

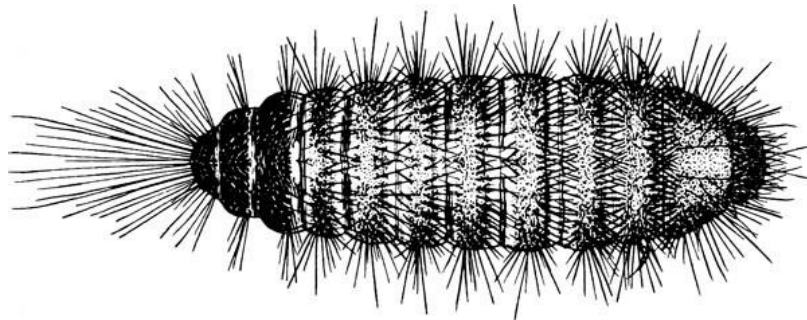
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ - ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ –  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΒΙΟ-ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΓΙΑ  
ΤΗΝ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΟΥ  
*TROGODERMA GRANARIUM***

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ ΚΑΤΣΟΓΙΑΝΝΟΥ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΝΤΖΟΥΚΑΣ

ΑΡΤΑ 2022

EFFICASY OF SELECTED BIO-PESTICIDES FOR CONTROL OF THE KHARPA  
BEETLE *TROGODERMA GRANARIUM*

**Μέλη επιτροπής:**

Γεώργιος Πατακιούτας, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Παρασκευή Υφαντή, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Copyright © ΚΑΤΣΟΓΙΑΝΝΟΥ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω, πρώτα από όλους τον επιβλέποντα Καθηγητή μου, κ. Σπυρίδωνα Μαντζούκα, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο ερευνητικό αντικείμενο καθώς και για την καθοδήγησή του, τις γνώσεις του και την ηθική του υποστήριξη σε όλη την διάρκεια την εκπόνησης της παρούσας μελέτης.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Καθηγητές του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. Γεώργιο Πατακιούτα και κα. Παρασκευή Υφαντή για την συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή και για το χρόνο που διέθεσαν για την διόρθωση και για τις παρατηρήσεις της πτυχιακής μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου, για την αμέριστη υποστήριξη και ψυχολογική τους συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) υπάγεται στα έντομα αποθηκών και θεωρείται ένα από τα πιο καταστροφικά και εισβλητικά είδη. Στα έντομα αποθηκών κατατάσσεται κάθε έντομο το οποίο προσβάλλει και ζημιώνει άμεσα ένα προϊόν, ενώ παράλληλα μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε περιορισμένο χώρο φιλοξενίας γεωργικών προϊόντων. Τέτοια έντομα μπορούν να θεωρηθούν χρήσιμοι δείκτες για προϊόντα που είναι προσβεβλημένα ή βρίσκονται σε κρίσιμη κατάσταση, αλλά η παρουσία τους είναι ικανή να υποβαθμίσει την ποιότητα των αποθηκευμένων προϊόντων.

Η παρούσα μελέτη αξιολογεί την αποτελεσματικότητα τριών βιοεντομοκτόνων με τον εντομοπαθογόνο μύκητα *Beauveria bassiana* (strain PPRI 5339 και strain GHA) και με τη δραστική ουσία Αζαντιρακτίνη. Στο πλαίσιο της έρευνας πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές βιοδοκιμές με σκοπό την αντιμετώπιση του εντόμου αποθηκευμένων προϊόντων και κολεοπτέρου καραντίνας, *Trogoderma granarium*. Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος 20 γραμμάρια αραβόσιτου ψεκάστηκαν με σταθερή δόση 10000ppm από την εκάστοτε δραστική ουσία. Σε όλα τα βιολογικά στάδια διενεργήθηκαν 4 δοκιμές εκ των οποίων στη μια το δείγμα ψεκάστηκε με απιονισμένο νερό και αντιμετωπίστηκε ως μάρτυρας. Κάθε δοκιμή επαναλήφθηκε 5 φορές για τις προνύμφες και 2 για τις πούπες και τα ακμαία . Επιλέχθηκαν έντομα των τριών βιολογικών σταδίων και ερευνήθηκε η θνησιμότητα αυτών για διάστημα τεσσάρων εβδομάδων. Από τα αποτελέσματα γίνεται σαφής η ευαισθησία των προνυμφών στον μύκητα *Beauveria bassiana* strain PPRI 5339 και η ανθεκτικότητα τους στην Αζαντιρακτίνη. Οι πούπες εμφάνισαν την αντίθετη αντίδραση στις ίδιες ουσίες. Ο μύκητας *Beauveria bassiana* strain GHA επέδρασε μετρίως τόσο στις προνύμφες όσο και στις πούπες. Τα ακμαία ανέδειξαν άμεσα μεγάλα ποσοστά θνησιμότητας και στα 3 βιοεντομοκτόνα.

**Λέξεις-κλειδιά:** έντομα αποθηκών, *Trogoderma granarium*, *Beauveria bassiana*, Αζαντιρακτίνη, βιολογική αντιμετώπιση

## ABSTRACT

*Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) subsumes into stored product insects and is considered one of the most feared and invasive species. Stored product pests pertain any insect that can infest and be detrimental to a product, as well as be able to develop and reproduce in a confined space that hosts agricultural products. Such insects can be regarded as useful indicators for products that have been infested or in critical condition, but their presence can degrade the quality of the stored products.

The present study assesses the efficacy of three biopesticides with pathogenic fungus *Beauveria bassiana* (strain PPRI 5339 και strain GHA) and the active ingredient of Azadirachtin. Within the framework of this research, laboratory bioassays were conducted against stored product and quarantine pest, *Trogoderma granarium*. In carrying out this experiment, 20 grams of maize were sprayed with a stable dose of 10000ppm containing the 3 biopesticides. For each life stage that was examined, there were 4 trials, in one of which the sample was sprayed just with distilled water and handled as negative control. Each trial was repeated 5 times for larvae and 2 for pupae and adults respectively. Insects of all 3 biological stages were selected and mortality effect was evaluated for the span of 4 weeks. Based on the results, there was an apparent susceptibility of larvae to fungus *Beauveria bassiana* strain PPRI 5339 and tolerance to Azadirachtin. Pupae displayed contrary reactions to the same substances. Fungus *Beauveria bassiana* strain GHA impacted both larvae and pupae mediocly. Adults exhibited notable and immediate mortality rate to all three biopesticides.

**Keywords:** stored product insects, *Trogoderma granarium*, *Beauveria bassiana*, Azadirachtin, biological treatment

## Περιεχόμενα

---

<b>A. Εισαγωγή</b> .....	7
<b>A.1 Έντομα αποθηκών</b> .....	7
1.1 Γενικά .....	7
1.2 Κολεόπτερα αποθηκών .....	8
1.3 Κατηγορίες εντόμων αποθηκών .....	9
<b>A.2 Το κολεόπτερο <i>Trogoderma granarium</i></b> .....	10
2.1 Βιολογία του εντόμου .....	10
2.2 Μορφολογία του εντόμου .....	12
2.3 Ταξινομική θέση του εντόμου .....	17
2.4 Η γεωγραφική εξάπλωση του εντόμου .....	18
2.5 Ζημία .....	19
2.6 Φυσικοί εχθροί .....	20
<b>A.3 Βιολογική καταπολέμηση</b> .....	21
3.1 Προσβολή .....	21
3.3 Αναγνώριση .....	21
3.4 Αντιμετώπιση .....	24
<b>B. Βιοδοκιμές</b> .....	25
<b>B.1 Υλικά και Μέθοδοι</b> .....	25
4.1 Εκτροφή εντόμου .....	25
4.2 Επιλεγμένα βίο-εντομοκτόνα .....	25
4.3 Διαδικασία πειράματος .....	26
4.4 Στατιστικά .....	28
<b>B.2 Αποτελέσματα</b> .....	28
5.1 Για τη μελέτη του προσδιορισμού της ευαισθησίας των προνυμφών του κολεοπτέρου <i>T. granarium</i> στα βιοκτόνα με σταθερή δόση .....	28
5.2 Για τη μελέτη του προσδιορισμού της ευαισθησίας των pupae του κολεοπτέρου <i>T. granarium</i> στα βιοκτόνα με σταθερή δόση .....	29
5.3 Για τη μελέτη του προσδιορισμού της ευαισθησίας των ακμαίων του κολεοπτέρου <i>T. granarium</i> στα βιοκτόνα με σταθερή δόση .....	30
<b>Γ. Συζήτηση</b> .....	31
<b>Δ. Βιβλιογραφία</b> .....	32

## A. Εισαγωγή

### A.1 Έντομα αποθηκών

#### 1.1 Γενικά

Έντομο αποθηκών θεωρείται κάθε είδος εντόμου που προσβάλλει και ζημιώνει αμέσως ένα προϊόν και μπορεί να αναπτυχθεί και να αναπαραχθεί σε μια αποθήκη ή χώρο που φιλοξενεί για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα (Μπουχέλος, 2005). Υπάρχουν έντομα τα οποία παρ' όλο που αναπτύσσονται και αναπαράγονται μέσα στις αποθήκες, δεν τρέφονται με τα αποθηκευμένα προϊόντα αλλά με μύκητες, άλλα έντομα ή αρθρόποδα (αρπακτικά ή παράσιτα). Επίσης, έντομα τα οποία ζουν στις κατασκευές των κτιρίων και τρέφονται με διάφορα υλικά και υπολείμματα, μπορούν να θεωρηθούν έντομα αποθηκών εφόσον έχουν αναμιχθεί με το αποθηκευμένο προϊόν.

Τα εν λόγω έντομα, μπορούν να θεωρηθούν χρήσιμοι δείκτες για τα προϊόντα που είναι προσβεβλημένα ή βρίσκονται σε κακή κατάσταση, αλλά η παρουσία τους και μόνο είναι ικανή να υποβαθμίσει την ποιότητα των αποθηκευμένων προϊόντων. Είναι άλλωστε γνωστό ότι οποιοδήποτε έντομο μπορεί να γίνει επικίνδυνο εφ' όσον το ευνοήσουν ορισμένες συνθήκες. Στις Η.Π.Α. το σιτάρι θεωρείται προσβεβλημένο όταν πληθυσμός δυο ή περισσότερων εντόμων εχθρών, βρεθεί σε 1 χιλιογράμμο βάρους, αντιπροσωπευτικού δείγματος αποθηκευμένου προϊόντος.

Τα περισσότερα είδη εντόμων αποθηκών ανήκουν στην Τάξη των Κολεοπτέρων με επόμενη την τάξη των Λεπιδοπτέρων. Από την Τάξη των Υμενόπττερων, τα έντομα που απαντώνται στις αποθήκες ανήκουν στις οικογένειες Ichneumonidae, Braconidae και Pteromalidae, που παρασιτούν πληθυσμούς εντόμων αποθηκών. Ελάχιστα είναι τα Ημίπτερα (κυρίως Reduviidae και Anthocoidea) που είναι αρπακτικά διαφόρων ειδών που ζουν στους αποθηκευτικούς χώρους. Η ύπαρξη άλλων Τάξεων κρίνεται μάλλον συμπτωματική.

Υπάρχουν και άλλα είδη εντόμων, όπως τα έντομα της οικογένειας Bruchidae, που είναι βασικοί εχθροί των καλλιεργειών. Αναπτύσσονται και προσβάλλουν τους ωριμάζοντες σπόρους στους αγρούς, αλλά μεταφερόμενα με το προϊόν στην αποθήκη διαχειμάζουν στο ξηρό περιβάλλον της συνεχίζοντας την προσβολή του αγρού την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Αρκετά από αυτά, με ορισμένες μεταβολές στις συνθήκες τους, έχουν μετατραπεί σε έντομα αποθηκών παρόλο που εξ ορισμού δεν ήταν.

Τα περισσότερα έντομα που έχουν σχέση με τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα και τρόφιμα έχουν κοινό χαρακτηριστικό την ευρεία γεωγραφική εξάπλωσή τους, στην οποία συνέβαλε κατά κύριο λόγο ο άνθρωπος. Είναι γεγονός ότι τα έντομα αυτά, ακόμη και εκείνα που έχουν χάσει την ικανότητα να πετούν, με φορέα το διεθνές εμπόριο μπορούν να βρεθούν σε ολόκληρο τον κόσμο. Έχοντας προσβάλει τα προϊόντα πριν από την φόρτωση, ταξιδεύουν μεταφερόμενα σε αμπάρια πλοίων, containers, βαγόνια, κ.λπ.. Οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό αυτών είναι σταθερές και σε συνδυασμό με την ύπαρξη τροφής εξασφαλίζουν το τέλειο περιβάλλον, με αποτέλεσμα τα έντομα να ευνοούνται.

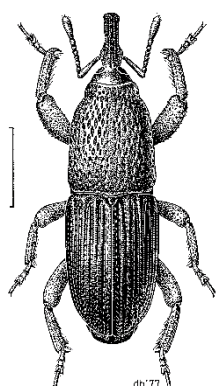


Η μορφολογία του σώματος των εντόμων αποθηκών καθώς και το βραχύβιο της ζωής τους, τα διευκολύνει στην είσοδο και την εγκατάστασή τους στις αποθήκες και τους προσδίδει την ικανότητα επιβίωσης σε παράταιρες συνθήκες. Το μήκος του σώματος των ακμαίων ποικίλει από 1 mm μέχρι 12 mm ενώ η πλειονότητά τους δεν ξεπερνά τα 5 mm (Μπαλιώτα, 2017). Έτσι, είδη όπως του γένους *Oryzaephilus* (Coleoptera: Silvanidae) μπορούν να βρουν εύκολα καταφύγιο χρησιμοποιώντας στενές σχισμές ή ρωγμές στο εσωτερικό μιας αποθήκης λόγω του πεπλατυσμένου σώματος τους. Μέσω αυτού προστατεύονται με ευκολία από τους φυσικούς εχθρούς τους και από εντομοκτόνα που εφαρμόζονται για την καταπολέμησή τους, με αποτέλεσμα να προκαλούν σοβαρές προσβολές στα αποθηκευμένα προϊόντα.

## 1.2 Κολεόπτερα αποθηκών

Τα Κολεόπτερα αποτελούν μαζί με τα λεπιδόπτερα τις πιο κοινές ομάδες εντόμων που συναντώνται στα αποθηκευμένα προϊόντα. Προσβάλλουν κατά κύριο λόγο σπόρους σιτηρών, άλευρα, σπόρους ψυχανθών καθώς και άλλες τροφές όπως αποξηραμένα φρούτα και λαχανικά. Επίσης άλλο ένα προϊόν που υποβαθμίζεται από έντομα κατά την αποθήκευση είναι ο καπνός.

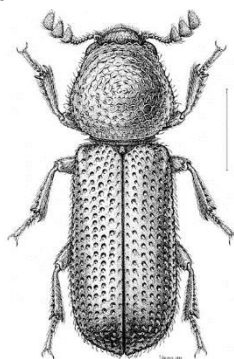
Τα πρωτεύοντα είδη Κολεοπτέρων αποθηκών είναι :



Εικ. 1

### *Sitophilus oryzae*

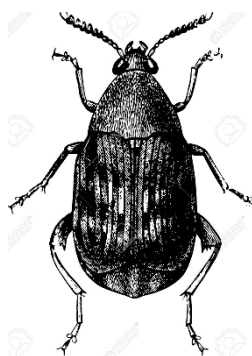
Κοινός σκαθάρι του ρυζιού. Προσβάλλει κυρίως ακέραιους σπόρους δημητριακών (σιτάρι, ρύζι, αραβόσιτο).



Εικ. 2

### *Rhyzopertha dominica*

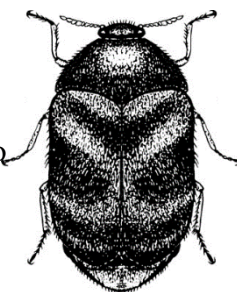
Θεωρείται από τους πιο κοινούς εχθρούς αποθηκευμένου ρυζιού και σιταριού στην Ελλάδα. Προσβάλλει επίσης και άλλους σπόρους όπως κριθάρι, καλαμπόκι και προϊόντα αλεύρου.



Εικ. 3

### *Bruchus obtectus*

Κοινός "Βρούχος των Φασολιών". Προσβάλλει μεγάλο εύρος από ακέραια ψυχανθή κυρίως όμως τα φασόλια και την σόγια.



Εικ. 4

### *Trogoderma granarium*

Έντομο καραντίνας, πολύ καταστρεπτικό για αποθηκευμένα σιτηρά και άλλες φυτικές ύλες.

Επίσης ζημιές προκαλούν τα :

-*Lasioderma serricorne* (κοινώς σκαθάρι του ξηρού καπνού) : Προσβάλλει τον αποξηραμένο καπνό αλλά και ένα μεγάλο εύρος σπόρων και μπαχαρικών.

-*Tribolium confusum* (κοινώς σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων) : Σοβαρός εχθρός σε όλα τα είδη σπόρων και σε άλευρα.

-*Oryzaephilus surinamensis* (κοινώς οδοντωτό σκαθάρι των σπόρων) : Προσβάλλει μεγάλο εύρος σπόρων, αποξηραμένα φυτά και άλλα είδη διατροφής.

-*Carpophilus hemipterus* (κοινώς σκαθάρι των ξηρών φρούτων) : Προτιμά υπερώριμους καρπούς στις αποθήκες όπως π.χ. σύκα, χουρμάδες, σταφίδες κ.α.



**Εικ. 5**  
*Lasioderma*  
*serricorne*



**Εικ. 6**  
*Tribolium*  
*confusum*



**Εικ. 7**  
*Oryzaephilus*  
*surinamensis*



**Εικ. 8**  
*Carpophilus*  
*hemipterus*

### 1.3 Κατηγορίες εντόμων αποθηκών

Ανάλογα με τις διατροφικές τους συνήθειες μπορούμε να κατατάξουμε τα έντομα αποθηκών στις εξής κατηγορίες:

- Τα πρωτεύοντα είδη (primary colonizers): Προσβάλλουν με ευκολία ακέραιους σπόρους, για παράδειγμα έντομα των οικογενειών Curculionidae, Bostyhididae και Celechidae. Οι προνύμφες των ειδών *S. oryzae*, *S. granarius*, *R. dominica* και *Sitotroga cerealella* των οικογενειών αυτών, αναπτύσσονται στο εσωτερικό των προσβεβλημένων σπόρων και η προσβολή εξελίσσεται δίχως να είναι ορατή εξωτερικά
- Τα δευτερεύοντα είδη (secondary colonizers): Αναπτύσσονται σε ήδη προσβεβλημένα ή μηχανικά επεξεργασμένα προϊόντα (π.χ. άλευρα). Οι προνύμφες των ειδών αυτών (π.χ. των *T. castaneum*, *T. confusum* και *Tenebrio molitor* της οικογένειας Tenebrionidae) αναπτύσσονται στο εξωτερικό των προϊόντων
- Τα μυκητοφάγα είδη (fungus feeders): Τρέφονται με μύκητες και αποτελούν δείκτες κακής υγιεινής του χώρου και του προϊόντος. Τέτοια είναι τα έντομα των οικογενειών Mycetophagidae και Cryptophagidae
- Οι αποσυνθέτες (scavengers): Αποσυντιθέμενες ύλες ζωικής και φυτικής προέλευσης (μυκητοφάγα και είδη της οικογένειας Dermestidae) αποτελούν την κύρια τροφή τους
- Τα αρπακτικά και τα παρασιτοειδή: Σε αυτά ανήκουν κυρίως τα Ημίπτερα και Υμενόπτερα που τρέφονται με άλλα ήδη υπάρχοντα στην αποθήκη έντομα και αποτελούν δείκτη κακής υγιεινής, ωστόσο μπορούν να χαρακτηρισθούν και ως ωφέλιμα γιατί τρέφονται με είδη εντόμων που ζημιώνουν το προϊόν.

- Τα έντομα «επισκέπτες» (visitors): Βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους αλλά δεν σχετίζονται με το προϊόν. Πρόκειται κυρίως για μεγαλόσωμα Κολεόπτερα αλλά και για Ορθόπτερα όπως τα είδη της οικογένειας Gryllidae, τα οποία δεν θεωρούνται όμως έντομα αποθηκών.

## A.2 Το κολεόπτερο *Trogoderma granarium*

Το κολεόπτερο *T. granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae), γνωστό και ως kharpa beetle, είναι ένα παράσιτο αποθηκευμένων προϊόντων εξαιρετικής σημασίας. Για την ακρίβεια κατανέμεται στα 100 πιο εισβλητικά είδη παγκοσμίως (Lowe et al. 2000). Αυτό το είδος εθεωρείτο το πιο σημαντικό έντομο καραντίνας αποθηκευμένων προϊόντων σε πολλά μέρη του πλανήτη αν και επί του παρόντος ο πληθυσμός του έχει μειωθεί σημαντικά στο δυτικό ημισφαίριο.

Στα Dermestidae ανήκουν είδη τα οποία προσβάλλουν δέρματα, τάπητες, μάλλινα αλλά και πίνακες ζωγραφικής, εντομολογικές συλλογές κ.ά.. Η προσβολή γίνεται αποκλειστικά από τις προνύμφες. Εκτός όμως από αυτά, ανήκουν και είδη τα οποία είναι φυτοφάγα, τρέφονται δηλαδή με αποθηκευμένες ύλες φυτικής προέλευσης, όπως τα είδη του γένους *Trogoderma*.

Η οικονομική του σημασία έγκειται όχι μόνο στην σοβαρή καταστροφή που μπορεί να προκαλέσει στα ξηρά αποθηκευμένα αγαθά, αλλά επίσης στους περιορισμούς εξαγωγών που αντιμετωπίζουν χώρες όταν έχουν εγκατασταθεί εκεί πληθυσμοί του εν λόγω εντόμου. Οι ζωντανοί πληθυσμοί μπορούν να παραμείνουν σε ακαθάριστα εμπορευματοκιβώτια, υλικά συσκευασίας και κήτη φορτίου για παρατεταμένες χρονικές περιόδους, μολύνοντας υλικά που δεν είναι ξενιστές. Το *T. granarium* μπορεί επίσης να αυξήσει την πιθανότητα μόλυνσης από τον παθογενή μύκητα *Aspergillus flavus* (Sinha & Sinha, 1990).

### 2.1 Βιολογία του εντόμου

Η δραστηριοποίηση του εντόμου πραγματοποιείται σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας (21 - 43°C) και χαμηλής υγρασίας ενώ παραμένουν αδρανή σε θερμοκρασίες υπό των 5°C. Η ανάπτυξη πραγματοποιείται σε περίπου 18 ημέρες στους 35°C και 73% σχετική υγρασία. Υπό αυτές τις συνθήκες, ο μέσος όρος εκδύσεων των προνυμφών είναι τέσσερις για τα αρσενικά και πέντε για τα θηλυκά, αν και αυτό ποικίλει. Στην Ινδία, καταγράφονται ετησίως μέχρι και 12 γενεές. Σε ψυχρότερες αλλά και σε θερμότερες και υγρότερες συνθήκες τείνει να μην είναι καθόλου ισχυρός ανταγωνιστής άλλων ταχύτατα αναπαραγόμενων ειδών όπως το *Sitophilus* spp. και *R. dominica* (Fabricius). Παρόλα αυτά καταφέρνει να επιβιώνει σε θερμοκρασίες -4 έως -9°C μέχρι και 24 ημέρες. Τα ενήλικα δεν τρέφονται, επομένως η ζημιά προκαλείται εξ' ολοκλήρου από την προνύμφη. Η διάρκεια ζωής του είναι συνολικά από 26 ημέρες (περίπου στους 34°C) έως και 220, εκ των οποίων, το μέγιστο 11 ημέρες διανύουν ως ενήλικα.

Οι προνύμφες δεν διαχειμάζουν στο προϊόν. Όταν η θερμοκρασία πέσει, μπορούν να εισέλθουν σε διάπαυση, παραμένοντας σε ρωγμές ή άλλες κρύπτες της αποθήκης χωρίς να νυμφωθούν ή να τραφούν. Σε αντίθεση με άλλα είδη του γένους *Trogoderma* η διάπαυση του *T. granarium* είναι προαιρετική. Οι προνύμφες που έχουν την ικανότητα αυτή, διαχωρίζονται γενετικά από εκείνες που δεν την έχουν, αλλά η διάκρισή τους

μπορεί να γίνει μόνο όταν βρεθούν κάτω από τις συνθήκες που απαιτούνται για να προκληθεί διάπαυση (CABI, 2005), δηλαδή ακραίες αλλαγές θερμοκρασίας, περιορισμένο χώρο λόγω πληθυσμού, έλλειψη τροφής ή συνδυασμό αυτών. Υπάρχει μια μορφή διάπαυσης, ανεξάρτητη από την πυκνότητα του πληθυσμού. Αυτή η μορφή προκαλείται από χαμηλωμένες θερμοκρασίες ή ακατάλληλη τροφή και τερματίζεται ανά πάσα στιγμή. Η μη συγχρονισμένη νύμφωση και εμφάνιση του ακμαίου μειώνει την πιθανότητα των βραχύβιων ακμαίων να βρουν ζεύγος. Αυτό αποτελεί εμπόδιο στον αποικισμό του, αλλά μόνο όταν εντοπίζεται σε μικρούς πληθυσμούς (Nair and Desai, 1973). Συγχρονισμένη νύμφωση προκύπτει παρουσία φρέσκιας τροφής ή αύξησης της θερμοκρασίας. Η διάπαυση μπορεί να διαρκέσει από 11 μήνες δίχως τροφή έως και 6 χρόνια. Στη διάπαυση οφείλεται η μακροζωία και η επιτυχημένη μετανάστευση του *T. granarium*. Οι διαπαύουσες προνύμφες είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές, επιβιώνοντας σε ακραίες θερμοκρασίες  $-22^{\circ}\text{C}$  έως και  $60^{\circ}\text{C}$ . Η φωτοπερίοδος αντίθετα δεν επηρεάζει τόσο το συγκεκριμένο έντομο (Bell, 1994). Επιπλέον, η αναπνοή τους πέφτει σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα οδηγώντας σε ανοχή στον υποκαπνισμό. Περιστασιακά οι προνύμφες τρέφονται, η αναπνοή τους επανέλχεται στο φυσιολογικό και ύστερα επιστρέφουν στη διάπαυση. Κάποιες φορές εκδύονται κιόλας, όμως αυτό επηρεάζει ελάχιστα την αναπνοή τους. Σε συνθήκες διάπαυσης, παύουν να αναπτύσσονται ενώ μειώνεται και ο ρυθμός μεταβολισμού τους (Burges, 1959). Η κατάσταση διακόπτεται μόνο όταν επικρατήσουν ξηροθερμικές συνθήκες. Ένα εντοπισθούν κατά την διάπαυση, θα είναι ομαδοποιημένα και παρόλο που είναι ανενεργά θα αναζητήσουν άμεσα νέο καταφύγιο.

Ως ενήλικα, τα αρσενικά ζουν για 7 - 12 ημέρες, ένα θηλυκό που έχει συζευχθεί 4 - 7 ημέρες και ένα θηλυκό που δεν έχει συζευχθεί μπορεί να ζήσει μέχρι 20 - 30 ημέρες (Howe, 1952; Karnavar, 1972; Rees και Banks, 1999). Τα *T. granarium* ωριμάζουν σεξουαλικά 2 ημέρες μετά την ενηλικίωση τους. Το ζευγάρι ξεκινάει αμέσως, μολονότι μπορεί να χρειαστεί κάποιες παραπάνω ημέρες στην περίπτωση χαμηλών θερμοκρασιών. Ο πολλαπλασιασμός του εντόμου γίνεται στον σωρό του προϊόντος, με την προσβολή να μην είναι εξωτερικώς εμφανής. Η διάρκεια ζωής των ακμαίων είναι βραχεία και τα θηλυκά παράγουν το σύνολο των αυγών σε διάρκεια λίγων ημερών. Για να βοηθηθεί η αναπαραγωγή, τα νέα θηλυκά εκκρίνουν μια φερομόνη που προσελκύει τα μη ζευγαρωμένα αρσενικά και σε μικρότερο βαθμό τα ζευγαρωμένα αρσενικά καθώς και άλλα θηλυκά. Έτσι σχηματίζονται χώροι αναπαραγωγής. Η πλειονότητα των ωσών εναποτίθενται αμέσως έπειτα από την αναπαραγωγή στους  $40^{\circ}\text{C}$ , ενώ στους  $25^{\circ}\text{C}$  υπάρχει ένα διάστημα προ-ωοτοκίας που την παρατείνει στις 12. Ύστερα, ο ημερήσιος αριθμός αυγών μειώνεται δραστικά. Το θηλυκό ζει μερικές επιπλέον μέρες και τελικά πεθαίνει. Το αρσενικό επιβιώνει 1-4 επιπλέον ημέρες. Αν το θηλυκό συζευχθεί μόνο μια φορά θα παράγει περίπου 35 ωά ( $25-40^{\circ}\text{C}$ ), αλλά αν συζευχθεί δυο, στη συνέχεια μπορεί να εναποθέσει μέχρι 450 αυγά. Ωστόσο, κατά μέσο όρο παράγονται 50 - 90 αυγά εάν υπάρχει μεγάλη καθυστέρηση (15 - 20 ημερών) ανάμεσα στις ημερομηνίες σύζευξης.

Τα θηλυκά που προέρχονται από προνύμφες οι οποίες έχουν εξέλθει από διάπαυση μπορούν να συζευχθούν επανειλημμένα και να παράγουν μέχρι και 130 αυγά το καθένα, σε βέλτιστες εργαστηριακές συνθήκες (Karnavar, 1972). Από την άλλη, η διάπαυση σε συνδυασμό με την απουσία τροφής μπορούν να προκαλέσουν μέχρι και 60 % μείωση στην γέννηση των αυγών (Rees and Banks, 1999).

## 2.2 Μορφολογία του εντόμου

Τα στάδια του βιολογικού κύκλου του εντόμου είναι τέσσερα, δηλαδή αυτά του αυγού, της προνύμφης, της νύμφης και του ενήλικου. Ο χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη του από αυγό ως και το ενήλικο μπορεί να είναι 39-45 ημέρες στους 30 °C και ως 220 ημέρες στους 21 °C. Οι προνύμφες μπορούν να περάσουν από 4-8 στάδια ανάλογα με τη θερμοκρασία (Hadaway, 1956). Η ανάπτυξη των προνυμφών μπορεί να ολοκληρωθεί σε λιγότερο από 15 ημέρες υπό άριστες συνθήκες (πληθυσμιακή αύξηση 10-250 φορές υψηλότερη από αυτή άλλων εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων) και τα θηλυκά πραγματοποιούν συνήθως μία έκδυση περισσότερο από τα αρσενικά πριν γίνουν νύμφες (Burge, 1962). Το πιο ευαίσθητο στάδιο τόσο σε υψηλές όσο και σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι το ωό (Wilches, 2016).

### Ωό

Τα Ωά εναποτίθενται μεμονωμένα και δεν συγκολλούνται με εκκρίματα σε υπόστρωμα. Ορισμένα γεννώνται αραιά ανάμεσα στο αποθηκευμένο προϊόν και άλλα μέσα σε ρωγμές που έχουν σχηματιστεί στο ίδιο το προϊόν, από αφαίρεση



**Εικ. 9** Ωό

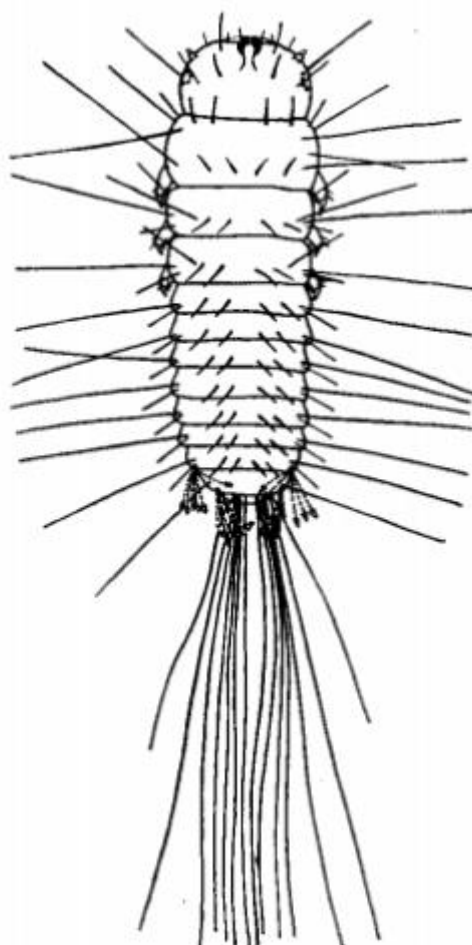
αποξηραμένων βλασταριών στις άκρες (Lindgren and Vincent, 19590). Τα θηλυκά εκμεταλλεύονται τις υπάρχουσες σχισμές, δεν διεισδύουν στο περίβλημα, επομένως δεν καταστρέφουν τα σιτηρά.

Ένα τυπικό ωό είναι κυλινδρικό, με μέσες διαστάσεις 0,7 mm μήκος και 0,25 mm πλάτος. Το ένα άκρο του είναι καμπυλωτό ενώ το άλλο πιο αιχμηρό, φέροντας σφηνοειδείς προεξοχές. Μόλις το αυγό εξέλθει από το ενήλικο, έχει απόχρωση γαλακτώδους λευκού, όμως κιτρινωπά ή κοκκινωπά σημάδια σχηματίζονται στο χόριο κατά την ανάπτυξη του. Όσο η ώρα της εκκόλαψης πλησιάζει, οι καφέ τεργίτες και τρίχες της αναπτυσσόμενης προνύμφης γίνονται όλο και πιο ορατοί ραχιαία, μέσω της διαφανούς μεμβράνης του αυγού. Προηγείται η εμφάνιση των οφθαλμών που έως τότε είναι ορατοί σαν μαύρες κουκκίδες. Η στρογγυλεμένη άκρη του αυγού, αλλάζει χρώμα σε σκούρο καφέ που οφείλεται στην παρουσία τριχών στο οπίσθιο τμήμα της προνύμφης και στην μακριά «ουρά» που συσπειρώνεται ανάμεσα στην προνύμφη και το πίσω μέρος του κελύφους του αυγού.

Η ανάδυση της προνύμφης πρώτου σταδίου πραγματοποιείται αφού το ωό φέρει τις σφηνοειδείς προεξοχές. Η προνύμφη ξεπροβάλλει από την μεμβράνη του αυγού σε 3-14 ημέρες, σύρεται έξω από αυτό με το κεφάλι και αφήνει πίσω της μια γυαλιστερή διάφανη «θήκη». Ορισμένες φορές, ιδίως σε χαμηλές θερμοκρασίες, η προνύμφη παραμένει για περαιτέρω χρονικό διάστημα με την «ουρά» της μέσα στο ωό.

### Προνύμφη (larva)

Η προνύμφη στο αρχικό της στάδιο έχει συνολικό μήκος 1,6 έως 1,8 mm, εκ των οποίων λίγο παραπάνω από το μισό αποτελείται από μακριά και λεπτά κιτρινωπά τριχίδια, τα οποία εκφύονται κάθετα στο σώμα της, ενώ στο πίσω μέρος του σώματος, σχηματίζουν αραιό θύσανο (μια μακριά «ουρά» κατασκευασμένη από τρίχες που τις φέρει το τελευταίο κοιλιακό τμήμα). Το πλάτος του σώματος είναι 0,25 έως 0,3 mm. Διατηρείται κιτρινωπό προς λευκό, σε χρώμα, πλην του κεφαλιού και των τριχών τα οποία είναι καφέ.

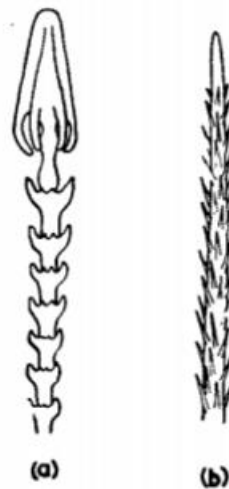


**Εικ. 10** προνύμφη

Η κεφαλή είναι πρόγναθος με στοματικά μόρια μασητικού τύπου και εμφανείς άνω γνάθους λόγω του σκούρου χρώματος τους. Το κεφάλι φέρει μια κεφαλωτή κεραία με τρεις αρθρώσεις και τρεις απλούς οφθαλμούς αμφοτερόπλευρα. Ο προθώρακας είναι μακρύτερος σε σχέση με οποιοδήποτε από τα υπόλοιπα μέρη του σώματος. Κάθε θωρακικός δακτύλιος φέρει ένα ζεύγος ποδιών του πολυφαγικού τύπου, με κνήμη, ταρσούς και μονό νύχι στο ακραίο ταρσομερές. Οκτώ ουρομερή είναι εμφανώς ορατά και ένα μικρό ένατο είναι επίσης παρόν.

Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα των προνυμφών είναι η παρουσία δύο ειδών τριχών του σώματος:

- ✚ Των «απλών» τριχών, ο άξονας των οποίων φέρει πολλές μικρές, άκαμπτες, προς τα άνω κατευθυνόμενες μικρότερες τρίχες. Οι απλές τρίχες είναι διάσπαρτες στη ραχιαία επιφάνεια της κεφαλής και των τμημάτων του σώματος. Εκείνες που εξέχουν πλευρικά έχουν μήκος ίσο με το φάρδος του σώματος. Η ουρά απαρτίζεται από δυο ομάδες μακριών, απλών τριχών, που φέρονται στο ένατο ουρομερές.
- ✚ Των «αγκαθωτών» τριχών, στις οποίες το κύριο σώμα περιορίζεται σε τακτά μεσοδιαστήματα και η κορυφή αποτελείται από μια αγκαθωτή κεφαλή. Η κεφαλή έχει μήκος ίσο με τον συνδυασμό των τεσσάρων προηγούμενων τμημάτων. Οι αγκαθωτές τρίχες εντοπίζονται στις προνύμφες αρχικού σταδίου, σε δύο ζεύγη τουφών.



**Εικ. 11** αγκαθωτή τρίχα (a) και απλή τρίχα (b)

Θεωρείται πως οι τρίχες των προνυμφών σχηματίζουν μια μορφή προστασίας, καθώς κρατούν τους εχθρούς, όπως παρασιτικά Υμενόπτερα, Κολεόπτερα και ακάρεα σε απόσταση. Ακόμα βοηθούν την προνύμφη να κολλά σε επιφάνειες όπως σάκουσ και να παραμένουν πάνω τους, μεταφερόμενα έτσι από ένα κτήριο σε άλλο. Με τον ίδιο τρόπο, μπορούν να μεταφερθούν και προσκολλόμενα στα ρούχα των εργατών αλλά και σε ζώα όπως οι αρουραίοι.

Σε κάθε έκδυση, το παλιό δερμάτιο σκίζεται, κατά μήκος ορισμένων γραμμών, στα νώτα της κεφαλής και του θώρακα. Προκειμένου να αποβληθεί από την προνύμφη, χρειάζεται να τεντώσει το εμπρόσθιο τμήμα του σώματος της (αφού καταπιεί αέρα ή νερό), συστειλεί τους κοιλιακούς μυς και στη συνέχεια αυξήσει διαδοχικά την πίεση της αιμολέμφου σε διάφορα μέρη του σώματος της. Έπειτα, ξεκινά να τρέφεται άμεσα. Τα δερμάτια είναι εμφανή σε βαριά προσβεβλημένα σιτηρά.

Ο αριθμός των εκδύσεων ποικίλει και δεν μπορεί να καθοριστεί με συγκεκριμένο αριθμό σε δεδομένες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας. Για την ακρίβεια, ο αριθμός διαφέρει και ανάμεσα σε έντομα της ίδιας γενιάς αυγών ενός θηλυκού και διατηρημένων υπό τις ίδιες συνθήκες. Τα θηλυκά συνήθως υποβάλλονται σε μια επιπλέον έκδυση, σε σχέση με τα αρσενικά.





**Εικ. 12** pronύμφη, έκδυμα και ενήλικο

Όσο η ανάπτυξη συνεχίζεται και η pronύμφη αυξάνεται σε μέγεθος, το χρώμα της αλλάζει σταδιακά από ανοιχτό κιτρινωπό σε χρυσαφί ή μπορντό. Οι τρίχες πυκνώνουν, αλλά όπως και η ουρά γίνονται πολύ κοντύτερες σε σχέση με το μήκος του σώματος.

Έπειτα από την αρχική έκδυση, το *T. granarium* φέρει ζεύγη τουφών από αγκαθωτές τρίχες στον έβδομο και όγδοο τεργίτη, καθεμία από τις οποίες συνίσταται από 4 έως 10 τρίχες. Οι τούφες αυτές είναι πυκνότερες στις pronύμφες της δεύτερης ηλικίας, ενώ ελάχιστες αγκαθωτές τρίχες εμφανίζονται τώρα και στον έκτο τεργίτη. Η pronύμφη της τρίτης ηλικίας φέρει ορισμένες στον πέμπτο τεργίτη, μαζί με αύξηση της πυκνότητας των υπόλοιπων τριών ζευγών.

Αυτά τα τέσσερα ζευγάρια τουφών, είναι ιδιαίτερα πυκνά μετά την τέταρτη έκδυση. Παίρνουν απόχρωση σκούρου καφέ και θυμίζουν οπτικά εγκάρσιες λωρίδες. Επιπρόσθετα, μερικές αγκαθωτές τρίχες εμφανίζονται στις οπίσθιες πλευρικές περιοχές του κάθε θωρακικού και εναπομείναντος κοιλιακού τεργίτη. Όλα τα επόμενα στάδια εκδύσεων θυμίζουν της τέταρτης ηλικίας, πέραν από μια αύξηση του σωματικού μεγέθους και της πυκνότητας των τριχών.

Οι νεαρές pronύμφες, δεν έχουν την δυνατότητα να διατρυπήσουν ολόκληρους σπόρους, παρά μόνο μετά την τρίτη έκδυση (Voelkel, 1924). Τρέφονται με το ενδοσπέρμιο της βύνης, ορισμένες φορές αφήνοντας τη τελείως κενή στο εσωτερικό, έως ότου μείνει μονάχα ο φλοιός. Ωστόσο, από το κοινό σιτάρι καταναλώνουν το εξωτερικό.

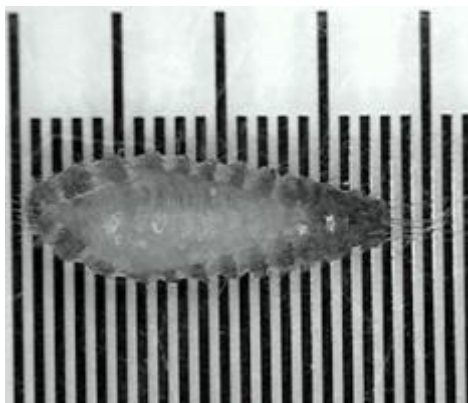
Η pronυμφική περίοδος μπορεί να ολοκληρωθεί εντός 15 ημερών με εξαίρεση τις διαπαύουσες pronύμφες. Μέχρι το τέλος της, οι larvae έχουν πια μήκος 3-6 mm. και ανοικτό καστανό χρωματισμό με τις μεσοαρθρικές μεμβράνες υποκίτρινες.

### Νύμφη (Pupa)

Κατά την τελευταία έκδυση, το δερμάτιο διαχωρίζεται από πίσω, αλλά δεν αποβάλλεται, με αποτέλεσμα η νύμφη να μένει εσωτερικά του, για το υπόλοιπο της ζωής της. Ο θώρακας και το εμπρόσθιο τμήμα της κοιλίας της νύμφης είναι πλατύτερα από τα υπόλοιπα μέρη της pronύμφης και τα εναπομείναντα χάσματα των



προνυμφικών εκδυμάτων, διευρύνονται ώστε ένα τμήμα της ραχιαίας επιφάνειας να είναι ορατό. Το τμήμα αυτό, είναι πυκνά επενδυμένο με τριχίδια.



**Εικ. 13** Αρσενική πούπα

Όταν είναι έτοιμες να μεταμορφωθούν σε πούπες, οι προνύμφες, έρχονται σε σχισμές. Η διαδικασία διαρκεί 3-5 ημέρες και δεν επηρεάζεται από την θερμοκρασία. Η νύμφη είναι τύπου ελεύθερου (exarate type) και χρώματος καφέ. Η αρσενική είναι μικρότερη από τη θηλυκή, με μέσο μήκος τα 3,5 mm., και η θηλυκή 5 mm.. Φέρουν ένα ύψωμα με τρίχες στη μέση της ράχης τους. Συνήθως εντοπίζονται κοντά στην επιφάνεια των σπόρων.

#### Ακμαίο (adult)

Όταν το ενήλικο ξεπροβάλλει, απομακρύνει το νυμφικό έκδυμα και το πίσω άκρο του παραμένει μέσα σε αυτό για μια ή περισσότερες ημέρες, όσο δηλαδή η επιδερμίδα σκληραίνει και η χρώση πραγματοποιείται.



**Εικ. 14** Αρσενικό (αριστερά) και θηλυκό (δεξιά) ακμαίο

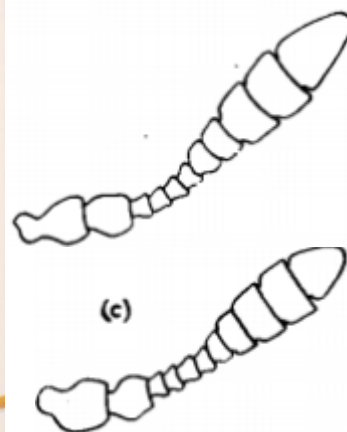
Το φύλο ενός ακμαίου, μπορεί να καθοριστεί μέσω του μεγέθους τους και των χαρακτηριστικών των κεραιών τους. Το αρσενικό είναι μικρότερο του θηλυκού, με το πρώτο να είναι περίπου 2 mm. και το δεύτερο 3 mm. (Εικ. 14). Το άκρο της κεραιάς του αποτελείται από περισσότερα άρθρα και το τελευταίο τμήμα της είναι έχει μήκος διπλάσιο του πλάτους, ενώ τα θηλυκά έχουν ίσο μήκος και πλάτος (Εικ. 15). Λόγω της

κεραίας, διαχωρίζονται επίσης εύκολα ανάμεσα και σε έντομα ίδιου φύλου και γένους αλλά διαφορετικού είδους.

Το ακμαίο *T. granarium* είναι ένα μικρό οβάλ έντομο μήκους 1,7 – 3,1 mm. και πλάτους 0,9 – 1,7 mm. Είναι ανοικτού καστανού χρώματος και φέρει κόκκινο-καφέ



**Εικ. 16** Στερνική επιφάνεια ενήλικου αρσενικού με την χαρακτηριστική κεραία



**Εικ. 15** Κεραία αρσενικού (επάνω) και κεραία θηλυκού (κάτω)

κηλίδες στα έλυτρα. Το κεφάλι είναι μικρό και συνήθως το μεγαλύτερο μέρος του είναι κρυμμένο υπό το πρόνωτο. Οι σύνθετοι οφθαλμοί είναι πιο στρογγυλοί και η κεραία αποτελείται από 11 άρθρα. Στο αρσενικό, το πρώτο και το δεύτερο άρθρο είναι ευμέγεθη ενώ το τρίτο και το έκτο είναι μικρότερα (Εικ. 16). Το έβδομο άρθρο είναι διογκωμένο ώστε να μπορεί να θεωρηθεί πως ανήκει στο άκρο της κεραίας, το οποίο αποτελείται από πέντε άρθρα. Το ακραίο άρθρο έχει μήκος διπλάσιο του πάχους. Στο θηλυκό, το άκρο της κεραίας είναι πιο συμπυκνωμένο και αποτελείται από τέσσερα άρθρα, ενώ δεν είναι πιο μακρύ από ότι φαρδύ.

Η κοιλία ενός νέα εκκολαπτόμενου θηλυκού είναι πλήρως διογκωμένη από τα ωά, με αρκετά τμήματα να προεξέχουν από τα έλυτρα αλλά επιτρέπει στο φυσιολογικό. Επιπλέον, τα ενήλικα δεν πετούν.

### 2.3 Ταξινόμική θέση του εντόμου

ΒΑΣΙΛΕΙΟ : Animalia

ΦΥΛΟ : Arthropoda

ΚΛΑΣΗ: Insecta

ΤΑΞΗ: Coleoptera Linnaeus, 1758

ΥΠΟΤΑΞΗ: Polyphaga Emery, 1886

ΥΠΕΡΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ: Bostrichioidea Latreille, 1926

ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ: Dermestidae Latreille, 1804

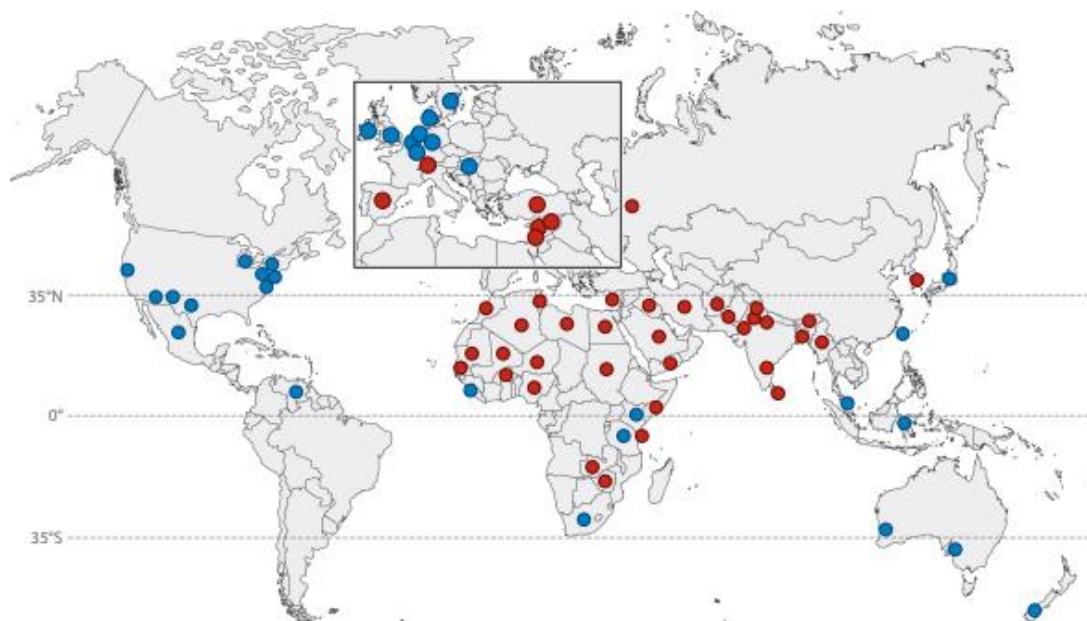
ΥΠΟΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ: Anthreninae

ΓΕΝΟΣ: *Trogoderma* Dejean, 1821

ΕΙΔΟΣ: *Trogoderma granarium* Everts, 1899

#### 2.4 Η γεωγραφική εξάπλωση του εντόμου

Είναι ένα από τα πλέον επιζήμια έντομα αποθηκών στις θερμές και ξηρές χώρες κυρίως στη Βόρεια και Κεντρική Αφρική, τη Μέση Ανατολή και τις Ινδίες, από όπου είναι ιθαγενές. Αντιθέτως, στις ψυχρές περιοχές οι προσβολές του περιορίζονται σημαντικά. Λέγεται ότι προέρχεται από την Ινδική υποήπειρο (Ανατολικές Ινδίες), την Μαλαισία και την Σρι Λάνκα. Είναι ένας από τους ελάχιστους εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων με περιορισμένη κατανομή. Βρίσκεται από 35° βόρειο γεωγραφικό πλάτος έως 35° νότιο γεωγραφικό πλάτος, αλλά εμφανίζεται κυρίως σε περιοχές κοντά στον ισημερινό. Σε πολλές χώρες, συμπεριλαμβανομένων των ΗΠΑ, της Κίνας, της Κένυας, της Ουγκάντα και της Τανζανίας, έχει ανακηρυχθεί ως έντομο καραντίνας. Μόνο οι περιοχές με μέση μηνιαία θερμοκρασία >23°C και μέση σχετική υγρασία <60% για τουλάχιστον 3 συνεχόμενους μήνες μπορούν να το φιλοξενήσουν. Γενικώς απουσιάζει από την Ευρώπη, όμως εμφανίζονται κατά καιρούς τοπικές προσβολές. Επί του παρόντος, είναι απόν και στο δυτικό ημισφαίριο, την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία παρόλο που οι συνθήκες εκεί είναι κατάλληλες για να ζήσει. Ωστόσο, πρόκειται για ένα εξαιρετικά ανθεκτικό έντομο, το οποίο λόγω των ιδιοτήτων του, έχει εντοπισθεί να μεταναστεύει σε διάφορα μέρη του πλανήτη, όπου δεν ενδημεί



**Εικ. 17** Χάρτης της τρέχουσας γνωστής παγκόσμιας κατανομής ανά χώρα, όπως σημειώνεται με κόκκινους κύκλους. Οι μπλε κύκλοι υποδεικνύουν χώρες που είχαν προσβολές πέρα από τα λιμάνια κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα και που είναι γνωστό ότι έχουν εξαλειφθεί ή για τις οποίες δεν υπάρχουν τρέχουσες καταγραφές εμφάνισης. Οι γραμμές για το 35° βόρειο γεωγραφικό πλάτος και το 35° νότιο γεωγραφικό πλάτος περιλαμβάνουν τη γεωγραφική περιοχή που είναι πιθανότερο να υποστηρίξει πληθυσμούς.

φυσιολογικά. Ένεκα αυτού, έχει γίνει στόχος πολλών επιτυχημένων αποστολών εξολόθρευσης του ανά τον κόσμο.

Εισήχθη στην Βρετανία πριν το 1916 (Freeman 1976) και μέχρι το 1921 είχε προκαλέσει ήδη αρκετή ζημιά τόσο εκεί, όσο και στη Γερμανία. Εντοπίστηκε σε φορτία από τη Νιγηρία και τη Σενεγάλη το 1943. Αν και ανιχνεύθηκε για πρώτη φορά στις Η.Π.Α. το 1953, το *T. granarium* λέγεται ότι είχε εγκατασταθεί ήδη εκεί από το 1946 (Lindgren et al., 1955). Η ανακάλυψη του στην Καλιφόρνια το 1953 οδήγησε σε τεράστιες προσπάθειες ελέγχου και θανάτωσης του, οι οποίες διήρκησαν έως το 1966 και στοίχησαν στην κυβέρνηση 15 εκατομμύρια δολάρια (Kerr 1981). Στην Τουρκία ήταν γνωστό από το 1954 (Alkan, 1962), ενώ στην Τανζανία από το 1961, αν και έχει πλέον εξολοθρευτεί πλήρως. Πιο πρόσφατα έχει επεκτείνει την εξάπλωσή του στη νότια Αφρική, το Αμπαντάν και Ισφαχάν του Ιράν (Freeman, 1962), το Ισραήλ (Calderon και Donahaye, 1964) την ενδοχώρα του Πακιστάν (Λαχόρη) και την Ταιβάν (Me-Chi Yao et al., 1980). Οι Howe και Lindgren (1957) θεώρησαν ότι η εξάπλωσή του *T. granarium* στη Νότια Αφρική υποβοηθήθηκε από τη θέρμανση των όγκων σιτηρών που προκλήθηκε λόγω προσβολής από το *Sitophilus* spp.. Μια παρόμοια διαδικασία μπορεί να βοήθησε τον αποικισμό σε ψυχρές περιοχές βορειότερα. Η Ιαπωνία αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα προσβολής σε τεχνητά θερμό ενδιαίτημα, αφού το *T. granarium* έχει εντοπιστεί μόνο σε ζυθοποιεία και βυνοποιεία (Sonda, 1968). Η πρόοδος αυτή αποδεικνύει την ικανότητα του να αποικίζει νέες περιοχές και είναι απορίας άξιο αν έχει φτάσει ακόμα τα όρια της πιθανής εξάπλωσής του. Ωστόσο, λόγω των συνεχών προσπαθειών περιορισμού του, δεν θα γίνουν ποτέ γνωστά τα φυσικά του όρια.

Ακριβή και έγκυρα δεδομένα εξάπλωσής του *T. granarium*, είναι δύσκολο να βρεθούν, εφόσον η παραδοχή της παρουσίας του εντόμου σε μια χώρα, οδηγεί ενδεχομένως σε περιορισμό εισαγωγών και εξαγωγών με χώρες μη μολυσμένες από εκείνο. Οι υφιστάμενες προσβολές είναι ιδιαίτερος δύσκολο να ελεγχθούν, λόγω της ικανότητας του εντόμου να ζει δίχως τροφή για εκτεταμένες χρονικές περιόδους αλλά και να επιβιώνει καταναλώνοντας τροφές με χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας. Το *T. granarium* έχει πολύ περιορισμένη ικανότητα εξάπλωσής χωρίς ανθρώπινη βοήθεια, επειδή δεν έχει την ικανότητα να πετάει, οπότε η διεθνής μετακινήσεις του προϊόντος ξενιστή φαίνεται να είναι το μόνο μέσο εξάπλωσής του παρασίτου.

## 2.5 Ζημιά

Μερικά είδη εντόμων αποθηκών τρέφονται με το εσωτερικό του σπόρου (ενδοσπέρμιο), άλλα καταναλώνουν τον πυρήνα του σπόρου ενώ άλλα προσβάλλουν το κάλυμμα των δημητριακών, που είναι πλούσιο σε βιταμίνες, συμβάλλοντας έτσι στην υποβάθμιση της θρεπτικής αξίας των σπόρων. Τα χαρακτηριστικά αυτά διακρίνονται σε «οργανοληπτικά», τα οποία μπορούν να εκτιμηθούν εύκολα με τις αισθήσεις και σε «μη εμφανή», τα οποία δεν μπορούν να εκτιμηθούν με τις αισθήσεις αλλά έχουν οικονομική σημασία (μικροβιολογική ακεραιότητα, θρεπτικό περιεχόμενο κ.α.). Για παράδειγμα, σε έρευνες βρέθηκε ότι η προσβολή σπόρων σιταριού, αραβόσιτου και σόργου από τα είδη *T. granarium* και *R. dominica* οδήγησε σε αξιολογή μείωση των λιπιδίων, φωσφολιπιδίων, γαλακτολιπιδίων των σπόρων κ.α. (Sudesh et al. 1996).

Εκτός από την ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος, μειώνεται και η βλαστική ικανότητα του σπόρου εξαιτίας της καταστροφής του πυρήνα και της κατανάλωσης των πρωτεϊνών, που είναι υπεύθυνα για την σωστή ανάπτυξη του φυτού. Με την δραστηριότητα των εντόμων, αυξάνεται η υγρασία στον περιβάλλοντα χώρο μέσω της αναπνοής τους και σε συνδυασμό με ανεπαρκή αερισμό δημιουργούνται ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη και εξάπλωση μυκήτων.

Τα προσβεβλημένα προϊόντα, περιέχουν υπολείμματα των εντόμων (προϊόντα έκδυσσης, περιτώματα, τριχίδια κ.α.), παρουσιάζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε σκόνη και είναι πολύ πιθανό να αναπτύξουν δυσάρεστες οσμές ή να αλλοιώσουν την γεύση του προϊόντος. Η παρουσία τμημάτων του σωματικού περιβλήματος των προνυμφών έχει παρατηρηθεί ότι προκαλεί εμμέσως σοβαρά αλλεργικά φαινόμενα στο προσωπικό επεξεργασίας φυτικών προϊόντων, από την κατάποση ή είσοδο τους, στο αναπνευστικό σύστημα. Κατά συνέπεια, μια προσβολή από τα παράσιτα να επιφέρει και προβλήματα υγειονομικής σημασίας. Για παράδειγμα, οι τρίχες ή τα εκδύματα των ειδών της οικογένειας Dermestidae σε μεγάλες ποσότητες επιφέρουν έντονο κνησμό στον λαιμό και στους ώμους των φορτοεκφορτωτών.

Αντιθέτως με τα υπόλοιπα Dermestidae, το *T. granarium*, τρέφεται αποκλειστικά με φυτικές ύλες, με ιδιαίτερη προτίμηση στους ελαιούχους πλακούντες, τους σπόρους σιτηρών και τα προϊόντα αυτών. Προσβάλλει τον σπόρο τρώγοντας τον από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του. Οι νεαρές προνύμφες καταναλώνουν γυμνούς σπόρους, καθώς αυτό το είδος τροφής είναι εκτεθειμένο λόγω της έλλειψης κελύφους ή περιβλήματος. Οι προνύμφες μεγαλύτερων σταδίων, διαθέτουν την ικανότητα να τρώνε οποιαδήποτε σιτηρά. Ανεξαρτήτως σταδίου, κάθε *larva* εντοπίζεται στην επιφάνεια των σορών με σιτηρά, μπορεί όμως να εισχωρήσει ως και μερικά εκατοστά, προς αναζήτηση τροφής. Το είδος προσβάλλει ζωτικής σημασίας σιτηρά (σιτάρι, ρύζι, αραβόσιτο κ.α.) ενώ άλλοι ξενιστές του είναι τα όσπρια, η μηδική, διάφοροι σπόροι λαχανικών, βότανα, μπαχαρικά και ξηροί καρποί όπως το φιστίκι. Τρεφόμενο με αυτά, μειώνει τον όγκο και το βάρος του, αφήνοντας πίσω μια πουδρένια μάζα. Οι προνύμφες τρώνε μέχρι και τους σάκους στους οποίους αποθηκεύονται τα προϊόντα, με αποτέλεσμα να αποδυναμώνουν τις ίνες τους και να δημιουργούν σχισίματα.

## 2.6 Φυσικοί εχθροί

Έχουν καταγραφεί πολυάριθμοι θηρευτές και παράσιτα του *T. granarium*. Σε αυτά περιλαμβάνονται το ημίπτερο *Amphibolus venator*, τα ακάρεα *Acaropsis docta* [*Acaropsellina docta*] και *Pyemotes sp.*, το πρωτόζωο *Adelina tribolii* και οι παρασιτικές σφήκες *Anisopteromalus calandrae*, *Dinarmus basalis*, *Holepyris spp.* και *Synopeas spp.* Το πρωτόζωο *Mattesia trogodermae* Canning (Protozoa: Neogregarinida) είναι παράσιτο των ειδών του γένους *Trogoderma*, ενώ ο νηματώδης *Steinernema masoodi* (Rhabditida: Steinernematidae) έχει αποδειχθεί αποτελεσματικός εναντίον του. Το *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) είναι ένας διεθνής θηρευτής των προνυμφών του *T. granarium* και αρπακτικά ακάρεα είναι γνωστό ότι τρέφονται με τα αυγά του. Οι Al-Kirshi et al. εξέτασαν τη δυνατότητα της παρασιτοειδούς προνύμφης *Laelius pedatus* (Say) (Hymenoptera: Bethyridae) για τον έλεγχο του *T. granarium* στα σιτηρά. Παρόλο που εντοπίζεται κυρίως σε άλλα είδη κολεόπτερον αποθηκευμένων προϊόντων, το *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) έχει επίσης καταγραφεί να παρασιτεί το *T. granarium*. Αρκετές ιρανικές απομονώσεις του μύκητα *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Ascomycota: Hypocreales) ήταν παθογόνες για τα ενήλικα και τις προνύμφες

του και το βακτήριο *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bacilli: Bacillaceae) ήταν πολύ αποτελεσματικό κατά των προνυμφών του.

### **A.3 Βιολογική καταπολέμηση**

#### **3.1 Προσβολή**

Ο καιρός επηρεάζει σημαντικά την υγρασία και θερμοκρασία ενός αποθηκευμένου προϊόντος. Η επιρροή του μεταβάλλεται από τον τύπο και το μέγεθος του χώρου αποθήκευσης, την μορφή αποθήκευσης του προϊόντος, ορισμένες φορές από τεχνητά μέσα και από τα υλικά που έχουν προσβληθεί από τα έντομα. Η γνώση των βιολογικών ικανοτήτων του δεδομένου είδους που εκτιμάται από εργαστηριακά πειράματα μπορεί θεωρητικά να επιτρέψει την πρόβλεψη ευπάθειας ενός αποθηκευμένου αγαθού σε προσβολές.

#### **3.3 Αναγνώριση**

Οι μέθοδοι αναγνώρισης του *T. granarium* συμπεριλαμβάνουν επιθεώρηση, φυσική αναζήτηση, χρήση δολωμάτων τροφής και φερομονικών παγίδων. Συχνά το μολυσμένο προϊόν περιέχει μόνο προνύμφες, αφού η διάρκεια ζωής των ενήλικων είναι βραχύτερη αλλά και επειδή οι προνύμφες τρέφονται με τα νεκρά ενήλικα. Επιπλέον, τα ενήλικα επικρατούν κυρίως όταν οι συνθήκες είναι κατάλληλες για αναπαραγωγή επομένως σπάνια είναι ορατά. Τα προνυμφικά εκδύματα συνήθως δεν καταναλώνονται, άρα η παρουσία τους είναι σαφής ένδειξη πιθανώς ενεργού μολύνσεως. Το κατεστραμμένο προϊόν μπορεί να είναι προειδοποιητικό σημάδι, ορισμένες φορές όμως προκαλείται από διαφορετικού είδους έντομα. Οι προνύμφες συνήθως τρέφονται με το φύτρο του σπόρου και έπειτα με το ενδοσπέρμιο. Στο περισπέρμιο δεν παρατηρείται κάποιο μοτίβο, αφού καταναλώνεται με ακανόνιστο τρόπο. Στα προσβεβλημένα χύδην εμπορεύματα συσσωρεύονται στην επιφάνεια, ωστόσο οι ίδιες οι προνύμφες μπορεί να βρεθούν έως και 6 μ. μέσα στον σωρό.

Τα δείγματα των υποπτευόμενων προϊόντων πρέπει να ελέγχονται οπτικά σε καλά φωτισμένο χώρο, με χρήση μεγεθυντικού φακού χειρός 10 x. Κατά περίπτωση, τα δείγματα πρέπει να περάσουν από κόσκινα με μεγέθη ανοίγματος ανάλογα με το μέγεθος των σωματιδίων του προϊόντος. Συνήθως χρησιμοποιούνται σιτ κόσκινων με μέγεθος ανοίγματος 1, 2 και 3 mm. Το υλικό που συγκρατείται πρέπει να τοποθετείται σε τρυβλία Petri και να εξετάζεται υπό μεγέθυνση τουλάχιστον 10 x έως 25 x μέσω στερεοσκοπίου. Αυτή η τεχνική διαλογής επιτρέπει την ανίχνευση διαφόρων αναπτυξιακών σταδίων του παρασίτου. Ωστόσο, ορισμένες προνύμφες που βρίσκονται εντός των σπόρων, μπορεί να παραμείνουν απαρατήρητες. Ως εκ τούτου, μπορεί να γίνει αναγκαία η θέρμανση των δειγμάτων στους 40°C για να απομακρυνθούν τα παράσιτα με ένα εργαλείο εκχύλισης, όπως ένα χωνί Berlese, ιδίως σε περίπτωση έντονης προσβολής. Έτσι όμως μπορούν εύκολα να καταστραφούν τα νεκρά ενήλικα και τα προνυμφικά εκδύματα και γι' αυτό είναι προτιμότερος ο οπτικός έλεγχος. Πέρα από το κλασικό κόσκίνισμα, το τεστ νινυδρίνης την επιθεώρηση με ακτίνες X και την θέρμανση (Reichmuth, 1993), είναι πλέον διαθέσιμες ακουστικές συσκευές ανίχνευσης προνυμφών πρώιμων σταδίων. (Wojcik, 1968; Hagstrum et al., 1991; Fleurat-Lessard et al., 1994).

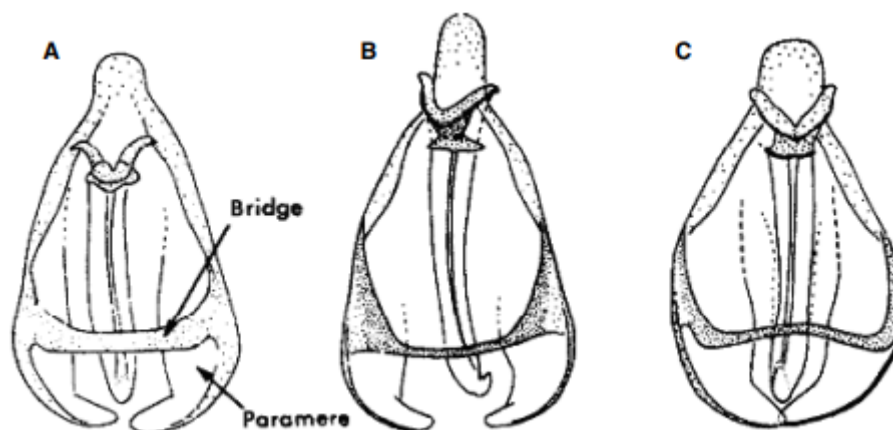


Ο οπτικός έλεγχος είναι ιδιαίτερα δύσκολος σε χαμηλού επιπέδου προσβολές. Οι προνύμφες είναι πιο δραστήριες κατά την αυγή και το σούρουπο. Είναι σημαντικό να ελέγχονται μέρη των αποθηκών και μέσων μεταφοράς, πέραν από το ίδιο το προϊόν, αφού οι προνύμφες και ιδίως οι διαπαύσουςες, μπορεί να παραμείνουν κάτω από χώμα, κομμάτια τοίχου, κενές συσκευασίες (σακούλες, μουσαμάδες, χαρτόνι) κλπ. Επειδή τα εκδύματα μεταφέρονται πολύ εύκολα με τον αέρα, σημαντικό είναι να ελεγχθούν και γρίλιες εξαερισμού, ιστοί αραχνών και περβάζια παραθύρων.

Για περαιτέρω έρευνα υπάρχει και η πιθανότητα χρήσης παγίδων με φιστίκια, ελαιούχους καρπούς, φύτες σίτου ή σιτέλαιο που προσελκύουν τις προνύμφες. Χρήσιμες είναι ακόμα και οι παγίδες κατασκευασμένες από χαρτόνι ή λινάτσα που θα αποτελέσουν απλά κρυψώνα για εκείνες. Φερομονικές παγίδες χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ενήλικων, όπου η φερομόνη συνδυάζεται με κολλητική επιφάνεια παγίδευσης. Ωστόσο οι παγίδες αυτές, δεν προορίζονται μόνο για το συγκεκριμένο είδος και έτσι προσελκύουν και άλλα κολεόπτερα της οικογένειας Dermestidae (Saprina, 1984). Διαθέσιμες είναι και παγίδες που συνδυάζουν φερομόνες και τροφικά ελκυστικά.

### 3.3.1 Ταυτοποίηση

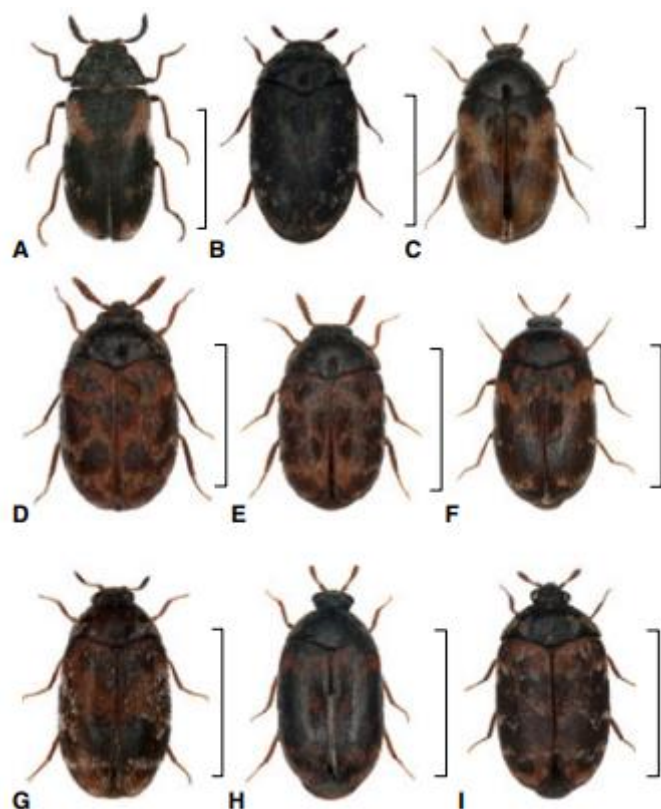
Η διαδικασία της ταυτοποίησης περιλαμβάνει μια σειρά ενεργειών που εκτός από εξαιρετική λεπτότητα και ακρίβεια, χρήζουν εμπειρίας και εξειδικευμένου χειρισμού αλλά και εξοπλισμού. Ακόμα και αν όλα αυτά παρέχονται, η διάκριση του *T. granarium* από άλλα είδη της οικογένειας, παραμένει δύσκολη έως ακατόρθωτη. Εφικτή είναι η διαφοροποίηση στο στάδιο του ενήλικου, στο στάδιο της προνύμφης και στο στάδιο μετατροπής της σε πούπα, όσο διατηρεί δηλαδή το τελικό προνυμφικό έκδυμα. Η ταυτοποίηση πραγματοποιείται σε στερεοσκόπιο, κυρίως με την μελέτη των γεννητικών οργάνων αλλά και των στοματικών μορίων, αφού αφαιρεθούν και τοποθετηθούν σε αντικειμενοφόρο πλάκα με γλυκερόλη, εγκλειστικό υγρό Hoyer's ή



**Εικ. 18** Γεννητικά όργανα αρσενικού: (A) *T. granarium*, (B) *T. inclusum*, (C) *T. variabile* Green (1979)

άλλα μέσα στερέωσης. Πριν την ανατομή, τα ενήλικα ενδέχεται να χρειάζονται καθαρισμό, ιδίως αν συλλέχθηκαν από κολλώδη παγίδα.

Κάποια από τα γένη της οικογένειας Dermestidae που συναντώνται επίσης σε αποθηκευμένα προϊόντα και συγχέονται με το *T. granarium*, είναι τα *Anthrenus*, *Anthrenocerus*, *Attagenus* και *Dermestes*. Επομένως το πρώτο βήμα για την ταυτοποίηση είναι η διάγνωση του γένους.



**Εικ. 17** Σύγκριση θηλυκών *Trogoderma* μη *granarium* ειδών: (A) *T. angustum*; (B) *T. glabrum*; (C) *T. grassmani*; (D) *T. inclusum*; (E) *T. ornatum*; (F) *T. simplex*; (G) *T. sternale*; (H) *T. variabile*; (I) *T. versicolor*. Κλίμακα= 2 mm. (Tomasz Klejdysz, Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań,, Πολωνία).

Στο προνυμφικό στάδιο, αυτό πραγματοποιείται με βάση τα εξής χαρακτηριστικά του γένους *Trogoderma*:

- ❖ σώμα επίμηκες, κυλινδρικό, κάπως πεπλατυσμένο, περίπου εξαπλάσιο μήκος από πλάτος, σχεδόν παραλληλόγραμμο αλλά στενεύει σταδιακά προς το οπίσθιο μέρος
- ❖ κεφάλι ανεπτυγμένο, σκληροποιημένο και υπογναθικό
- ❖ τρία ζεύγη αρθρωτών ποδιών
- ❖ προταρσικά τριχίδια στην στερνική πλευρά
- ❖ καλυμμένο με διαφορετικούς τύπους τριχιδίων (*hastisetae*, *spicisetae* και/ή *fiscisetae*)



#### ❖ απουσία ουρογόμφη

Έπειτα, για τη εξακρίβωση του είδους, χρήσιμο είναι να ληφθεί υπόψιν πως το *T. granarium* κατά την τελευταία έκδυση της προνύμφης εμφανίζει ένα ομοιόμορφα κιτρινωπό χρώμα, χωρίς γκριζες αποχρώσεις. Ακόμα, οι ακραίοι τεργίτες του είναι ελαφρώς σκληροποιημένοι, ενώ υπάρχει χαρακτηριστική απουσία της ραφής στο 8<sup>ο</sup> κοιλιακό τμήμα ή αμυδρή παρουσία της. Τα τριχίδια καταλαμβάνουν το 50-75% του βασικού τμήματος των κεραιών του, με το υπόλοιπο μισό να έχει ένα ή κανένα και το ακραίο τμήμα να περιλαμβάνει αισθητήριους πόρους στη βάση του.

Όσον αφορά την ταυτοποίηση των ενηλίκων, σε γενικές γραμμές αυτά που ξεχωρίζουν στο *T. granarium* είναι τα έλυτρα, μονόχρωμα κοκκινωπά-καφέ ή με ασαφή σχέδια, χωρίς κάποιο μοτίβο. Τα τριχίδια πάνω τους είναι κυρίως καφέ, ενίοτε με ρίγες και αφαιρούνται όσο το έντομο κινείται, με αποτέλεσμα να παίρνει σταδιακά γυαλιστερή όψη. Επίσης χαρακτηριστικά είναι τα γεννητικά όργανα των αρσενικών τα οποία είναι ίσια και ομοιόμορφα πλατιά προς τα σημεία σύνδεσης τους με το υπόλοιπο σώμα. Η ταυτοποίηση πρέπει σίγουρα να γίνεται με παραπάνω από ένα δείγμα

### 3.4 Αντιμετώπιση

Η καλή υγιεινή, είναι σημαντικό στοιχείο της διαχείρισης και χρήσιμο στην αφαίρεση παλαιών σπόρων, την αποφυγή διαρροών και την πλήρωση ρωγμών και σχισμών. Πολύ συχνά δεν πραγματοποιείται ενδελεχώς ο καθαρισμός των αποθηκών, με αποτέλεσμα τα υπολείμματα να μην απομακρύνονται πλήρως και να αποτελούν εστίες μόλυνσης (Ryan, 1993). Η δομή και ο σχεδιασμός των αποθηκευτικών χώρων είναι πτυχές της ολοκληρωμένης διαχείρισης των παρασίτων αποθηκευμένων προϊόντων στις βιομηχανοποιημένες χώρες. Η αεροστεγανότητα κάνει αποτελεσματικότερο τον υποκαπνισμό και ο βελτιωμένος σχεδιασμός των κτηρίων, ώστε να αποφευχθούν οι μολύνσεις και να διευκολυνθούν οι προσπάθειες καταπολέμησης, είναι κερδοφόρος εφόσον γίνει έγκαιρα (Newman, 1990). Ιδιαίτερη προσοχή δίδεται και στην θερμοκρασία και υγρασία των αποθηκών όπως και στον σωστό αερισμό προς αποφυγή ανάπτυξης μυκήτων.

Η χρήση φερομονικών παγιδών αποτελεί καθιερωμένη μέθοδο παρακολούθησης της προσβολής (Phillips, 1994; Levinson και Levinson, 1995) και καθορισμού της σωστής στιγμής για την εφαρμογή των μέτρων. Φερομονικές παγίδες σε συνδυασμό με ιούς και μύκητες έχουν ερευνηθεί στο παρελθόν, σε εργαστηριακό περιβάλλον, για την μόλυνση εντόμων (Kellen and Hoffmann, 1987). Φυσικά εντομοκτόνα όπως οι πυρεθρίνες χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια, παρουσιάζουν όμως μια αστάθεια από τοξικολογικής απόψεως, η οποία έχει το θετικό πως δεν αφήνει υπολείμματα στο προϊόν. Από την άλλη πλευρά, στερούνται ανθεκτικότητας. Η χρήση *B. Thuringiensis* var *tenebrionis* έχει υπάρξει αποτελεσματική για την καταπολέμηση ορισμένων κολεοπτέρων, όχι όμως για το *T. granarium*. Πιθανή αιτία είναι η αναγνώριση του βακτηρίου ως δυσμενές και η είσοδος του σε διάπαυση (Mummigatti et al., 1994).

Οι ελεγχόμενες ή τροποποιημένες ατμόσφαιρες μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις στις συμβατικές μεθόδους υποκαπνισμού για το *T. granarium*. Οι Lindgren & Vincent ανέφεραν ότι το 60-80% CO<sub>2</sub> ήταν πιο αποτελεσματικό κατά του

*T. granarium* σε σύγκριση με την εφαρμογή 100% CO<sub>2</sub>. Μια συγκέντρωση 60% CO<sub>2</sub> στους 20°C ή 30°C με 60% RH είχε ως αποτέλεσμα τα αυγά, οι pupae και τα ενήλικα να θανατωθούν μέσα σε 6 ημέρες, ενώ στην ίδιες συνθήκες, οι προνύμφες απαιτούσαν 16 ημέρες για την αντιμετώπιση. Η χρήση αζώτου για την δημιουργία συνθηκών χαμηλού οξυγόνου έχει υπάρξει φανερά αποτελεσματική, με τα αυγά να αποτελούν το πιο ευαίσθητο σε αυτό στάδιο και τις προνύμφες με τις pupae να ακολουθούν.

Ο βιολογικός έλεγχος του *T. granarium* δεν έχει μελετηθεί ευρέως. Λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τη βιολογία, τη συμπεριφορά και την ιστορία της ζωής του επιβλαβούς οργανισμού και του φυσικού εχθρού είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή χρήση εντομοφάγων εντόμων για την καταπολέμηση των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων. Τα είδη των φυσικών εχθρών διαφέρουν σημαντικά ως προς τη βιολογία και τη συμπεριφορά τους και, ως εκ τούτου, ως προς τις δυνατότητες μείωσης των παρασίτων σε κάθε περιβάλλον αποθηκευμένων προϊόντων. Ανάλογα με τη διατροφική τους οικολογία, τα παρασιτοειδή και τα αρπακτικά είναι είτε «generalists» είτε «specialists». Οι generalists τρέφονται με μια ποικιλία ειδών με τα οποία βιοσυστημικά δεν είναι στενά συνδεδεμένα. Τα αρπακτικά σκοτώνουν αμέσως το θήραμά τους και είναι ως επί το πλείστον generalists. Δύο καλά μελετημένα αρπακτικά είναι το πειρατικό έντομο αποθήκης *Xylocorisj flavipes* (Reuter), το οποίο τρέφεται με αυγά και προνύμφες των περισσότερων ειδών εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων (Arbogast, 1975) και το σκαθάρι *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Rees, 1985), το οποίο τρέφεται με σκαθάρια διαφόρων οικογενειών (Piischko, 1993). Τα παρασιτοειδή generalists προτιμούν ένα συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης του ξενιστή. Σημαντικό είδος που έχει μελετηθεί εκτενώς σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας (Wajnborg και Hassan, 1994), αλλά και σε έντομα αποθηκών, είναι τα παρασιτοειδή αυγών του γένους *Trichogramma* Westwood.

## **B. Βιοδοκιμές**

### **B.1 Υλικά και Μέθοδοι**

#### 4.1 Εκτροφή εντόμου

Η εκτροφή του *Trogoderma granarium* έλαβε χώρα στο Εργαστήριο Φυτουγείας του Τμήματός Γεωπονίας στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων και αναπτύχθηκε μέσα σε αποστειρωμένο σιτάρι και μαγιά. Σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του εντόμου βρισκόταν σε σταθερή θερμοκρασία στους 25±2°C. Τα έντομα βρισκόντουσαν και αναπτύσσονταν μέσα σε βάζα και πραγματοποιούνταν αραιώσεις, ώστε να αποφευχθεί ο συνωστισμός που θα επηρέαζε την ανάπτυξη και την πρόσληψη τροφής των προνυμφών.

#### 4.2 Επιλεγμένα βίο-εντομοκτόνα

Για τον πειραματισμό, χρησιμοποιήθηκε Βιοεντομοκτόνο με δραστική ουσία την azadirachtin, υπό την εμπορική ονομασία AZATIN EC (K&N Ευθυμιάδης ABEE). Το AZATIN EC είναι εντομοκτόνο επαφής και στομάχου με διασυστηματική δράση. Η δραστική του ουσία (2,6%) είναι εκχύλισμα από τους σπόρους του τροπικού φυτού (*Azadirachta indica*) δέντρο του Νημ (Neem tree). Δρα παρεμβαίνοντας στην εξέλιξη ατελών σταδίων των εντόμων. Παράλληλα, παρεμποδίζει τη σύνθεση εκδυσόνης (ορμόνη που ελέγχει την έκδυση). Έχει επίσης αντιτροφικές και απωθητικές ιδιότητες

Χρησιμοποιήθηκαν επίσης δυο Βιοεντομοκτόνα που περιείχαν τον εντομοπαθογόνο μύκητα *Beauveria bassiana* και ήταν το BotaniGard® ES (K&N Ευθυμιάδης ABEE) και το Velifer® (BASF). Τα BotaniGard® ES (strain GHA 10,735% ) και Velifer® (strain PPRI 5339) είναι βιολογικά εντομοκτόνα επαφής με βάση ζωντανά σπόρια του μύκητα. Τα κονίδια του *Beauveria bassiana* αφού προσκολληθούν στο περίβλημα του κυτταρικού τοιχώματος των εχθρών βλαστάνουν, με αποτέλεσμα ο μύκητας να διεισδύει στο σώμα τους. Αυτό επιτυγχάνεται με έναν συνδυασμό μηχανικών μέσων αλλά και με την παραγωγή ενζύμων (πρωτεΐνάσες χιτινάσες κ.α.) τα οποία αποδομούν το περίβλημα των εχθρών. Μετά από την είσοδο αυτή ο μύκητας παράγει τοξίνες αλλά και διάφορα ένζυμα τα οποία νεκρώνουν τα κύτταρα του ξενιστή αποδομώντας τα, και έτσι τον οδηγεί μετά από λίγες ημέρες στο θάνατο. Ο θάνατος των εχθρών προκύπτει κυρίως λόγω αφυδάτωσης που η διάλυση των κυττάρων του από τον μύκητα προκαλεί. Αν και ο θάνατος των εχθρών αυτών χρειάζεται κάποιο σχετικό χρονικό διάστημα ημερών μετά την προσβολή μειώνεται η κίνηση αλλά και η τροφοληψία τους κάτι που μειώνει αρκετά τις ζημιές από αυτούς.

Η κάθε δραστική ουσία σε ποσότητα των 5ml αναμείχθηκε με 45ml απιονισμένου ύδατος σε ποτήρια ζέσεως.

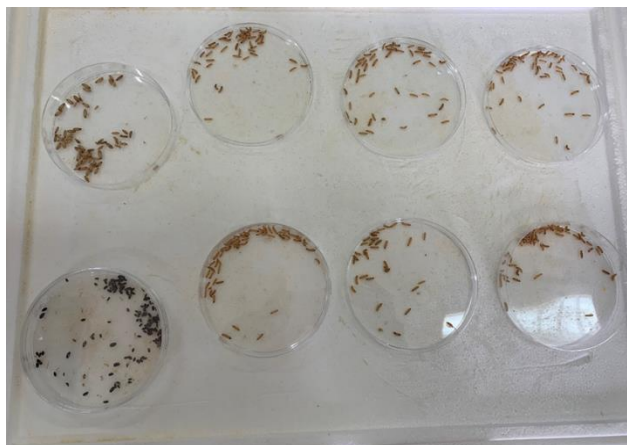


**Εικ. 18** Τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν και τα τελικά μείγματα σε ποτήρια ζέσεως (προσωπικό αρχείο).

#### 4.3 Διαδικασία πειράματος

Προνύμφες, πούπες και ακμαία του *T. granarium* επιλέχθηκαν προσεκτικά από την εκτροφή του και τοποθετήθηκαν σε αποστειρωμένα τρυβλία Petri. Σπόροι Αραβοσίτου (20 γραμμάρια) ψεκάστηκαν με σταθερή δόση 10000ppm.

Ο αραβόσιτος τοποθετήθηκε υπό μορφή λεπτού στρώματος στον πάτο αποστειρωμένων ουροσυλλεκτών και τα εντομοκτόνα εφαρμόστηκαν με ψεκαστήρα επάνω του. Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν τα πώματα και ανακινήθηκαν χειροκίνητα προς ομοιόμορφη κατανομή του εντομοκτόνου σε ολόκληρο το προϊόν. Για κάθε βιολογικό στάδιο πραγματοποιήθηκαν 4 δοκιμές ενώ σε καθεμία υπήρχαν 5 επαναλήψεις για τις προνύμφες, και 2 για πούπες και ακμαία. Ο πληθυσμός κάθε δοκιμής ήταν 10 άτομα για τις πρώτες, 6 για τις δεύτερες, 12 και 13 εναλλάξ για τα τελευταία. Σε μια



**Εικ. 19** Επιλεγμένα έντομα του κάθε σταδίου (προσωπικό αρχείο).

από τις δοκιμές, το δείγμα ψεκάστηκε με απεσταγμένο ύδωρ και μεταχειρίστηκε ως μάρτυρας. Οι επιλεγμένες προνύμφες, πούπες και ακμαία τοποθετήθηκαν στα ουροδοχεία και ερευνήθηκε η θνησιμότητα αυτών κάθε 7 ημέρες, για τη διάρκεια τεσσάρων εβδομάδων. Όλοι οι ουροσυλλέκτες τοποθετήθηκαν σε ασφαλές σημείο του εργαστηρίου, υπό ελεγχόμενες συνθήκες.



**Εικ. 20** Οι ουροσυλλέκτες τοποθετημένοι σε ράφι του εργαστηρίου (προσωπικό αρχείο).

Σε κάθε καταμέτρηση τα ουροδοχεία ανοίγονταν και το περιεχόμενο τοποθετούνταν σε διηθητικό χαρτί όπου με λαβίδες γινόταν ο διαχωρισμός και καταγράφονταν οι αριθμοί. Μετά το πέρας της εκτιμήσεως της θνησιμότητας, τα νεκρά έντομα τοποθετούνταν σε ανεξάρτητα τρυβλία Petri, ανάλογα με το στάδιο του βιολογικού κύκλου και το υπόλοιπο δείγμα μαζί με τα ζωντανά, πίσω στον ουροσυλλέκτη έως την επόμενη καταγραφή.



**Εικ. 21** Νεκρές προνύμφες (αριστερά) και νεκρά ακμαία (δεξιά) σε τρυβλία Petri (προσωπικό αρχείο).

#### 4.4 Στατιστικά

Η αποτελεσματικότητα όλων των βιοκτόνων επί των προνυμφών και των ακμαίων υπολογίστηκε με τον τύπο του Abbott (Abbott 1925, Kurstak 1982). Το στατιστικό πακέτο IBMSPSS (IBMcorp., IL, USA, version 23.0) χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της διακύμανσης των δεδομένων. Τα δεδομένα, όπου κρίνονταν αναγκαίο μετατρέπονταν κατάλληλα (arcsin) προκειμένου να τηρηθούν οι προϋποθέσεις της παραμετρικής ανάλυσης για ίσες παραλλακτικότητες μεταξύ των μεταχειρίσεων.

### Corrected Mortality

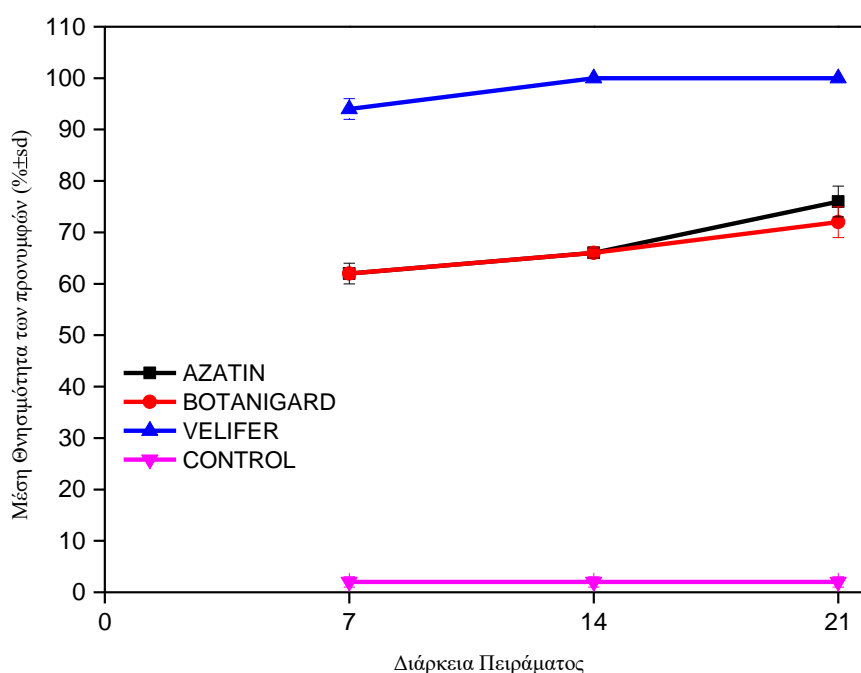
$$= \frac{\% \text{ test mortality} - \% \text{ control mortality}}{100 - \% \text{ control mortality}}$$

**Εικ. 22** Τύπος υπολογισμού της θνησιμότητας του Abbott

## B.2 Αποτελέσματα

5.1 Για τη μελέτη του προσδιορισμού της ευαισθησίας των προνυμφών του κολεοπτέρου *T. granarium* στα βιοκτόνα με σταθερή δόση

Η αποτελεσματικότητα των βιοκτόνων εναντίων των προνυμφών με σταθερή δόση ποικίλει ανάλογα το χειρισμό (Γρ. 1) σε στατιστική σημαντικότητα μαζί με τις αλληλεπιδράσεις των παραγόντων (Πίν. 1). Η Μέση θνησιμότητα ήταν στις 21 ημέρες για το σκεύασμα AZATIN 76%, για το σκεύασμα BOTANIGARD 72%, για το σκεύασμα VELIFER 100% και τέλος για το μάρτυρα 2%.



Γράφημα 1. Μέση Θνησιμότητα (%±sd) των προνυμφών του κολεοπτέρου *T. granarium* λόγω της επίδρασης των βιοκτόνων σε συνθήκες εργαστηρίου

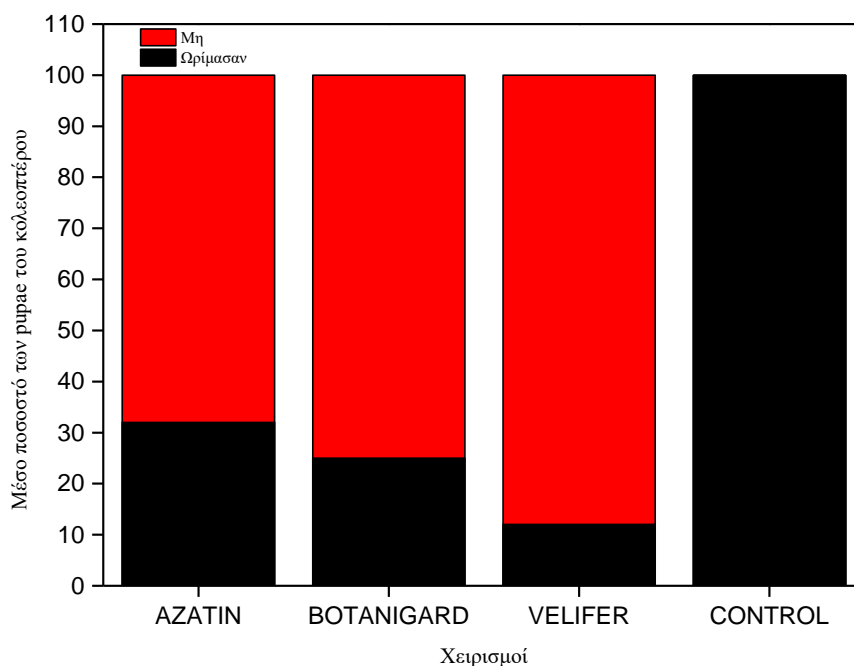
Πίνακας 1. Αλληλεπιδράσεις των σημαντικών παραγόντων του πειράματος ( $p > 0.05$ )

	df	F	Sig.
Διάρκεια Πειράματος	2	1,838	,503
Χειρισμοί	3	5,376	,000
Διάρκεια Πειράματος * Χειρισμοί	6	2,945	,057
Error	190		
Total	200		
Corrected Total	199		

5.2 Για τη μελέτη του προσδιορισμού της ευαισθησίας των pupae του κολεοπτέρου *T. granarium* στα βιοκτόνα με σταθερή δόση

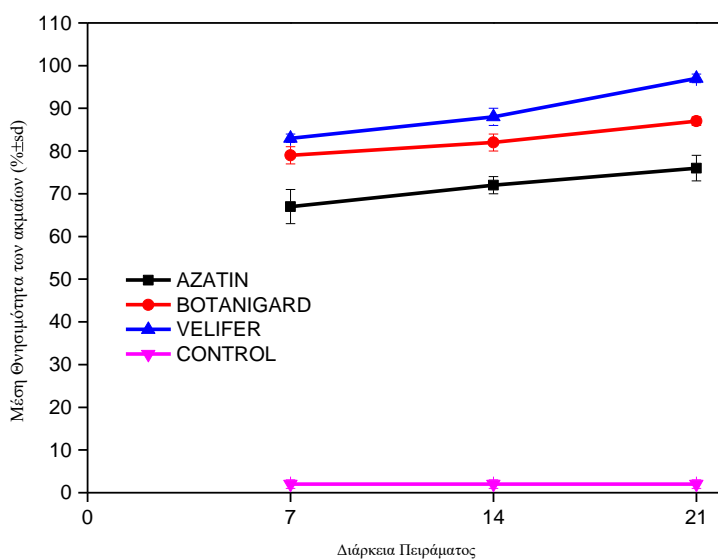
Η αποτελεσματικότητα των βιοκτόνων εναντίων των pupae με σταθερή δόση ποικίλει ανάλογα το χειρισμό (Γρ. 2). Η Μέση ωρίμανση εκφρασμένη σε ποσοστό ήταν στις 21 ημέρες για το σκεύασμα AZATIN 32%, για το σκεύασμα BOTANIGARD 25%, για το σκεύασμα VELIFER 12% και τέλος για το μάρτυρα 100%.





Γράφημα 2. Μέσο ποσοστό ωρίμανσης των ρυραε του κολεοπτέρου *T. granarium* λόγω της επίδρασης των βιοκτόνων σε συνθήκες εργαστήριου

### 5.3 Για τη μελέτη του προσδιορισμού της ευαισθησίας των ακμαίων του κολεοπτέρου *T. granarium* στα βιοκτόνα με σταθερή δόση



Γράφημα 3. Μέση Θνησιμότητα (%±sd) των ακμαίων του κολεοπτέρου *T. granarium* λόγω της επίδρασης των βιοκτόνων σε συνθήκες εργαστήριου

Η αποτελεσματικότητα των βιοκτόνων εναντίων των ακμαίων με σταθερή δόση ποικίλει ανάλογα το χειρισμό (Γρ. 3) σε στατιστική σημαντικότητα μαζί με τις αλληλεπιδράσεις των παραγόντων (Πίν. 2). Η Μέση θνησιμότητα ήταν στις 21 ημέρες για το σκεύασμα AZATIN 76%, για το σκεύασμα BOTANIGARD 72%, για το σκεύασμα VELIFER 100% και τέλος για το μάρτυρα 2%.

Πίνακας 2. Αλληλεπιδράσεις των σημαντικών παραγόντων του πειράματος ( $p > 0.05$ )

	df	F	Sig.
Διάρκεια Πειράματος	2	0,838	,503
Χειρισμοί	3	2,111	,000
Διάρκεια Πειράματος * Χειρισμοί	6	3,113	,017
Error	190		
Total	200		
Corrected Total	199		

## Γ. Συζήτηση

Η σύγχρονη τάση στο πεδίο της αποθήκευσης προϊόντων με ολοκληρωμένες μεθόδους παραγωγής και διαχείρισης ευνοεί την ανάπτυξη βιολογικών σκευασμάτων, που τείνουν να αντικαταστήσουν τα χημικά-συνθετικά σκευάσματα με τα οποία αντιμετώπιζονταν οι ασθένειες και οι προσβολές. Για το σκοπό αυτό, πολλά είδη εντομοπαθογόνων μυκήτων έχουν χρησιμοποιηθεί εναντίον διαφόρων, επιβλαβών για τις καλλιέργειες, εντόμων και έχουν επιδείξει ικανοποιητικά επίπεδα ελέγχου. Αρκετά είδη εξ αυτών έχουν αναφερθεί ως σημαντικοί παράγοντες αντιμετώπισης επιζήμιων εντόμων - εχθρών στις αποθήκες, όπως οι εντομοπαθογόνοι μύκητες της τάξης *Hypocreales* *M. robertsii*, *B. bassiana* και *I. fumosorosea* (Sevimeetal. 2010, Pogetto et al. 2012) και οι φυσικές ουσίες όπως αζαντιρακτίνη. Οι ετήσιες απώλειες μετά τη συγκομιδή των αγροτικών προϊόντων που προκαλούνται από τα έντομα, τις μικροβιακές μόλυνσεις και άλλους παράγοντες, υπολογίζονται γύρω στο 10 - 25% παγκοσμίως. Η βιολογική αντιμετώπιση εισήγαγε έναν νέο τρόπο καταπολέμησης με την χρησιμοποίηση φαρμάκων που αποτελούνταν από μύκητες ή φυσικές ουσίες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία «πράσινων» φαρμάκων.

Στην παρούσα μελέτη καταβλήθηκε μία προσπάθεια να μελετηθεί η δράση των συγκεκριμένων βιοκτόνων επί των προνυμφών, ρυραε και ακμαίων του εντόμου *T. granarium*. Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων παρατηρούμε ότι το πιο αποτελεσματικό βιοκτόνο και στα τρία δοκιμασθέντα βιολογικά στάδια ήταν το VELIFER. Αντίθετα, η επίδραση της αζαντιρακτίνης ήταν μικρότερη στα τρία δοκιμασθέντα βιολογικά στάδια αλλά καλύτερη συνολικά από τον Μάρτυρα. Οι Rice et al. (1999) αναφέρουν θνησιμότητα περίπου στο 80% του *T. confusum*, μετά από 21 ημέρες σε ρύζι και ότι η θνησιμότητα των *S. oryzae* L. ήταν περίπου 50%. Επίσης οι Moino et al (1998) αναφέρουν θνησιμότητα 80% του *S. oryzae* σε μίγμα καλαμποκιού, ρυζιού και αλεύρου μετά από 10 ημέρες. Ταυτόχρονα οι Hidalgo et al αναφέρουν επίσης ότι η θνησιμότητα των *S. zeamais* σε αλεύρι με την εφαρμογή με *B. bassiana* ( $10^{10}$  κονίδια/g) έφτασε το 100% μετά από 7 ημέρες. Τέλος, οι Adane et al αναφέρουν ότι η χαμηλότερη δόση με την εφαρμογή με *M. anisopliae* ( $10^4$  κονίδια  $ml^{-1}$ ) εμφάνισε σε θνησιμότητα 88% του εντόμου *T. confusum* μετά από 8 ημέρες σε αραβόσιτο.



Τα αποτελέσματά μας οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση των Βιοκτόνων μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα για τον έλεγχο του κολεοπτέρου *T. granarium*. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες στο μέλλον για τον έλεγχο του εντόμου και εφόσον αξιοποιηθούν κατάλληλα μέσα από ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης εντόμων στην αποθήκη. Συμπερασματικά ο σκοπός της ανάπτυξης των βιολογικών σκευασμάτων, δεν απαιτεί ταυτόχρονη κατάργηση των συνθετικών σκευασμάτων αλλά δημιουργεί ένα καινούργιο πλαίσιο συνεργασίας με την φύση και το περιβάλλον και εξασφαλίζει προστασία και ποιότητα στον μέσο καταναλωτή. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή από όλους όσους λαμβάνουν μέρος σε αυτό το ευαίσθητο πλην όμως σημαντικό τομέα στη γεωπονικής επιστήμης.

## Δ. Βιβλιογραφία

Αθανασίου Χ.Γ. (2015) “Integrated Protection of Stored Products: sustainability in practice”. *J. Stored Prod.*: 64(B), 121-174.

Αθανασίου Χ. Γ., Philips T. W., Wakil Waqas (2019). “Biology and Control of the Khapra Beetle, *Trogoderma granarium*, a Major Quarantine Threat to Global Food Security”. *Annu. Rev. Entomol.*: 64:131-148.

Γκουργκούτα Μ. (2020). «Αξιολόγηση της Φωσφίνης στα Διάφορα Στάδια Ανάπτυξης του *Trogoderma granarium*», Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών.  
<https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/53415/21140.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Καβαλλιεράτος Ν., Αθανασίου Χ, Μπάρδα Μ., Μπουκουβάλα Μ. (2016). “Efficacy of five insecticides for the control of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) larvae on concrete”. *J. Stored Prod.*: 66, 18-24.

Καβαλλιεράτου Ε. (2011). «Μελέτη της εντομοκτόνου δράσεως του chlorfenapyr κατά των *Tribolium confusum*, *Rhyzopertha dominica* και *Sitophilus Oryzae*. Επίδραση του δημητριακού, της δόσεως και του διαστήματος εκθέσεως». Πτυχιακή διατριβή. ΤΕΙ Καλαμάτας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.

Μπαλιώτα Γ. (2017) «Αξιολόγηση εντομοκτόνων σε επιφάνειες για την αντιμετώπιση κολεοπτέρων αποθηκών». Πτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών.

Τζανακάκης Μ., Κωβαίος Δ. (2018) *Εντομολογία*. University Studio Press, Θεσσαλονίκη. ISBN 978-960-12-2406-0

Χριστοδουλοπούλου Α.Μ. (2020) «Επίδραση διαφορετικών δόσεων τριών εντομοπαθογόνων νηματωδών στη θνησιμότητα του κολεόπτέρου *T. granarium*». Πτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών.

Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*; 18: 265-267.

Adane, K., Moore, D. & Archer, S. A. (1996). "Preliminary studies on the use of *Beauveria bassiana* to control *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) in the laboratory." *J. Stored Prod.* 32(2): 105 – 113.

Banks H. (1977) "Distribution and establishment of *Trogoderma granarium* everts (Coleoptera: Dermestidae): Climatic and other influences". *J. Stored Prod.*: 13(4), 183-202.

Capinera J.L. (2008) Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). In: Capinera J.L. (eds) *Encyclopedia of Entomology*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6\\_1625](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_1625)

Hadaway A. (1956) "The Biology of the Dermestid Beetles, *Trogoderma granarium* Everts and *Trogoderma versicolor* (Creutz.)". *Bulletin of Entomological Research*, Cambridge University Press: 46(4), 781-796.

Hagstrum D.W., Subramanyam B. (2006) *Fundamentals of Stored-Product Entomology*. ACC International, Manhattan, Kansas. ISBN-13: 978-1-891127-50-2.

Harris D.L. (2006), Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Insecta: Coleoptera: Dermestidae), Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, DPI Entomology Circular: 262

Hidalco, E., Moore, D. & Patourel LE, G. (1998). "The effect of different formulations of *Beauveria bassiana* on *Sitophilus zeamais* in stored maize". *J. stored Prod.* 34: 171 – 179

Kurstak, E. (1982). "Microbial and viral pesticides". Marcel Dekker Inc, New York : 1 – 720

Kulkarni N. V., Gupta S., Kataria R., Sathyanarayana N. (2015). "Morphometric analysis and Reproductive system studies of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae)". *Inter. J. Scien. Res. Pub.* 5(8)

Mummigatti S.G., Raghunathan A.N., Karanth N.G.K. (1994) "*Bacillus thuringiensis* variety *tenebrionis* (DSM-2803) in the control of coleopteran pests of stored wheat". *Proc. 6<sup>th</sup> IWCSPP* 2: 1114

Moino, A. Jr., Alves, S. B. & Pereira, R. M. (1998). "Efficacy of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin isolates for control of stored – grain pests." *Appl. Ent.* 122: 301 – 305

Rice, W. C. & Cogburn, R. R. (1999). "Activity of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota: Hyphomycetes) against three Coleopteran pests of stored grain." *J. Econ. Entomol.* 92(3): 691 – 694

Schöller M., Prozell S., Al-Kirshi A.G., Reichmuth CH. (1997) "Towards Biological Control as a Major Component of Integrated Pest Management in Stored Product Protection". *J. stored Prod. Res.* 33(I): 81-97.

*Trogoderma granarium* (khapra beetle), *Invasive Species Compendium*, Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide, CABI. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/55010#FD641AA5-3204-4539-8458-79C8B8B53FF3>

(1979) *Trogoderma granarium* Everts, Data Sheets on Quarantine Organisms, European and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO LIST A2: 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1981.tb01751.x>

(2013) Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 43, 431–448. ISSN 0250-8052. DOI: 10.1111/epp.12080