκευμένοι χύμα σε σωρούς το δείγμα λαμβάνεται με τη βοήθεια σωληνοειδών δειγματοληπτών μήκους 1,5-2 μ. από διάφορα βάθη του σωρού, ενώ για προϊόν σε σακιά χρησιμοποιούνται κοίλοι κωνικοί σωλήνες (σόντες) με διατομή ανάλογη του μεγέθους του σπόρου. Αφού συλλεχθεί το δείγμα ελέγχεται για προσβολές (Σταμόπουλος, 2013).

Ο ακουστικός έλεγχος πραγματοποιείται με τη βοήθεια συσκευών οι οποίες ανιχνεύουν ήχους που παράγουν τα έντομα καθώς τρέφονται, εσωτερικά ή εξωτερικά του σπόρου.

Με τη χρήση ειδικών ενισχυτών και μικροφώνων ο ήχος φιλτράρεται και μπορεί να διαπιστωθεί οποιαδήποτε κίνηση του εντόμου. Έχει αποδειχθεί ότι χωρίς να ληφθούν

δείγματα σπόρων από τους σωρούς μπορούν να ανιχνευθούν ήχοι και των προνυμφών του κολεοπτέρου *R.dominica* και να εκτιμηθεί η πυκνότητα πληθυσμού των προνυμφών. Εντούτοις δεν είναι δυνατό να ανιχνευτούν τα νεκρά έντομα ή τα έντομα που βρίσκονται σε διάπαυση (Neethirajan et al., 2007 – Σταμόπουλος, 2013).

Άλλες μέθοδοι αναγνώρισης και προσδιορισμού μιας προσβολής μπορεί να είναι η μέτρηση του παραγόμενου CO<sub>2</sub>, όπου πραγματοποιείται προσδιορισμός της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στα δείγματα, συγκέντρωση έως 1% αποδεικνύει υψηλά επίπεδα προσβολής. Οι επαναλήψεις είναι απαραίτητες για την λήψη έγκυρων αποτελεσμάτων. Δεν είναι εφικτό να εντοπιστούν τα νεκρά έντομα και το παραγόμενο CO<sub>2</sub> που προέρχεται από την αναπνοή των σπόρων. Η ανίχνευση του ουρικού οξέος που προέρχεται από τα αποχωρήματα των εντόμων είναι επίσης μία μέθοδος για να αναγνωρίσουμε μια προσβολή. Επιπλέον η χρήση ακτινών X, όπου πραγματοποιούνται ακτινογραφίες σε δείγματα των 100gr με σκοπό την ανίχνευση των προσβολών στο εσωτερικό τους (Μπουχέλος, 2018). Διάφορες συσκευές ανίχνευσης εντόμων είναι ο ηλεκτρονικός ανιχνευτής Ersty and Shuman, η χειροκίνητη συσκευή των Ashman and Simon και διάφορα ραντάρ τα οποία όμως χρησιμοποιούνται κυρίως για ξυλοφάγα έντομα (Σταμόπουλος, 2013).

### Παγίδες

Οι διαφόρου τύπου παγίδες χρησιμοποιούνται στους αποθηκευτικούς με σκοπό όχι μόνο να μπορεί να αναγνωριστεί η προσβολή αλλά και να παρακολουθείται η διακύμανση του πληθυσμού ενός πιθανού εχθρού. Ίσως πιο σπάνια χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση του εχθρού, με τη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης. Η προσέλκυση στην παγίδα γίνεται με κάποια ελκυστική ουσία όπως τροφή, φερομόνη, χρώμα ή φωτεινή πηγή και το έντομο παγιδεύεται σε κόλλα ή νερό και θανατώνεται με εντομοκτόνο.

Η λειτουργία των παγίδων βασίζεται στον τροπισμό ή τακτισμό, μια ιδιότητα που έχουν τα έντομα να μετατοπίζονται αντανακλαστικά, θετικά ή αρνητικά, καθώς προσανατολίζονται, επηρεαζόμενα από κάποιο ερέθισμα. Αναλόγως τον τύπο ερεθίσματος υπάρχει ο φωτοτροπισμός, ο στερεοτροπισμός και ο χημειοτροπισμός. Κατά τον φωτοτροπισμό τα έντομα ελκύονται ή απωθούνται από μια πηγή φωτός. Με τη χρήση φωτεινών παγίδων επιδιώκεται η παγίδευση ιπτάμενων εντόμων κυρίως λεπιδοπτέρων που παρουσιάζουν θετικό τροπισμό. Οι παγίδες τοποθετούνται ψηλά και



σε γωνίες κοντά στο δάπεδο, το έντομο ελκύεται από τις λυχνίες υπεριώδους φωτός και θανατώνονται όταν ακουμπήσουν το ηλεκτροφόρο πλέγμα. Κατά τον στερεοτροπισμό το έντομο έχει την τάση να ακουμπάει το σώμα του σε στερεές, συμπαγείς επιφάνειες, οπότε παγίδες με οπές και πτυχές είναι ιδανικές. Ο χημειοτροπισμός είναι η ικανότητα που έχουν τα έντομα να αναγνωρίζουν προσελκυστικές ή απωθητικές ουσίες, τις φερομόνες που αποτελούν χημικά μέσα επικοινωνίας μεταξύ εντόμων του ίδιου είδους οπότε χρησιμοποιούνται ως μέσο προσέλκυσης σε πολλές παγίδες (Αδαμόπουλος, 2013).

Οι κυριότεροι τύποι παγίδων είναι, οι παγίδες τύπου Δέλτα (delta traps) οι οποίες είναι συνήθως φτιαγμένες από χαρτόνι ή πλαστικό, στη βάση τους έχουν κολλητικό πάτο όπου τοποθετείται το καψίδιο με τη φερομόνη και είναι κατάλληλες για λεπιδόπτερα και γενικά για ιπτάμενα έντομα, ωστόσο δεν είναι κατάλληλες για χώρους με πολλή σκόνη. Οι παγίδες τύπου χοάνης (funnel traps), οι οποίες είναι κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό και είναι κατάλληλες για ιπτάμενα έντομα σε χώρους με έντονη παρουσία σκόνης και αιωρούμενων σωματιδίων. Οι παγίδες κυματοειδούς χάρτου (corrugated paper traps), είναι κυματοειδές χαρτόνι διπλωμένο στα τέσσερα και εμποτισμένο με εντομοκτόνο. Οι παγίδες τύπου κολλητικής ταινίας (μυγόχαρτα) (glued strips), οι οποίες χρησιμοποιούνται για την παγίδευση διπτέρων η μικρών λεπιδοπτέρων. Τέλος οι παγίδες τύπου σόντας (probe traps), είναι ένας μακρόστενος, πλαστικός σωλήνας με πολλές οπές, διαμέτρου ανάλογη του εντόμου, που βυθίζεται στο σωρό των σπόρων και παγιδεύει μικρά κολεόπτερα, βασίζεται στην θιγμοτακτική συμπεριφορά των εντόμων να εισέρχονται σε ρωγμές (Σταμόπουλος, 2013).

#### 1.4.3. Κατασταλτικά μέτρα

Πάνω από 600 είδη κολεοπτέρων επηρεάζουν εδώδιμα γεωργικά προϊόντα που βρίσκονται σε συνθήκες αποθήκευσης με αποτέλεσμα να προκαλούν ποσοτικές και ποιοτικές απώλειες (Yang et al., 2010).

Η γνώση για το είδος του εντόμου που έχει πραγματοποιήσει την προσβολή μέσα στην αποθήκη, βοηθάει ώστε να χρησιμοποιηθεί η καταλληλότερη μέθοδος αντιμετώπισης του εντομολογικού εχθρού, είτε αυτή θα πρέπει να είναι άμεση για να προλάβει τη γρήγορη εξάπλωση, είτε αυτή θα μπορέσει να γίνει με πιο μακροπρόθεσμα μέτρα. Ούτως ή άλλως είναι απαραίτητη η απεντόμωση του χώρου, η απομάκρυνση δηλαδή των εντομολογικών εχθρών με κάθε τρόπο, φυσικό ή τεχνητό.

## Χημικές μέθοδοι

Μέσω της χημικής αντιμετώπισης στοχεύουμε στον άμεσο περιορισμό μιας εντομολογικής προσβολής στα αποθηκευμένα προϊόντα. Μπορεί να γίνει κατά τη διάρκεια αποθήκευσης ή πριν τα προϊόντα εισαχθούν σε κάποιο αποθηκευτικό χώρο. Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό είναι με τη μορφή εντομοκτόνων επαφής ή ως καπνογόνα (υποκαπνιστικά).

Τα εντομοκτόνα επαφής χρησιμοποιούνται κυρίως για την απολύμανση των σπόρων σιτηρών, ψυχανθών κ.α. που προορίζονται για καλλιέργεια. Ένα κατάλληλο εντομοκτόνο θα πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες, να μπορεί αρχικά να επιφέρει το θάνατο ταχύτατα σε κάθε εντομολογικό εχθρό, χωρία να επηρεάζει αρνητικά τον άνθρωπο και το περιβάλλον, να έχει χαμηλό κόστος, να είναι εύκολο στη διαχείριση και προετοιμασία του και να μην έχει υψηλή υπολειμματικότητα στα προϊόντα (Bennet et al., 1988)

Εφαρμόζονται πριν τοποθετηθούν τα προϊόντα στο χώρο αποθήκευσης ή μετά. Όταν η εφαρμογή γίνει πριν την αποθήκευση θα πρέπει να προηγείται πολύ καλός καθαρισμός του χώρου και να απομακρυνθούν όλα τα υπολείμματα που υπάρχουν. Στη συνέχεια ψεκάζονται όλες οι εσωτερικές επιφάνειες όπως τείχοι, πατώματα, οροφή με εντομοκτόνο μεγάλης υπολειμματικής διάρκειας. Ιδιαίτερα σε ρωγμές και σχισμές σε οποιαδήποτε επιφάνεια, που μπορεί να αποτελούν κρυψώνες των εντόμων, η εφαρμογή να είναι πιο σχολαστική (Μπουχέλος, 2018). Ακόμη πριν την αποθήκευση μπορεί να γίνει εφαρμογή κατάλληλης δόσης εντομοκτόνου στους σπόρους.

Από τα εντομοκτόνα, τα επαφής δεν παρουσιάζουν τόσο μεγάλη ικανότητα διείσδυσης όσο τα καπνογόνα, όμως παρέχουν ασφάλεια μεγαλύτερης διάρκειας. Από τα πιο σημαντικά εντομοκτόνα επαφής είναι το οργανοφωσφορικό pyrimiphos-methyl και από τα πυρεθρινοειδή το deltamethrin τα οποία λειτουργούν επιδρώντας στο νευρικό σύστημα των εντόμων (Papadopoulou et al., 1991).

Η αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων επηρεάζεται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία. Υψηλά επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας επηρεάζουν αρνητικά την υπολειμματική δράση των εντομοκτόνων καθώς διασπάται χημικά η δραστική ουσία. Επομένως απαιτούνται συχνότερες επεμβάσεις. Ένας άλλος παράγοντας είναι το υλικό των επιφανειών πάνω στο οποίο γίνεται η εφαρμογή των

εντομοκτόνων. Η αλκαλική σύσταση των επιχρισμάτων των επιφανειών επιταχύνει τη διάσπαση πολλών εντομοκτόνων (Σταμόπουλος, 2013).

Ως καπνιστικά εντομοκτόνα ή καπνογόνα θεωρούνται οι χημικές ουσίες οι οποίες παράγοντας ατμούς ασκούν τοξική επίδραση σε εντομολογικούς εχθρούς αποθηκευμένων προϊόντων. Τα καπνογόνα διεισδύουν στο σώμα των εντόμων από τις αναπνευστικές οδούς ή το χιτίνισμένο εξωσκελετό τους και επιδρούν στο αναπνευστικό και το νευρικό σύστημα προκαλώντας τον θάνατο σε όλα τα στάδια του εντόμου ακόμη και στο ωό.

Το κυριότερο πλεονέκτημά τους είναι η άμεση εξάπλωση και η διείσδυση σε σημεία στο χώρο που άλλες μορφές εντομοκτόνων αδυνατούν να φτάσουν. Θα πρέπει βέβαια ο αποθηκευτικός χώρος να είναι στεγανός, χωρίς διάφορα ανοίγματα και ρωγμές και οι πόρτες και τα παράθυρα να μπορούν να κλείνουν ερμητικά (Μπουχέλος, 2018).

Τα καπνογόνα έχουν την ικανότητα σε αντίθεση με άλλα εντομοκτόνα αέριας μορφής όπως τα αερολύματα, τα οποία βρίσκονται σε υγρή μορφή στο δοχείο τους, να εισδύουν στο προϊόν ως ξεχωριστά μόρια, ενώ τα αερολύματα καλύπτουν μόνο την εξωτερική επιφάνεια των προϊόντων σαν φιλμ.

Το μειονέκτημα των καπνογόνων είναι ότι έχουν μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας για τον άνθρωπο και θα πρέπει να εφαρμόζονται με αυστηρές οδηγίες και με τα κατάλληλα μέσα από άτομα με ειδικευση. Επίσης για την εφαρμογή τους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν, το σημείο ζέσεως του καπνιστικού, το μέγιστο συγκέντρωση της τοξικής ουσίας, η διεισδυτικότητά του, το ειδικό βάρος, οι χρησιμοποιούμενες δόσεις, η συγκέντρωση τοξικών ατμών στο χώρο κ.α. (Σταμόπουλος, 2013).

Τα κυριότερα καπνιστικά που χρησιμοποιούνται για την προφύλαξη των αποθηκευμένων προϊόντων, είναι η φωσφίνη και το βρωμιούχο μεθύλιο. Το βρωμιούχο μεθύλιο χρησιμοποιήθηκε πάρα πολύ για την καταπολέμηση εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων, έχει βρεθεί ότι επιδρά κατά αρνητικό τρόπο στην βλαστικότητα των σπόρων (Powell, 1975), επίσης έχει βρεθεί ότι προκαλεί υψηλή τοξικότητα σε οργανισμούς μη στόχους και ότι επηρεάζει το όζον. Η φωσφίνη που είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο καπνογόνο έχει βρεθεί ότι η υπερβολική της χρήση αυξάνει την ανθεκτικότητα των εντόμων εχθρών (Boyer et al., 2011 – Arthur, 1996).

#### Φυσικές μέθοδοι

Στις φυσικές μεθόδους καταπολέμησης περιλαμβάνονται διάφορες διαδικασίες τροποποίησης φυσικών παραγόντων για την αντιμετώπιση του εντομολογικού εχθρού. Τέτοιοι παράγοντες είναι η θερμοκρασία (θερμότητα – ψύχος), η υγρασία, η ακτινοβολία, οι ελεγχόμενες ατμόσφαιρες, η ξήρανση και η αδρανείς σκόνες.

Η αλλαγή της θερμοκρασίας σε ένα αποθηκευτικό χώρο, μπορεί να βοηθήσει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση ενός εντομολογικού εχθρού. Εφόσον υπάρχει η γνώση του εύρους της θερμοκρασίας στο οποίο επιβιώνουν τα έντομα, ξεπερνώντας αυτά τα όρια είναι εύκολο να θανατωθούν είτε θερμαίνοντας, είτε ψύχοντας τον χώρο αποθήκευσης (Phillips and Throne, 2010). Επομένως εφαρμόζονται ακραίες θερμοκρασίες, άνω των 50° C ή κάτω των 15° C με σκοπό την απομάκρυνση κάθε εντομολογικού εχθρού και την απολύμανση των σπόρων αλλά και του χώρου. Η εφαρμογή αυτών των διαδικασιών δε απαιτεί εξειδικευμένη γνώση και σε σχέση με τη χρήση εντομοκτόνων είναι φιλική προς το περιβάλλον. Ωστόσο απαιτεί υψηλό κόστος για την εφαρμογή του και μπορεί η υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία να επιφέρει ζημιές στους σπόρους, όπως σχασίματα (Hagstrum et al.,2013).

Επιπλέον η υγρασία αποτελεί σημαντικό κριτήριο για την ανάπτυξη των εντόμων. Η πλειονότητα των εντόμων αναπαράγεται ταχύτερα υπό συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας περίπου 60-80% που αναλογεί σε υγρασία σπόρου 13-15%. Κατά κανόνα όσο πιο ξηρός είναι ο σπόρος, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η θνησιμότητα του εντόμου (Rees D.,2004). Κατά συνέπεια, η μείωση της υγρασίας των σπόρων με ξήρανση μπορεί να βοηθήσει στην μακροχρόνια συντήρησή του.

Η χρήση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών αποτελεί και αυτή μια μέθοδο για την αντιμετώπιση των προσβολών. Κατά τη μέθοδο αυτή δημιουργούνται αντίξοες συνθήκες για την επιβίωση του εντόμου με τη μεταβολή της σύνθεσης του ατμοσφαιρικού αέρα, προσθέτοντας CO<sub>2</sub> ή N<sub>2</sub> ή αφαιρώντας O<sub>2</sub>. Επιπροσθέτως η χρήση ιονίζουσων ακτινοβολιών χρησιμοποιείται για απεντόμωση των προϊόντων ή για στείρωση των εντόμων, τα οποία βέβαια στην περίπτωση των εντόμων αποθηκών συνεχίζουν να προκαλούν ζημιές τρώγοντας τα προϊόντα. Εντούτοις το κόστος εφαρμογής αυτής της μεθόδου είναι πολύ υψηλό (Σταμόπουλος, 2013).

Μία από τις πλέον διαδεδομένες φυσικές μεθόδους καταπολέμησης, είναι η χρήση γης διατόμων. Θεωρείται από τις πιο αποτελεσματικές σκόνες που εφαρμόζονται ως εντομοκτόνα (Korunic, 1997). Πρόκειται για διοξείδιο του πυριτίου, μια φυσική ουσία

που έχει προέλθει από συσσωρευμένα απολιθωμένα μονοκύτταρα φύκη, τα διάτομα. Συναντώνται σε υδατικά και χερσαία συστήματα. Είναι υπό τη μορφή σκόνης, η οποία αναλόγως τη σύστασή της φέρει διάφορους χρωματισμούς όπως γκρι, λευκό ή κόκκινο. Αποτελείται κυρίως από διοξειδίο του πυριτίου που είναι το δρών συστατικό, αλλά και από μικρότερες περιεκτικότητες ασβεστίου, νατρίου, θείου, ψευδαργύρου, νικελίου κ.α. (Round et al., 1990 - Quarles & Winn 1996).

Η εντομοκτόνος δράση της βασίζεται στην ιδιότητα της σκόνης να προκαλεί αφυδάτωση στο έντομο απορροφώντας και δεσμεύοντας τα λιπίδια που βρίσκονται στην επιφάνεια του εξωσκελετού των εντόμων (Ebeling, 1971), ή προκαλώντας σε αυτά ασφυξία ή δρώντας ως απωθητικό (Korunic, 1997).

Από τα πλεονεκτήματα της γης διατόμων είναι η έλλειψη τοξικής δράσης στα θηλαστικά, η μη ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα έντομα, η δυνατότητα να συνδυαστεί με άλλες μεθόδους και ότι είναι αποτελεσματική σε πολλά είδη εντόμων αποθηκών (Athanasassiou et al., 2003). Αντίθετα βασικό μειονέκτημα είναι ότι λόγω μορφολογικών χαρακτηριστικών κάποια έντομα είναι δυνατόν να παρουσιάσουν αντίσταση στη σκόνη της γης διατόμων όπως συμβαίνει στις προνύμφες της οικογένειας Dermestidae που εξαιτίας των τριγών που καλύπτουν όλο το σώμα τους, η σκόνη εμποδίζεται από το να έρθει σε επαφή με την επιδερμίδα τους (Carlson and Ball, 1962). Επιπλέον εξαιτίας της αφύγρανσης υπάρχει ο κίνδυνος να μειωθεί το ειδικό βάρος των σπόρων με αποτέλεσμα να χάσει την εμπορική του αξία (Vassilakos et al., 2006).

#### Βιοτεχνολογικές μέθοδοι

Πρόκειται για αντιμετώπιση αποθηκευμένων εχθρών με χρήση παγίδων κυρίως φερομόνης. Η χρήση των παγίδων αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στην έγκαιρη διαπίστωση μιας προσβολής και στην παρακολούθηση του πληθυσμού του εχθρού, αν και κάποιες φορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για μαζική παγίδευση. Ωστόσο απαιτείται συνεχής έλεγχος για αντικατάσταση της κολλητικής επιφάνειας (Subramanyam and Hagstrum, 2012).

Άλλη βιοτεχνολογική μέθοδος είναι η χρήση ρυθμιστών ανάπτυξης, όπως μιμητές ορμόνης νεότητας ή παρεμποδιστές βιοσύνθεσης χιτίνης. Οι ρυθμιστές ανάπτυξης λειτουργούν διακόπτοντας τη σύνθεση της χιτίνης του εξωσκελετού ή μιμούνται ορμόνες που είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη του εντόμου στα πρώτα στάδια με αποτέλεσμα να επέρχεται ο θάνατος (Μπουχέλος, 2018).

Επιπροσθέτως η χρήση αιθέριων ελαίων για την αντιμετώπιση εντομολογικών προσβολών σε αποθηκευτικούς χώρους βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο με ικανοποιητικά ωστόσο αποτελέσματα. Η επικάλυψη των σπόρων με αιθέρια έλαια μπορεί να αποτρέψει το έντομο από το να τραφεί με το σπόρο ή να φωτοκίσει πάνω σε αυτόν (Μπουχέλος, 2018). Σε πειράματα του Kavallieratos et al. (2020) έχει βρεθεί ότι αιθέρια έλαια φυτών των οικογενειών Lamiaceae, Asteraceae, Cannabaceae κ.α. παρουσιάζουν εντομοκτόνο δράση τόσο σε ακμαία, όσο και σε προνύμφες του κολεοπτέρου *T. granarium*.

### Βιολογικές μέθοδοι

Κατά τις βιολογικές μεθόδους χρησιμοποιούνται ζωντανοί οργανισμοί με σκοπό να θανατωθούν οι εντομολογικοί εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων. Οι οργανισμοί αυτοί μπορεί να είναι άλλα έντομα, αρπακτικά ή παρασιτοειδή, τα οποία τρέφονται ή παρασιτούν αντίστοιχα στα έντομα στόχους. Επιπλέον μπορεί να είναι και μικροοργανισμοί οι οποίοι έχουν εντομοπαθογόνο δράση, όπως διάφορα βακτήρια, μύκητες, ιοί, νηματώδεις κ.α.

Τα παρασιτοειδή περνούν τα ατελή στάδια της ζωής τους εντός (ενδοπαράσιτα) ή εκτός (εκτοπαράσιτα) ενός ξενιστή τρεφόμενα από αυτόν και ολοκληρώνοντας την ανάπτυξη τους εντός ή πάνω σε αυτόν. Στο ενήλικο στάδιο ζουν χωρίς να χρειάζονται την παρουσία ξενιστή και τρέφονται συνήθως με γύρη και νέκταρ ανθέων. Τα περισσότερα παρασιτοειδή προσβάλλουν το προνυμφικό στάδιο των ξενιστών (Μπρούφας και Παππά, 2016 – Μπουχέλος, 2018). Διάφορα παρασιτοειδή εντόμων αποθηκών είναι τα υμενόπτερα *Anisopteromalus calandrae*, *Dinarmus basalis*, *Laelius pedatus*, *Theocolax elegans* (Hagstrum et al., 2013 – Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Από την άλλη τα αρπακτικά έντομα, κατά τα ατελή τους στάδια ή και στο ενήλικο, καταναλώνουν περισσότερα από ένα άτομα της λείας τους προκειμένου να αναπτυχθούν. Τέτοια έντομα είναι τα ημίπτερα *Xylocoris flavipes*, *Amphibolus venator* κ.α. (Ναβροζίδης και Ανδρεάδης, 2012).

Παρόλο που η χρήση αρπακτικών και παρασιτοειδών αποτελεί μια μέθοδο καταπολέμησης φιλική προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, η εφαρμογή της δεν αποτελεί μία από τις πρώτες επιλογές και πρόκειται μόλις για το 0,5% όσον αφορά τις λύσεις για την καταπολέμηση των εχθρών. Οι αιτίες που αντιπροσωπεύει ένα τόσο χαμηλό ποσοστό είναι οι εξής:

- Κατά τη βιολογική αντιμετώπιση ο στόχος δεν είναι να αφανιστεί κάποιος πληθυσμός, αλλά να μειωθεί σε επίπεδο που δεν προκαλεί οικονομική ζημιά, αυτό είναι κάτι που οι περισσότεροι παραγωγοί αρνούνται να δεχθούν
- Η λύση που προσφέρουν δεν είναι άμεση, όπως συμβαίνει με τις χημικές μεθόδους, αλλά πιο μακροχρόνια
- Επειδή πρόκειται για ζωντανούς οργανισμούς, χρήζουν ειδικής μεταχείρισης, συχνά πιο δύσκολης, με απαιτητικότερη εργασία και πιο ειδικές γνώσεις στο χειρισμό και την εφαρμογή
- Δεν εξάπτει το ενδιαφέρον μεγάλων πολυεθνικών που προσπαθούν με ένα και μοναδικό σκεύασμα να καταπολεμήσουν ένα μεγάλο εύρος εχθρών

Στον αντίποδα βρίσκονται πιο αποδεκτές μέθοδοι βιολογικής καταπολέμησης με χρήση εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών (Μπρούφας – Παππά, 2016).

Το *Bacillus thuringiensis* αποτελεί το μοναδικό βακτηριακό σκεύασμα που η εφαρμογή του έχει μεγάλη εμπορική επιτυχία. Η χρήση του είναι εντομοκτόνος, ωστόσο είναι ασφαλές προς το περιβάλλον, τα θηλαστικά και τον άνθρωπο χωρίς να προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις (Mohamed G.S.,2016). Η δράση του οφείλεται στην τοξίνη που παράγεται στο μέσο έντερο του εντόμου, από την κατάποση των παρασποριακών κρυστάλλων. Τα επιθηλιακά κύτταρα δεσμεύουν την τοξίνη με αποτέλεσμα να επέρχεται λύση του τοιχώματος του εντέρου και επομένως ο θάνατος (Μπρούφας – Παππά, 2016).

Η χρήσης εντομοπαθογόνων μυκήτων αποτελεί μια πιθανή λύση στην αντικατάσταση των χημικών εντομοκτόνων. Πρόκειται για μικροοργανισμούς που δεν προξενούν προβλήματα στο περιβάλλον, ούτε προκαλούν τοξικότητα σε οργανισμούς μη στόχους, όπως τα θηλαστικά, αφού βρίσκονται έτσι κι αλλιώς στη φύση. Η ικανότητά τους να αναπαράγονται και να εξαπλώνουν το μόλυσμά τους ακόμη και μετά το θάνατο του ξενιστή, αποτελεί σημαντικό κριτήριο επιλογής τους στην αντιμετώπιση εχθρών σε σχέση με την υπολειμματικότητα που αφήνουν τα χημικά μέσα. Οι μύκητες που έχουν μελετηθεί και χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση εντομολογικών εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων είναι ο *Beauveria bassiana*, ο *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea* (Mantzoukas et al., 2020).

Η εντομοπαθογόνος δράση τους πραγματοποιείται με τα σπόρια του μύκητα, τα οποία προσκολλώνται στην επιφάνεια του εξωσκελετού των εντόμων και στη συνέχεια

βλαστάνουν και εισάγουν την μυκηλιακή υφή εντός του εντόμου. Η υφή πολλαπλασιάζεται παράγοντας πολλές υφές εντός της κοιλότητας του σώματος. Πολλές φορές σε συνδυασμό με αυτό παράγονται τοξικοί μεταβολίτες που επιταχύνουν την θανάτωση. Μετά το θάνατο του εντόμου από τις υφές παράγονται σπόρια που αποτελούν αιτία επιμόλυνσης και άλλων ατόμων του εντόμου (Μπρούφας – Παππά, 2016).

Οι εντομοπαθογόνοι ιοί, αποτελούν κι αυτοί μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται στη βιολογική καταπολέμηση. Πρόκειται συνήθως για ιούς της πυρηνικής πολυέδρωσης (NPVs) και ιούς της γρανούλωσης (GVs). Είναι υποχρεωτικά παράσιτα τα οποία δεν μπορούν να επιβιώσουν απουσία ξενιστή, για το λόγο αυτό η εφαρμογή τους είναι περιορισμένη (Μπρούφας – Παππά, 2016).

Μια εναλλακτική βιολογική μέθοδος καταπολέμησης εντομολογικών εχθρών είναι και οι νηματώδεις. Έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο εργαστηριακά, όσο και σε εφαρμογές στο πεδίο, ως μέθοδος αντιμετώπισης πολλών εχθρών αποθηκών. Οι εντομοπαθογόνοι νηματώδεις εισέρχονται ως προνύμφες τρίτης ηλικίας στο εσωτερικό του ξενιστή τους από φυσικές οπές του σώματος. Μετά την είσοδό τους απελευθερώνονται στην αιμόλεμφο συμβιωτικά βακτήρια που προκαλούν σήψη στον ξενιστή. Δεν προξενούν καμία ζημιά σε οργανισμούς μη στόχους (Karanastasi et al., 2020).



## 2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Η εντατική και περιοδική χρήση συνθετικών εντομοκτόνων, όπως τα οργανοφωσφορικά, τα πυρεθρινοειδή και τα καρβαμιδικά, παρα την άμεση και καθολική αποτελεσματικότητά της, έχει αποβεί μοιραία για το περιβάλλον αλλά και για οργανισμούς μη-στόχους, ακόμη και για τον άνθρωπο. Επιπλέον έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της ανθεκτικότητας των εντόμων-στόχων με επακόλουθο να γίνονται συχνότερες επεμβάσεις και σε μεγαλύτερες δόσεις με μη ικανοποιητικό αποτέλεσμα στην θανάτωσή τους. Η αναζήτηση δραστικών αλλά κυρίως ασφαλών λύσεων που θα αντικαταστήσουν τις χημικές μεθόδους είναι αναγκαία.

Στο συγκεκριμένο πείραμα έγινε χρήση ενός μίγματος πολυφαινολών, αλλά και ο συνδυασμός αυτών με εμπορικά σκευάσματα εντομοπαθογόνου μύκητα, εντομοπαθογόνου ιού και φυτικού ελαίου πεύκου με σκοπό την καταπολέμηση του *T. granarium*, ενός πολύ σημαντικού εχθρού εδάδιμων ειδών που βρίσκονται σε αποθηκευτικούς χώρους. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν προνύμφες του εντόμου, αφού σε αυτό το στάδιο προκαλεί ανεπανόρθωτες ζημιές και τοποθετήθηκαν σε σπόρους σιταριού. Αφού εφαρμόστηκαν οι δραστικές ουσίες και οι συνδυασμοί αυτών σε διάφορες συγκεντρώσεις, έγινε ανά διαστήματα η καταγραφή της θνησιμότητας του εντόμου.

### 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΉ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Υλικά και μέθοδοι

#### Έντομα

Για το συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν άτομα του εντόμου *T. granarium* (Everts), (Coleoptera: Dermestidae) στο προνυμφικό τους στάδιο. Τα έντομα αυτά προέρχονται από εκτροφές που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο Παραγωγικής Γεωργίας και Φυτοϋγείας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στο τμήμα Γεωπονίας στην Άρτα. Κατά την εκτροφή τους διατηρούνται σε υπόστρωμα αλεύρου σίτου, σε συνθήκες θερμοκρασίας  $25\pm 2^\circ\text{C}$  και σε σχετική υγρασία  $65\pm 5\%$  μέσα σε ειδικούς θαλάμους σε απόλυτο σκοτάδι. Προκειμένου να επιτευχθεί ο επιθυμητός αριθμός εντόμων ελέγχονταν οι εκτροφές ανά τακτά διαστήματα και γίνονταν οι απαραίτητες αραιώσεις για να αποφευχθεί ο συνωστισμός και να προστεθεί καινούρια τροφή.



Εικόνα 26 εκτροφές του εργαστηρίου  
εντομολογίας  
Προσωπικό αρχείο

#### Υπόστρωμα

Ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκαν σπασμένοι σπόροι σιταριού χωρίς να έχουν υποστεί πιο πριν καμία εφαρμογή εντομοκτόνου ή οποιασδήποτε άλλης χημικής ουσίας, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε δοχεία και ψεκάστηκαν με τα διαλύματα των δραστικών ουσιών.

#### Κωδικοποίηση δοχείων

Για τη διεξαγωγή του πειράματος έγινε η απαραίτητη κωδικοποίηση στα γυάλινα βάζα που χρησιμοποιήθηκαν, ανάλογα τη δραστική ουσία που θα τοποθετείτο στο καθένα, καθώς επίσης και τα ppm της συγκέντρωσης. Η κωδικοποίηση έγινε ως εξής, πρώτα σημειωνόταν το αρχικό γράμμα της δραστικής ή του εμπορικού ονόματος του σκευάσματος, π.χ. για πολυφαινόλη το Π ή για συνδυασμό δραστικών ΠxΒ (πολυφαινόλη X Botanigard). Τέλος σημειωνόταν τα ppm της εκάστοτε ουσίας αντίστοιχα.

Κωδικοποίηση πραγματοποιήθηκε και στα δοχεία (urobox) που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν για την τοποθέτηση των εντόμων. Σε κάθε urobox σημειωνόταν το πρώτο γράμμα από το γένος και το είδος του εντόμου π.χ. T.g για το *T. granarium* καθώς και η δραστική ή ο συνδυασμός των δραστικών με τα ppm της εκάστοτε ουσίας. Στη συνέχεια σημειωνόταν η ημερομηνία όπως επίσης και ο αριθμός επανάληψης (n1,n2,n3), 3 επαναλήψεις για κάθε συγκέντρωση. Τρία urobox κωδικοποιήθηκαν με την ονομασία control (n1,n2,n3) και χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες αφού περιείχαν μόνο απιονισμένο νερό.

#### Προετοιμασία δραστικών ουσιών

Σε 23 γυάλινα βάζα των 370 ml, τα οποία κωδικοποιήθηκαν με τις συγκεντρώσεις των διαφόρων διαλυμάτων, τοποθετήθηκαν με τη βοήθεια ποτηριού ζέσεως 100 ml απιονισμένου νερού στο καθένα. Στη συνέχεια με τη χρήση πιπέτας μεταβλητού όγκου 100-1000μL τοποθετήθηκε σε κάθε βάζο η εκάστοτε συγκέντρωση της απαιτούμενης δραστικής ουσίας καθώς και οι συνδυασμοί αυτών.

Οι συγκεντρώσεις που τοποθετήθηκαν και οι συνδυασμοί των δραστικών είναι οι εξής:

#### **Μίγμα πολυφαινολών**

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

#### **Pine oil**

6. 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L

#### ***Cydia pomonella* granulovirus isolate V15 (CpGV-V15), MADEX TOP (SC)**

7. 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L

#### ***Beauveria bassiana* strain GHA 10,735%, BOTANIGARD 10,7 SC**

8. 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L

## Συνδυασμοί αυτών

### **Πολυφαινόλες και Pine oil**

9. 250 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,25ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
10. 500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,50ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
11. 750 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,75ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
12. 1500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 1,5ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
13. 3000 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L και 3ml/L αντίστοιχα

### **Πολυφαινόλες και *Cydia pomonella granulovirus isolate V15***

14. 250 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,25ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
15. 500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,50ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
16. 750 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,75ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
17. 1500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 1,5ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
18. 3000 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L και 3ml/L αντίστοιχα

### **Πολυφαινόλες και *Beauveria bassiana strain***

19. 250 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,25ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
20. 500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,50ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
21. 750 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 0,75ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
22. 1500 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 1,5ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
23. 3000 ppm και 3000 ppm που αντιστοιχούν σε 3ml/L και 3ml/L αντίστοιχα
24. Έπειτα τοποθετήθηκαν όλα τα καπάκια στα βάζα και έγινε ελαφριά πλανητική ανάδευση.

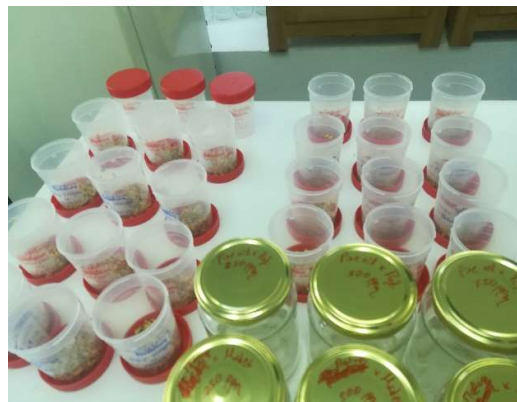
Έπειτα τοποθετήθηκαν όλα τα καπάκια στα βάζα και έγινε ελαφριά πλανητική ανάδευση.

### Βιοδοκιμές

Σε γουδιά εργαστηρίου θρυμματίστηκαν σπόροι σιταριού και με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων τοποθετήθηκαν σε κάθε υροbox 10 γραμμάρια θρυμματισμένου σπόρου. Τέλος μετρήθηκαν και τοποθετήθηκαν σε κάθε υροbox 10 προνύμφες του εντόμου. Συνολικά τοποθετήθηκαν 720 προνύμφες του *T. granarium*. Με τη βοήθεια ποτηριού ζέσεως των 150ml και ενός μικρού εργαστηριακού χωνιού τοποθετήθηκαν σε μικρούς ψεκαστήρες των 30ml όλες οι συγκεντρώσεις των διαλυμάτων με τις δραστικές ουσίες και οι συνδυασμοί αυτών. Σε κάθε υροbox που περιείχε τροφή και έντομα έγιναν 5 ψεκασμοί με τους ψεκαστήρες που αντιστοιχούσαν σε κάθε συγκέντρωση διαλύματος, ενώ στα υροbox με την κωδικοποίηση control έγινε ψεκασμός μόνο με απιονισμένο νερό. Τέλος πραγματοποιήθηκε χειροκίνητη ανάδευση, ώστε να γίνει κατανομή του υγρού σε όλη την τροφή και σφράγισμα όλων των υροbox. Μετά από 7 ημέρες όλα τα δοχεία ανοιγόντουσαν με σκοπό να ελεγχθεί η θνησιμότητα των εντόμων. Με τη βοήθεια σκληρού διηθητικού χαρτιού και πινέλου αφαιρούνταν όλα τα νεκρά έντομα και τοποθετούνταν σε τριβλία Petri. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε μετά από 14, 21 και 28 ημέρες από την αρχική τοποθέτηση. Μετά από 65 ημέρες από την αρχική τοποθέτηση ανοίχτηκαν και ελέγχθηκαν όλα τα δοχεία για παρουσία νέας γενεάς.



Εικόνα 27 προετοιμασία δραστικών ουσιών  
Προσωπικό αρχείο



Εικόνα 28 τοποθέτηση εντόμων και δραστικών σε υροbox  
Προσωπικό αρχείο

### Μαθηματική ανάλυση

Για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ο μαθηματικό τύπος των Robertson and Preisler  $P_E = P_0 + (1 - P_0) * (P_1) + (1 - P_0) * (1 - P_1) * (P_2)$ , όπου  $P_E$  είναι η αναμενόμενη θνησιμότητα που προκύπτει από τον συνδυασμό δύο εντομοπαθογόνων παραγόντων,  $P_0$  είναι η θνησιμότητα που παρατηρείται στους μάρτυρες,  $P_1$  είναι η θνησιμότητα που παρατηρείται από το πρώτο παθογόνο και  $P_2$  είναι η θνησιμότητα που παρατηρείται από το δεύτερο παθογόνο. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε και ο μαθηματικός τύπος  $x^2 = (L_0 - L_E)^2 / L_E + (D_0 - D_E)^2 / D_E$ , όπου οι μεταβλητές  $L_0$  και  $D_0$  αφορούν στον αριθμό των ζώντων και θανόντων προνυμφών αντίστοιχα και οι μεταβλητές  $L_E$  και  $D_E$  αφορούν στον αριθμό των αναμενόμενων ζώντων και θανόντων προνυμφών αντίστοιχα. Επομένως εάν από το αποτέλεσμα προκύπτει ότι το  $x^2 < 3,84$  η επίδραση του κάθε παράγοντα ορίζεται ως πρόσθετη, εάν το  $x^2 > 3,84$  και η παρατηρηθείσα θνησιμότητα είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη θνησιμότητα ( $P_E$ ) τότε η αλληλεπίδραση θεωρείται συνεργιστική, ενώ εάν το  $x^2 > 3,84$  και η παρατηρηθείσα θνησιμότητα είναι μικρότερη από την αναμενόμενη θνησιμότητα ( $P_E$ ) τότε η αλληλεπίδραση θεωρείται ανταγωνιστική (Mantzoukas et al., 2013).

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Δόση	Θνησιμότητα					Θνησιμότητα					
		Πραγματική	Αναμενόμενη	$\chi^2$	Αλληλεπίδραση		Πραγματική	Αναμενόμενη	$\chi^2$	Αλληλεπίδραση	
		7 ημέρες					14 ημέρες				
<b>Pine oil (ppm)</b>	Polyphenols (ppm)										
<b>3000</b>	250	67%	55%	2,1429	A	67%	75%	0,6818	A		
	500	87%	63%	7,0335	S	87%	78%	1,6770	A		
	750	37%	61%	6,8056	C	40%	78%	22,5466	C		
	1500	43%	49%	0,1339	A	47%	67%	5,4000	C		
	3000	40%	55%	2,1429	A	57%	70%	1,3500	A		
<b>C.pomonella virus (ppm)</b>	Polyphenols (ppm)										
<b>3000</b>	250	40%	42%	0,0000	A	57%	91%	0,5742	A		
	500	17%	53%	13,3333	C	37%	100%	15,8730	C		
	750	40%	50%	0,5357	A	50%	97%	5,7143	C		
	1500	17%	35%	3,7500	A	47%	83%	0,5357	A		
	3000	53%	42%	2,2222	A	73%	83%	3,3937	A		
<b>B.bassiana (ppm)</b>	Polyphenols (ppm)										
<b>3000</b>	250	17%	53%	16,2054	C	27%	87%	69,36	C		
	500	60%	62%	0,0000	A	83%	88%	0,2885	A		
	750	20%	59%	16,4253	C	47%	88%	41,5385	C		
	1500	57%	47%	1,2054	A	100%	82%	7,5	S		
	3000	30%	53%	6,5625	C	83%	84%	0	A		

**Πίνακας 1** Πραγματική και αναμενόμενη θνησιμότητα (%) των προνυμφών του *T.granarium* στις 7 και 14 ημέρες στις οποίες έχουν εφαρμοσθεί διάφορες δόσεις πολυφαινολών συνδυασμένες με έλαιο πεύκου, εντομοπαθογόνο ιό και εντομοπαθογόνο μύκητα, καθώς και οι αλληλεπίδραση των παραγόντων αυτών (A: additive, S:synergistic, C:competitive)

Από τους πίνακες των αποτελεσμάτων παρατηρούμε ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας της προνύμφης την 7<sup>η</sup> ημέρα προκύπτουν από τον συνδυασμό των πολυφαινολών με το έλαιο πεύκου και κυμαίνονται κατά μέσο όρο στο 55% σε αντίθεση με το 33% του συνδυασμού πολυφαινολών με εντομοπαθογόνο ιό και του 37% πολυφαινολών με μύκητα. Ωστόσο παρατηρείται ότι κατά την 14, 21 και 28<sup>η</sup> ημέρα τα μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας κατά μέσο όρο προέρχονται από τον συνδυασμό πολυφαινολών με τον μύκητα *B. bassiana* και φθάνουν την 28<sup>η</sup> ημέρα περίπου το 80% σε αντίθεση με το 66% του συνδυασμού πολυφαινολών με έλαιο πεύκου και το 64% πολυφαινολών με εντομοπαθογόνο ιό.

Δόση	Θνησιμότητα					Θνησιμότητα					
		Πραγματική	Αναμενόμενη	$\chi^2$	Αλληλεπίδραση	Πραγματική	Αναμενόμενη	$\chi^2$	Αλληλεπίδραση		
		21 ημέρες					28 ημέρες				
<b>Pine oil (ppm)</b>	Polyphenols (ppm)										
<b>3000</b>	250	67%	84%	6	C	67%	89%	10,3846	C		
	500	87%	86%	0,24	A	87%	89%	0,0000	A		
	750	43%	84%	34,56	C	53%	89%	28,8462	C		
	1500	47%	79%	15,0932	C	57%	84%	15,3600	C		
	3000	60%	79%	4,6584	C	67%	82%	3,3333	A		
<b>C.pomonella virus (ppm)</b>	Polyphenols (ppm)										
<b>3000</b>	250	57%	78%	6,7081	C	60%	90%	18,4615	C		
	500	43%	80%	25,2083	C	47%	90%	41,5385	C		
	750	50%	78%	11,9255	C	53%	90%	28,8462	C		
	1500	63%	71%	0,6349	A	77%	86%	0,96	A		
	3000	83%	71%	2,5397	A	83%	84%	0	A		
<b>B.bassiana (ppm)</b>	Polyphenols (ppm)										
<b>3000</b>	250	47%	97%	232,7586	C	47%	98%	232,7586	C		
	500	87%	97%	9,3103	C	90%	98%	4,1379	C		
	750	53%	97%	174,8276	C	63%	98%	103,4483	C		
	1500	100%	96%	2,1429	A	100%	97%	2,1429	A		
	3000	90%	96%	0,5357	A	90%	96%	0,5357	A		

**Πίνακας 2** Πραγματική και αναμενόμενη θνησιμότητα (%) των προνυμφών του *T.granarium* στις 21 και 28 ημέρες στις οποίες έχουν εφαρμοσθεί διάφορες δόσεις πολυφαινολών συνδυασμένες με έλαιο πεύκου (Pine oil), εντομοπαθογόνο ιό και εντομοπαθογόνο μύκητα, καθώς και οι αλληλεπίδραση των παραγόντων αυτών (A: additive, S:synergistic, C:competitive)

Επίσης παρατηρείται ότι ο συνδυασμός πολυφαινολών και ελαίου αποδίδει μεν τα υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας την 7<sup>η</sup> ημέρα, με το υψηλότερο 87% στη συγκέντρωση 500 ppm (πίνακας 1), με την πάροδο των ημερών όμως παρουσιάζουν σε όλες τις συγκεντρώσεις πολύ μικρή άνοδο.



Το ίδιο παρατηρείται και στον συνδυασμό πολυφαινολών και εντομοπαθογόνου ιού, όπου με την πάροδο των ημερών τα ποσοστά θνησιμότητας παρουσιάζουν μικρή άνοδο, με κάποια διαφορά στις συγκεντρώσεις των 1500ppm και 3000ppm (πίνακας 1 και 2).

Αντίθετα στον συνδυασμό πολυφαινολών και εντομοπαθογόνου μύκητα παρατηρείται αρχικά μικρό ποσοστό θνησιμότητας την 7<sup>η</sup> ημέρα, το οποίο εντούτοις αυξάνεται ραγδαία, ιδιαίτερα στις συγκεντρώσεις των 1500ppm και 3000ppm, με αποτέλεσμα την 14<sup>η</sup> ημέρα να παρατηρείται πλήρης θνησιμότητα στην συγκέντρωση των 1500ppm και 90% στις συγκεντρώσεις των 500ppm και 3000ppm (πίνακες 1 και 2).

Όσον αφορά την αλληλεπίδραση των εντομοπαθογόνων παραγόντων στην θνησιμότητα του εντόμου, από τον μαθηματικό τύπο των Robertson and Preisler και τον τύπο  $\chi^2$  που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του είδους της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο παθογόνων, προκύπτει ότι η δράση των πολυφαινολών στα 500ppm με έλαιο πεύκου 3000ppm την 7<sup>η</sup> ημέρα αποδίδει θνησιμότητα 87% και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση προκύπτει ως συνεργιστική. Επιπλέον ο συνδυασμός πολυφαινολών 1500ppm και εντομοπαθογόνου μύκητα 3000ppm την 14<sup>η</sup> ημέρα αποδίδει θνησιμότητα 100% και η αλληλεπίδραση των παραγόντων προκύπτει ως συνεργιστική.

Σχετικά με τους υπόλοιπους συνδυασμούς και συγκεντρώσεις προκύπτει από τους πίνακες ότι, όπου η αλληλεπίδραση των παραγόντων εμφανίζεται ως ανταγωνιστική παρατηρούνται κατά κύριο λόγο και τα μικρότερα ποσοστά θνησιμότητας.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι πολυφαινόλες είναι ουσίες που απαντώνται στα φυτά αφού αποτελούν προϊόντα δευτερογενών μεταβολιτών τους. Είδη όπως τα λαχανικά, οι ξηροί καρποί, το κρασί, το τσάι, το ελαιόλαδο περιέχουν πολυφαινολικές ενώσεις διαφόρων ειδών και συγκεντρώσεων. Διαχωρίζονται σε κατηγορίες όπως τα φλαβονοειδή και οι φαινόλες, οι τανίνες, οι ανθοκυανίνες κ.α. αναλόγως την χημική τους δομή (Porter, 1989 – Mazza, 1995 – Harborne, 1993 – Herman, 1988). Από τις πιο γνωστές είναι, οι κατεχίνες που βρίσκονται στο πράσινο τσάι, οι ρεσβερατρόλη που βρίσκεται στα σταφύλια και το κρασί και η ελαιευρωπαΐνη που βρίσκεται στον ελαιόκαρπο και το ελαιόλαδο.

Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι πολυφαινολικές ενώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση εντομολογικών εχθρών. Οι Paja Zivkovic et al, (2020) χρησιμοποίησαν πολυφαινολικές ενώσεις από τα φυτά *Stevia rebaudiana* και *Aronia melanocarpa* για την αντιμετώπιση του *Halymorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) με σημαντικά αποτελέσματα στα νυμφικά στάδια του εντόμου. Οι Hashim and Devi (2003), χρησιμοποίησαν τμήματα από το φλοιό του φυτού *Streblus asper*, ο οποίος είναι πλούσιος σε πολυφαινόλες, για την αντιμετώπιση του *Dysdercus cingulatus* (Fab) (Hemiptera:Pyrrhocoridae), εχθρού του βαμβακιού.

Οι πολυφαινόλες δρουν προκαλώντας στο έντομο αντιτροφική διάθεση, μειώνοντας την γευστικότητα και την πεπτικότητα του φυτικού ιστού, επηρεάζοντας αρνητικά την διατροφή και επομένως την ανάπτυξη και διαβίωση του εντόμου. Επιπλέον λειτουργούν δρώντας τοξικά εναντίον των εντόμων (Pavela, 2007 – Regnault-Roger, 2004 – Singh et al.,2021 – Hernandez-Trejo et al.,2021).

Ο συνδυασμός δύο εντομοπαθογόνων παραγόντων καθώς και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση με σκοπό την καταπολέμηση εντομολογικών εχθρών έχει μελετηθεί από διάφορους ερευνητές (Korpenhofer et al., 2000 – Beris and Korkas, 2021 – Mantzoukas et al.,2013 – Wraight and Ramos, 2005). Ο μηχανισμός δράσης της εκάστοτε ουσίας αλλά και η συγκέντρωση που θα εφαρμοστεί φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην θνησιμότητα του εντόμου εχθρού. Ωστόσο σημαντικό ρόλο φαίνεται να παίζει και ο συνδυασμός και η αλληλεπίδραση των παραγόντων αυτών. Από τα αποτελέσματα του πειράματος φαίνεται ότι η πιο άμεση θνησιμότητα στο έντομο στόχο παρατηρείται τις πρώτες ημέρες με τον συνδυασμό φυτικού ελαίου πεύκου και πολυφαινολών. Το υψηλό ποσοστό θνησιμότητας ενδεχομένως οφείλεται στον τρόπο δράσης του ελαίου, το οποίο αποφράσσει τις αναπνευστικές οδούς του εντόμου, θανατώνοντάς το δια της ασφυξίας. Η συνεργιστική δράση στα 500ppm ίσως οφείλεται στην αλληλεπίδραση των πολυφαινολών με πολυφαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στο έλαιο πεύκου με αποτέλεσμα το θάνατο δια της υπερβολικής τοξικής δράσης. Όσον αφορά το συνδυασμό πολυφαινολών και εντομοπαθογόνου ιού παρατηρείται ότι περισσότερο ανταγωνιστική είναι η αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων στη θνησιμότητα του εντόμου και η αύξηση που παρατηρείται μεταξύ της 7<sup>ης</sup> και 14<sup>ης</sup> ημέρας ίσως οφείλεται στην δράση του εντομοπαθογόνου ιού. Από την άλλη η σχέση μεταξύ πολυφαινολών και του εντομοπαθογόνου μύκητα *B. bassiana* φαίνεται να έχει καλύτερα αποτελέσματα, είναι φανερό ότι την 14<sup>η</sup> ημέρα παρουσιάζεται συνεργιστική δράση μεταξύ των δύο παραγόντων στα 1500ppm με

ποσοστά θνησιμότητας 100%. Το έντομο εξαντλείται εξαιτίας της αφαγίας που οφείλεται στη δράση των πολυφαινολών και η παθογόνος δράση του μύκητα καθίσταται ευκολότερη σε έναν οργανισμό ο οποίος είναι εξουθενωμένος, έπειτα εισβάλλοντας εντός του εντόμου αναπτύσσει το μυκήλιο του επιφέροντας το θάνατο στον ξενιστή.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική

Δεληγιώργη, Α. (2013). Ανίχνευση τεμαχιδίων του *Tribolium confusum* σε αμυλούχα προϊόντα με τη χρήση μοριακών δεικτών.

Εμμανουήλ Γ. Νικόλαος, 2014. Γεωργική Εντομολογία. Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου, Αττική

Μηλιώκας, Γ. (2015). Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκευμένων δημητριακών με χρήση ζεόλιθων.

Μπουχέλος Κ. , 2018. Έντομα αποθηκών και τροφίμων, Εκδόσεις έμβρυο, Αθήνα

Μπρούφας Γεώργιος, Παππά Μαρία, 2016. Ολοκληρωμένη καταπολέμηση εχθρών των καλλιεργειών Αρχές και Μέθοδοι. Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε. Αττική

Ναβροζίδης Ι. Εμμανουήλ. , Ανδρεάδης Σ. Στέφανος , 2012. Ειδική Γεωργική Εντομολογία, Εκδόσεις : CCITY PUBLISH. , Αθήνα

Ορφανίδου, Τ. (2008). Ανθεκτικότητα εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων στη φωσφίνη: η περίπτωση του *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) που προσβάλλει συστατικά ιχθυοτροφών.

Σιχάνης, Γ. (2019). Αντιμετώπιση κολεόπτερον αποθηκών με χρήση του μύκητα *Beauveria bassiana* και αδρανείς ηλεκτροστατικές ύλες (Master's thesis).

Σταμόπουλος Δ.Κ., 1999. Έντομα αποθηκών και μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Σταμόπουλος Δ.Κ. 2013 Έντομα αποθηκών και μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών (γ' έκδοση) Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας

Τσαγανού, Φ. (2021). Αξιολόγηση του thiamethoxam για την αντιμετώπιση εντόμων αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων.

## Ξενόγλωσση

Arthur, F. H. (1996). Grain protectants: current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research*, 32(4), 293-302.

Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Tsaganou, F. C., Vayias, B. J., Dimizas, C. B., & Buchelos, C. T. (2003). Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection*, 22(10), 1141-1147.

Athanassiou, C. G., Phillips, T. W., & Wakil, W. (2019). Biology and control of the khapra beetle, *Trogoderma granarium*, a major quarantine threat to global food security. *Annual Review of Entomology*, 64, 131-148.

Banks, H. J. (1977). Distribution and establishment of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae): climatic and other influences. *Journal of Stored Products Research*, 13(4), 183-202.

Bennett, G. W., Owens, J. M., & Corrigan, R. M. (1988). Truman's scientific guide to pest control operations (No. Ed. 4). Edgell Communications.

Beris, E., & Korkas, E. (2021). Additive and synergistic interactions of entomopathogenic fungi with *Bacillus thuringiensis* for the control of the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Denis and Schiffermüller)(Lepidoptera: Tortricidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1-7.

Boyer, S., Zhang, H., & Lempérière, G. (2012). A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. *Bulletin of entomological research*, 102(2), 213-229.

Carlson, S. D., & Ball, H. J. (1962). Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. *Journal of Economic Entomology*, 55(6), 964-970.

David W. Hagstrum, Tomasz Klejdysz, Bhadriraju Subramanyam, Jan Nawrot (2013). Atlas of Stored-Product Insects and Mites. AACC International, Inc.

Ebeling, W. (1971). Sorptive dusts for pest control. *Annual review of entomology*, 16(1), 123-158.

Edde, P. A. (2012). A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *Journal of Stored Products Research*, 48, 1-18.

EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization), 2019. Global Data Base. *Trogoderma Granarium*

Harborne JB: The flavonoids: Advances in research since 1986. London: Chapman and Hall. 1993

Harris, D. L. (2006). Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Insecta: Coleoptera: Dermestidae). EDIS, 2006(10).

Heaps W. Jerry, (2006). Insect Management for Food Storage and Processing 2nd Edition AACCI International Published by Elsevier Inc

Hermann H: On the occurrence of flavonol and flavonone glycosides in vegetables. *Z Lebensm Unters Forsch* 1988, 186: 1-5.

Hernandez-Trejo, A., Rodríguez-Herrera, R., Sáenz-Galindo, A., López-Badillo, C. M., Flores-Gallegos, A. C., Ascacio-Valdez, J. A., ... & Osorio-Hernández, E. (2021). Insecticidal capacity of polyphenolic seed compounds from neem (*Azadirachta indica*) on *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) larvae. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 56(12), 1023-1030.

Karanastasi, E., Kavallieratos, N. G., Boukouvala, M. C., Christodouloupoulou, A. D., & Papadopoulou, A. A. (2020). Effect of three entomopathogenic nematode species to *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) larvae on stored-wheat. *Journal of Stored Products Research*, 88, 101641.

Karnavar, G. K. (1972). Mating behaviour and fecundity in *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored products research*, 8(1), 65-69.

Kavallieratos, N. G., Boukouvala, M. C., Ntalli, N., Skourti, A., Karagianni, E. S., Nika, E. P., ... & Benelli, G. (2020). Effectiveness of eight essential oils against two key stored-product beetles, *Prostephanus truncatus* (Horn) and *Trogoderma granarium* Everts. *Food and Chemical Toxicology*, 139, 111255.

Kavallieratos, N. G., Karagianni, E. S., & Papanikolaou, N. E. (2019). Life history of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on peeled barley, peeled oats and triticale. *Journal of Stored Products Research*, 84, 101515.

- Kiselyova, T., & Mchugh, J. V. (2006). A phylogenetic study of Dermestidae (Coleoptera) based on larval morphology. *Systematic Entomology*, 31(3), 469-507.
- Koppenhöfer, A. M., Brown, I. M., Gaugler, R., Grewal, P. S., Kaya, H. K., & Klein, M. G. (2000). Synergism of entomopathogenic nematodes and imidacloprid against white grubs: greenhouse and field evaluation. *Biological control*, 19(3), 245-251.
- KoruniĆ, Z. (1997). Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research*, 33(3), 219-229.
- Kulkarni, N. V., Gupta, S., Kataria, R., & Sathyanarayana, N. (2015). Morphometric analysis and reproductive system studies of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Internat. J. Sci. Res. Publ*, 5, 1-8.
- Lindgren, D. L., & Vincent, L. E. (1959). Biology and control of *Trogoderma granarium* Everts. *Journal of Economic Entomology*, 52(2), 312-319.
- Lindgren, D., Vincent, L., & Krohne, H. (1955). The khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts. *Hilgardia*, 24(1), 1-36.
- Mantzoukas, S., Lagogiannis, I., Karmakolia, K., Rodi, A., Gazepi, M., & Eliopoulos, P. A. (2020). The Effect of grain type on virulence of entomopathogenic fungi against stored product pests. *Applied Sciences*, 10(8), 2970.
- 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.
- Mazza G: Anthocyanins in grapes and grape products. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1995,35:341-371.
- Mohamed, G. S. (2016). Pathogenicity of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and bacterium *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* against the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* F.(Coleoptera: Bostrichidae) under laboratory conditions. *Journal of Basic & Applied Mycology (Egypt)*, 7, 39-44.

Neethirajan, S., Karunakaran, C., Jayas, D. S., & White, N. D. G. (2007). Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food control*, 18(2), 157-162.

Papadopoulou-Mourkidou, E., & Tomazou, T. (1991). Persistence and activity of permethrin in stored wheat and its residues in wheat milling fractions. *Journal of Stored Products Research*, 27(4), 249-254.

Papanikolaou, N. E., Kavallieratos, N. G., Boukouvala, M. C., & Malesios, C. (2018). Do temperature, relative humidity and interspecific competition alter the population size and the damage potential of stored-product insect pests? A hierarchical multilevel modeling approach. *Journal of thermal biology*, 78, 415-422.

Pavela, R. (2007). The feeding effect of polyphenolic compounds on the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Pest Technol*, 1(1), 81-84.

Phillips, T. W., & Throne, J. E. (2010). Biorational approaches to managing stored-product insects. *Annual review of entomology*, 55(1), 375-397.

Porter LW: Tannins. In: *Methods in plant biochemistry, I: plant phenolics*. London: Academic Press. 1989, pp 389-419

Powell, D. F. (1975). The fumigation of seeds with methyl bromide. *Annals of Applied Biology*, 81(3), 425-431.

Proctor, D. L. (Ed.). (1994). *Grain storage techniques: Evolution and trends in developing countries*.

Quarles, W., & Winn, P. S. (1996). Diatomaceous earth and stored product pests. *IPM practitioner*, 18(5/6), 1-10.

Rees David, (2004). *Insects of Stored Grain*, Publications: CSIRO

Regnault-Roger, C., Ribodeau, M., Hamraoui, A., Bateau, I., Blanchard, P., Gil-Munoz, M. I., & Barberan, F. T. (2004). Polyphenolic compounds of Mediterranean Lamiaceae and investigation of orientational effects on *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of Stored Products Research*, 40(4), 395-408.

Round, F. E., Crawford, R. M., & Mann, D. G. (1990). *Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge university press.



Scheff, D. S., Arthur, F. H., & Myers, S. W. (2019). Evaluation of methoprene-treated packaging against *Trogoderma granarium* Everts and *Trogoderma inclusum* LeConte larval development and packaging penetration or invasion. *Journal of Stored Products Research*, 84, 101530.

Singh, S., Kaur, I., & Kariyat, R. (2021). The multifunctional roles of polyphenols in plant-herbivore interactions. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1442.

Subramanyam, B., & Hagstrum, D. W. (Eds.). (2012). *Alternatives to pesticides in stored-product IPM*. Springer Science & Business Media.

Vassilakos, T. N., Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., & Vayias, B. J. (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(2), 270-281.

Wraight, S. P., & Ramos, M. E. (2005). Synergistic interaction between *Beauveria bassiana*-and *Bacillus thuringiensis tenebrionis*-based biopesticides applied against field populations of Colorado potato beetle larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*, 90(3), 139-150.

Yadav, J., Yadav, J. L., Saini, R. K., & Devi, M. (2018). Biology of *Trogoderma granarium* Everts on wheat grain. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(2), 2145-2148.

Yang, F. L., Zhu, F., & Lei, C. L. (2010). Garlic essential oil and its major component as fumigants for controlling *Tribolium castaneum* (Herbst) in chambers filled with stored grain. *Journal of pest science*, 83(3), 311-317.

Διαδικτυακές πηγές

<https://gd.eppo.int/taxon/TROGGA>

Πηγές εικόνων

David W. Hagstrum, Tomasz Klejdysz, Bhadriraju Subramanyam, Jan Nawrot (2013).  
Atlas of Stored-Product Insects and Mites. AACC International, Inc.

Rees David, (2004). Insects of Stored Grain, Publications: CSIRO

<https://www.bugcatchers.com.au/pest-control/pest-library/stored-product-pests>

[https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize\\_pests/key/maize\\_pests/Media/Html/Plodia\\_interpunctella\\_%28Hubner\\_1813%29\\_-\\_Indian\\_Meal\\_Moth.htm](https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/Plodia_interpunctella_%28Hubner_1813%29_-_Indian_Meal_Moth.htm)

<https://inaturalist.nz/taxa/124184-Plodia-interpunctella>

<https://www.edpa.it/pests-of-agrifood-factories/>

[https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize\\_pests/key/maize\\_pests/Media/Html/Sitophilus\\_zeamais\\_Motschulsky\\_1855\\_-\\_Maize\\_Weevil.htm](https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/Sitophilus_zeamais_Motschulsky_1855_-_Maize_Weevil.htm)

[https://www.agric.wa.gov.au/sites/all/modules/custom/seed\\_tools/pestweb/-991113051.html](https://www.agric.wa.gov.au/sites/all/modules/custom/seed_tools/pestweb/-991113051.html)

<https://gd.eppo.int/taxon/TROGGA/distribution>

<https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1378&title=Stored%20Product%20Pests%20in%20the%20Home>

<https://entomologytoday.org/2018/06/21/invasive-insects-the-top-4-most-wanted-list/khapra-beetle-male-and-female/>

