



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ *Trogoderma granarium* ΓΙΑ
ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ
ΜΥΚΗΤΩΝ ΣΕ ΕΛΑΦΗ ΤΟΥ CAMPUS ΚΩΣΤΑΚΙΩΝ
ΑΡΤΑΣ»**

ΜΠΙΣΤΙΩΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΑΡΤΑ 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ *Trogoderma granarium* ΓΙΑ
ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ
ΜΥΚΗΤΩΝ ΣΕ ΕΛΑΦΗ ΤΟΥ CAMPUS ΚΩΣΤΑΚΙΩΝ
ΑΡΤΑΣ»**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Σπυρίδων Μαντζούκας

ΑΡΤΑ 2022

**<<USE OF INSECT BAIT *Trogoderma granarium* TO FIND
AND TRAP ENTOMOPATHOGENIC FUNGI ON SOILS
IN CAMPUS OF KOSTAKIOI ARTAS >>**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- Μαντζούκας Σπυρίδων, Επιβλέπων
- Πατακιούτας Γεώργιος
- Υφαντή Παρασκευή

©ΜΠΙΣΤΙΩΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

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

ΜΠΙΣΤΙΩΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Υπογραφή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	10
ABSTRACT.....	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ.....	13
1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	13
1.2 ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ.....	14
1.2.1 ΕΝΤΟΜΑ ΤΗΣ ΤΑΞΗΣ COLEOPTERA.....	15
1.2.2 ΕΝΤΟΜΑ ΤΗΣ ΤΑΞΗΣ LEPIDOPTERA.....	18
1.3 ΤΟ ΕΝΤΟΜΟ <i>TROGODERMA GRANARIUM</i> (EVERTS) (ΤΡΟΓΩΔΕΡΜΑ ΤΩΝ ΣΠΟΡΩΝ).....	20
1.3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ.....	20
1.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	20
1.3.3 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	20
1.3.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ.....	21
1.3.5 ΠΡΟΣΒΟΛΗ ΚΑΙ ΖΗΜΙΕΣ.....	22
1.3.6 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ.....	23
1.4 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ.....	23
1.4.1 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΜΕ ΧΗΜΙΚΑ ΜΕΣΑ.....	23
1.4.2 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΜΕ ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ.....	25
1.4.3 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ.....	26
1.4.4 ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΜΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΜΕΣΑ.....	27

1.4.5 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΩΝ- «ΕΝΤΟΜΟΣΤΑΣΗ».....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ.....	30
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	30
2.2 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΞΕΝΙΣΤΗ-ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΜΟΛΥΝΣΗΣ.....	32
2.3 ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΣΗ- ΒΛΑΣΤΗΣΗ- ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ.....	32
2.4 ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ.....	34
2.4.1 <i>BEAUVERIA BASSIANA</i>	34
2.4.2 <i>METARHIZIUM ANISOPLIAE</i>	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 –ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	37
3.1 ΥΛΙΚΑ.....	37
3.2 ΕΚΤΡΟΦΗ ΕΝΤΟΜΟΥ <i>TROGODERMA GRANARIUM</i>	38
3.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	39
3.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	40
3.5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	41
3.5.1 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ SUBOUROSE DEXTROSE AGAR (SDA).....	42
3.5.2 ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ.....	42
3.5.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την επιτυχή πραγματοποίηση αυτής της μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν και με βοήθησαν με οποιονδήποτε τρόπο, πιο συγκεκριμένα:

- Τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου **Δρ. Μαντζούκα Σπυρίδωνα**, πρωτίστως για την ανάθεση της μελέτης μου και δευτερευόντως για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες γνώσεις που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκειά της.
- Τον **Δρ. Πατακιούτα Γεώργιο**, Αναπληρωτή Καθηγητή Ανθοκομίας & Αρχιτεκτονικής Τοπίου, για την καθοδήγηση, το ενδιαφέρον και τις χρήσιμες συμβουλές πάνω στο αντικείμενο της πτυχιακής μου εργασίας.
- Τις προπτυχιακές φοιτήτριες-συναδέλφους **Ζαρμακούπη Χρυσάνθη** και **Ψαθά Παναγιώτα** και τον προπτυχιακό φοιτητή-συνάδελφο **Πανταζή Γεώργιο** για την αμοιβαία συνεισφορά και συνεργασία μας στο χώρο του εντομοτροφείου κατά τη διάρκεια του πειραματικού μέρους της πτυχιακής μου.
- Την υποψήφια διδάκτορα **Κίτσιου Φωτεινή** για την αρχική καθοδήγηση όσον αφορά τον κόσμο των εντόμων και τις γνώσεις πάνω στις εκτροφές τους.
- Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω το προσωπικό του **Πανεπιστημίου Ιωαννίνων** για τη διάθεση του χώρου του εντομοτροφείου και του εξοπλισμού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα της παρούσας εργασίας είναι η ανίχνευση και η παγίδευση εντομοπαθογόνων μυκήτων σε εδάφη της Πανεπιστημιούπολης των Κωστακιών Άρτας και συγκεκριμένα σε δείγματα χώματος διαφόρων καλλιεργειών (γυγαρτόκαρπα, πυρηνόκαρπα, εσπεριδοειδή, ελιές και αμπέλι). Η μέθοδος πάνω στην οποία βασίστηκε η εργασία είναι η *Galleria bait method* με τη διαφοροποίηση ότι στην προκειμένη περίπτωση ως μέσο παγίδευσης χρησιμοποιήθηκαν προνύμφες του εντόμου *Trogoderma granarium*.

Το πρώτο μέρος αφορά στα κυριότερα είδη των εντόμων αποθηκών που ανήκουν στις οικογένειες *Lepidoptera* και *Coleoptera* και στο *Trogoderma granarium*, στο οποίο γίνεται λεπτομερής αναφορά, καθώς αποτελεί το χρησιμοποιούμενο κατά την πειραματική διαδικασία έντομο. Έπειτα, αναλύονται οι τρόποι καταπολέμησης των διαφόρων εντόμων που προσβάλλουν και πλήττουν αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα. Οι κυριότεροι από αυτούς περιλαμβάνουν την αξιοποίηση χημικών, βιολογικών, μηχανικών και φυσικών μέσων, με σκοπό τον έλεγχο των πληθυσμών των επιβλαβών εντόμων και συγχρόνως την εξασφάλιση της διατήρησης της ποιότητας των προϊόντων. Τέλος, επισημαίνονται τα σημαντικότερα είδη εντομοπαθογόνων μυκήτων καθώς και η διαδικασία που αυτοί ακολουθούν από τη στιγμή της αναγνώρισης του ξενιστή έως και τη θανάτωσή του.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο χώρο του εντομοτροφείου του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στην Άρτα. Ελήφθησαν συνολικά 47 δείγματα από δένδρα καλλιεργειών της Πανεπιστημιούπολης (ελιές, πυρηνόκαρπα, γυγαρτόκαρπα, εσπεριδοειδή και αμπέλι), το χώμα των οποίων, μετά από επεξεργασία (αφύγρανση, λειοτρίβηση, κοσκίνισμα), τοποθετήθηκε σε ουροδοχεία και μέσα σε καθένα από αυτά προστέθηκαν 10 προνύμφες του *Tr. granarium*. Η πειραματική διαδικασία διήρκησε 14 ημέρες. Τις πρώτες 7 διεξαγόταν καθημερινή μέτρηση για τη θνησιμότητα των προνυμφών και την τοποθέτηση των νεκρών σε τρυβλία Petri. Τις επόμενες 7 ακολούθησε ο έλεγχος των τρυβλίων για τυχόν επανθίσεις μυκηλίων.

Αποτέλεσμα του πειράματος είναι η εξαγωγή του μύκητα *M.anisopliae* από δύο δείγματα γυγαρτοκάρπων και η εξαγωγή του *B.bassiana* από τρία δείγματα ελιάς και από δύο δείγματα αμπέλου.

ABSTRACT

The subject of this study is the detection and trapping of entomopathogenic fungi on soils in campus of Kostakioi Artas and specifically in soil samples of various crops (apple trees, stone fruit trees, citrus trees, olive trees and vine). The method on which this study was based is the Galleria bait method with the difference that in this case larvae of the *Trogoderma granarium* insect were used as a means of trapping.

The first part concerns the main species of storage insects that belong to the families Lepidoptera and Coleoptera and of *Trogoderma granarium*, which is detailed, as it is the insect used in the experimental process. Then, the ways of combating the various insects that attack and damage stored agricultural products are analyzed. The main ones include the use of chemical, biological, mechanical and natural means to control pest populations while ensuring that product quality is maintained. Finally, the most important species of entomopathogenic fungi are highlighted, as well as the process they follow from the moment the host is identified until it is killed.

The experiment was carried out at the insectary of the University of Ioannina in Arta. A total of 47 samples were taken from cultivated trees of the campus (apple trees, peach trees, citrus, olive trees and vine), the soil of which, after treatment (dehydration, grinding, sieving), was placed in uroboxes and 10 larvae of *Tr. granarium* were added to each of them. The experimental procedure lasted 14 days. At the first 7 days, larval mortality was measured daily and the dead ones were placed in Petri dishes. During the next 7 days, the Petri dishes were checked for mycelium growings.

The result of the experiment is the extraction of the *M.anisopliae* fungi from two samples of apple trees and the extraction of *B.bassiana* fungi from three samples of olive trees and from two samples of vines.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανάγκες επισιτισμού του πληθυσμού ολοένα και αυξάνονται με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η ανάγκη για αποθήκευση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας τροφών και άλλων βιώσιμων γεωργικών προϊόντων. Ο άνθρωπος από πολύ παλιά συνήθιζε να αποθηκεύει τρόφιμα και πρώτες ύλες για μεγάλα διαστήματα με σκοπό την επιβίωσή του. Η αποθήκευση όμως αποτελεί μια ιδιαίτερη διαδικασία, καθώς δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που μεγάλες ποσότητες αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων έχουν καταστραφεί εξαιτίας κάποιου εξωγενούς παράγοντα και συγκεκριμένα εντόμων, τα οποία αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία και ονομάζονται 'έντομα αποθηκών'. Τα έντομα αυτά υποβαθμίζουν τόσο την ποιότητα όσο και την ποσότητα των προϊόντων, καταστρέφοντας τα θρεπτικά συστατικά και προκαλώντας σημαντικές απώλειες για την παραγωγή. Η αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών γίνεται κυρίως με τη χρήση χημικών μέσων και μεθόδων όπως, για παράδειγμα, την απολύμανση του χώρου αποθήκευσης πριν από την εισαγωγή των προϊόντων και τον ψεκασμό ορισμένων προϊόντων με κάποιο προστατευτικό προϊόν. Λόγω ωστόσο της τοξικότητας των χημικών αυτών μεθόδων, τόσο στην υγεία του ανθρώπου όσο και των ζώων που καταναλώνουν τα αποθηκευμένα προϊόντα, έχει καταβληθεί μεγάλη προσπάθεια για την αντικατάσταση αυτών των μεθόδων με άλλες φυσικές μεθόδους, όπως η ρύθμιση των παραγόντων που ευνοούν την ανάπτυξη των εντόμων μέσα στην αποθήκη αλλά και η χρήση βιολογικών σκευασμάτων. Μια νέα μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων είναι και η χρήση εντομοπαθογόνων μυκήτων, η οποία τείνει να έχει αποτελεσματικότητα χωρίς επιβλαβείς συνέπειες στον άνθρωπο αλλά ούτε και στο περιβάλλον.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία επιδιώκει να συμβάλει στην έρευνα γύρω από την αναζήτηση εντομοπαθογόνων μυκήτων. Πιο συγκεκριμένα, στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός εντομοπαθογόνων μυκήτων στο έδαφος διαφόρων καλλιεργειών (ελιές, πυρηνόκαρπα, γιγαρτόκαρπα, εσπεριδοειδή, αμπέλι) της Πανεπιστημιούπολης Άρτας και η εξέτασή τους, ούτως ώστε να διαπιστωθεί εάν οι μύκητες αυτοί είναι ικανοί να προσβάλουν προνύμφες του εντόμου *Trogoderma granarium* και να προκαλέσουν τη θανάτωσή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Έντομα αποθηκών ή έντομα αποθηκευμένων προϊόντων καλούνται εκείνα τα έντομα που μπορούν να προσβάλουν γεωργικά ή μη προϊόντα τα οποία βρίσκονται στη φάση αποθήκευσης ή επεξεργασίας. Η προσβολή γίνεται κυρίως στο περιβάλλον της αποθήκης. Υπάρχουν ωστόσο και περιπτώσεις που το έντομο μπορεί να προσβάλει το προϊόν ακόμα και στον αγρό, κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, και να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο μέσα στην αποθήκη (Σταμόπουλος 1995).

Σύμφωνα με τον FAO, οι απώλειες της παγκόσμιας παραγωγής λόγω των εντόμων που προσβάλλουν προϊόντα σε αποθήκη αγγίζουν το 17% (Αθανασιάδης 2007). Τα έντομα αποθηκών είναι ικανά να τραφούν εξ ολοκλήρου με το προϊόν ή με μέρος αυτού (αλεύρι, αραβόσιτος, σιτάρι κ.ά.), προκαλώντας όχι μόνο ποσοτική αλλά και ποιοτική υποβάθμιση. Εκκρίνουν τοξίνες οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν πολύ σοβαρά προβλήματα στα αποθηκευμένα προϊόντα, αλλά ακόμη αποτελούν και φορείς βακτηρίων (π.χ. *Salmonella*) και ιών (π.χ. πολιομυελίτιδα, κίτρινος πυρετός) (Buchelos & Athanassiou 1993, Στυλιανόπουλος 2012).

Μεγάλο μέρος εντόμων προσβάλλει αποκλειστικά συγκεκριμένα είδη καρπών, όπως, για παράδειγμα, τα κολεόπτερα της οικογένειας Bruchidae προσβάλλουν μόνο καρπούς ψυχανθών, ενώ το *Lasioderma serricorne* μόνο τον αποθηκευμένο καπνό. Επίσης, υπάρχουν έντομα τα οποία μπορούν να προσβάλουν πολλά είδη αποθηκευμένων προϊόντων, όπως, για παράδειγμα, τα είδη του γένους *Ephestia sp.* προσβάλλουν άλευρα, σπόρους δημητριακών, σύκα, σταφίδες, καπνό. Ακόμα, υπάρχει μια ομάδα εντόμων που δεν τρέφεται με ολόκληρους σπόρους αλλά με σπασμένους και ήδη προσβεβλημένους από άλλα έντομα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα έντομα *Tribolium confusum* και *Oryzaephilus surinamensis*. Τέλος, ορισμένα έντομα τρέφονται και ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο στο εσωτερικό ενός συγκεκριμένου είδους σπόρου. Με αυτόν τον τρόπο συμπεριφέρεται το *Shitophilus granarius* (Αθανασιάδης 2007).

1.2 ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ

Τα περισσότερα έντομα αποθηκών ανήκουν στην τάξη των Κολεοπτέρων και Λεπιδοπτέρων, ενώ λίγα είναι αυτά που ανήκουν στις τάξεις των Υμενοπτέρων, Ημιπτέρων και Διπτέρων. Στα Κολεόπτερα ανήκουν τα σημαντικότερα έντομα αποθηκευμένων προϊόντων. Χαρακτηριστικό των εντόμων αυτών αποτελεί το γεγονός ότι είναι όλα ολομετάβολα, δηλαδή ολοκληρώνουν τον βιολογικό τους κύκλο ακολουθώντας όλα τα στάδια μεταμόρφωσης (ωό, προνύμφη, ρυρα, ακμαίο). Τα ακμαία διαθέτουν σκληρό εξωσκελετό και οι πρόσθιες πτέρυγες, που ονομάζονται έλυτρα, είναι ισχυρά χιτινισμένες, ενώ το οπίσθιο ζεύγος των πτερύγων είναι μεμβρανώδες. Οι προνύμφες είναι είτε ευκέφαλες-ολιγόποδες είτε ευκέφαλες-άποδες (Curculionidae). Τα ακμαία αλλά και οι προνύμφες τρέφονται από ολόκληρο το προϊόν, καθώς διαθέτουν στοματικά μόρια μασητικού τύπου (Στυλιανόπουλος 2012).

Όσον αφορά τα Λεπιδόπτερα, τα ακμαία τους είναι πτερωτά και διαθέτουν στοματικά μόρια νέκταρος-μυζητικού τύπου, καθώς και δυο ζεύγη πτερύγων τα οποία είναι καλυμμένα με λέπια. Οι προνύμφες είναι ευκέφαλες-πολύποδες, φέρουν κεφαλή ισχυρά χιτινισμένη, διαθέτουν 3 ζεύγη θωρακικών ποδών, 1-5 ζεύγη κοιλιακών ψευδοποδών και το σώμα τους είναι καλυμμένο με τρίχες ή σμίριγγες. Τα στοματικά τους μόρια είναι μασητικού τύπου. Τα ωά των Λεπιδοπτέρων τοποθετούνται σε επίπεδες πλάκες κατά ομάδα. Οι προνύμφες περνούν το στάδιο της νύμφωσής τους υφαίνοντας βομβύκιο (purarium) (Στυλιανόπουλος 2012).

Παρακάτω θα γίνει λεπτομερής περιγραφή ορισμένων από τα σημαντικότερα έντομα αποθηκών της τάξεως των Κολεοπτέρων και Λεπιδοπτέρων και ειδικότερα του *Trogoderma granarium*, το οποίο αποτελεί το έντομο που θα χρησιμοποιηθεί ως μέσο, στο πείραμά μου, για την παγίδευση εντομοπαθογόνων μυκήτων.



Εικόνα 1. Έντομα αποθηκών

<https://www.entomat.gr/parasita/entoma-apothikon>

1.2.1 Έντομα της τάξης COLEOPTERA

ο Οικογένεια *Silvanidae*

Oryzaephilus surinamensis (L.) (Ψείρα του σιταριού)

Ενήλικο: Μικρό κολεόπτερο μήκους 2-3mm. Έχει λεπτό σώμα πεπλατυσμένο κοιλιακά και το χρώμα του είναι σκούρο καστανό. Ο θώρακας φέρει κατά μήκος δυο αυλακώσεις και έξι οδοντοειδείς προεξοχές σε κάθε πλευρά (Εικόνα 2) (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης 2012).

Προνύμφη: Η μορφή της είναι νηματοειδής και το χρώμα της είναι υποκίτρινο, ενώ το χρώμα της κεφαλής και των ποδιών είναι καστανό. Σε κάθε άρθρο του σώματός της φέρει μια ραχιαία κηλίδα σκούρου καστανού χρώματος (Εικόνα 2) (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Οι ιδανικότερες συνθήκες ανάπτυξης του είναι σε θερμοκρασία 30-35 °C και σχετική υγρασία 70-90%. Είναι ικανά να αναπτυχθούν ακόμα και σε θερμοκρασία 17,5-37,5 °C και σχετική υγρασία 10-90%. Στις συνθήκες αυτές ο βιολογικός κύκλος μπορεί να διαρκέσει από είκοσι ως ογδόντα μέρες. Ακόμη, το *Oryzaephilus surinamensis* μπορεί να επιβιώσει για μικρό διάστημα σε θερμοκρασία κάτω από τους 0 °C (Δοκιμάκη 2005).

Προσβολή: Προτιμά προσβεβλημένους σπόρους ή υπολείμματα τους. Τρέφεται κυρίως με σιτηρά και προϊόντα αυτών, ελαιώδεις σπόρους, όσπρια, καφέ, κακάο. Δραστηριοποιείται συνήθως μαζί με άλλα έντομα που προκαλούν ζημιές σε αυτούς τους σπόρους (Κέντρου 2018).



Εικόνα 2. Ακμαίο και προνύμφη *S.surinamensis*

<https://bugguide.net/node/view/752082>

<https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5521100>

ο Οικογένεια Bostrychidae

Rhyzopertha dominica (F.)

Ενήλικο: Έχει σώμα επίμηκες, κυλινδρικό μήκους 2-3mm με καστανέρυθρο χρωματισμό. Η κεφαλή του καλύπτεται από τον προθώρακα και δεν είναι ορατή. Οι κεραίες είναι ροπαλοειδείς από τρία αραιά τοποθετημένα άρθρα. Ο θώρακας, στη ραχιαία επιφάνεια φέρει πυκνά χιτινώδη επάρματα (εξογκώματα). Στα έλυτρα υπάρχουν κατά μήκος διακριτές γραμμές από μικρά κοιλώματα (Εικόνα 3) (Δοκιμάκη 2005).

Προνύμφη: Η μορφή της είναι σκαραβαιοειδής και το σώμα της είναι κυρτό, παχύ και διογκωμένο στο εμπρόσθιο μέρος. Το χρώμα της είναι υπόλευκο και η κεφαλή και τα πόδια καστανά (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Διαχειμάζει μέσα στην αποθήκη και ολοκληρώνει εκεί όλα τα στάδια του βιολογικού του κύκλου. Σε θερμοκρασίες 25-28 °C μπορεί να συμπληρώσει 4 έως 6 επάλληλες γενεές ανά έτος. Οι 20 °C είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία μπορεί να αναπτυχθεί. Στη θερμοκρασία αυτή, η ανάπτυξη από το ωό έως το ενήλικο διαρκεί περίπου 90 ημέρες. Ταχύτερος ρυθμός ανάπτυξης εμφανίζεται στους 34 °C και με σχετική υγρασία 14%. Σε αυτές τις συνθήκες το ωό μπορεί να εκκολαφθεί μέσα σε 2 ημέρες, οι προνύμφες μέσα σε 17 ημέρες και οι πούμπες σε 3 ημέρες. Το ενήλικο θηλυκό μπορεί να γεννήσει καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του 200-500 αυγά, ενώ κάθε φορά τοποθετεί έως και 30 αυγά μεμονωμένα ή κατά ομάδα (Μπαλιώτα 2017).

Προσβολή: Μεγάλος αριθμός προνυμφών προσβάλλει έναν σπόρο και νυμφώνονται μέσα σε αυτόν. Αποτελεί τον πιο σημαντικό εχθρό αποθηκών ρυζιού στην Ελλάδα και εκτός από ρύζι μπορεί να προσβάλει σπόρους καλαμποκιού και κριθάρι. Χαρακτηρίζεται ως πρωτογενής εχθρός, καθώς προσβάλλει υγιείς και όχι σπασμένους σπόρους, κατατρώγοντας το εσωτερικό τους, ενώ παράλληλα αφήνει άθικτο το εξωτερικό περίβλημα (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης 2012, Γκέκας & Κοσμίδου 2022).



Εικόνα 3. Ενήλικο και προνύμφη *R.dominica*.

<https://www.pestx.gr/apentomoseis/entoma-apothikon/>

ο Οικογένεια Tenebrionidae

Tribolium confusum Jacquelin duVal (Σκαθάρι ή ψείρα των αλεύρων)

Ενήλικο: Το μήκος του κυμαίνεται από 3,5 ως 4,5mm, με το σώμα του να έχει σχήμα επίμηκες, πιεσμένο, λείο, χωρίς τρίχωμα. Φέρει χρώμα στιλπνό, ερυθροκάστανο. Η κεφαλή του και το επιθωράκιο έχουν επίσης ερυθροκάστανο χρώμα και πολλά μικρά στίγματα. Τα άρθρα των κεραιών βαθμιαία μεγθύνονται από τη βάση προς τα άκρα χωρίς όμως να σχηματίζουν ρόπαλο (Εικόνα 4) (Πλατύραχος 2010).

Προνύμφη: Είναι ολιγόποδη και έχει μήκος 5mm. Το σώμα της έχει λευκοκίτρινο χρώμα, ενώ η κεφαλή και το δίκρανο του τελευταίου κοιλιακού τμήματος φέρουν σκούρο καστανό χρωματισμό (Μπαλιώτα 2017).

Βιολογία: Το *Tribolium confusum* συμπληρώνει 5 γενεές το έτος με την προϋπόθεση να επικρατούν ευνοϊκές για την ανάπτυξή του συνθήκες μέσα στην αποθήκη. Διαχειμάζει ως ενήλικο μέσα στα προϊόντα ή σε διάφορα σημεία στην αποθήκη. Τα ενήλικα θηλυκά, σε άριστες συνθήκες (25-30 °C), είναι ικανά να ζήσουν έως και 3 έτη. Εναποθέτουν στα προϊόντα από 400 έως και 800 ωά, τα οποία εκκολάπτονται σε θερμοκρασίες κοντά στους 15-40 °C. Η προνύμφη με τις κατάλληλες συνθήκες (επάρκεια τροφής, υγρασία, θερμοκρασία) ολοκληρώνει την ανάπτυξή της μέσα σε διάστημα 1-3 μηνών (Μπαλιώτα 2017).

Προσβολή: Αποτελεί τον σημαντικότερο εχθρό των αποθηκευμένων σιτηρών και ιδιαίτερα των αλεύρων (Εικόνα 5). Μπορεί να προσβάλει σχεδόν όλα τα είδη σπόρων, σιτηρά, όσπρια, άλευρα, πίτυρα, ελαιώδεις σπόρους κ.ά., μόνο εφόσον είναι ήδη σπασμένοι ή προσβεβλημένοι (Στυλιανόπουλος 2012).



Εικόνα 4. Ενήλικο και προνύμφη *T.confusum* Εικόνα 5. Προσβολή ριζάλευρου από ακμαία *Tribolium*

<https://www.ars.usda.gov/plains-area/mhk/cgahr/spieru/docs/tribolium-stock-maintenance/>

<https://www.tcinsects.com/product/rice-flour-beetles-tribolium-confusum/>

1.2.2 Έντομα της τάξης LEPIDOPTERA

ο Οικογένεια Pyralidae

Ephestia kuehniella (Zeller) (σκουλήκι των αλεύρων)

Ενήλικο: Το ενήλικο έχει μήκος 19-14mm και άνοιγμα πτερυγών 18-25mm. Οι πτέρυγες στο μπροστινό μέρος έχουν τεφρό χρώμα με διάφορες σκοτεινόχρωμες κηλίδες και γραμμές, ενώ οι οπίσθιες είναι χρώμα υπόλευκο με καστανά νεύρα και περιφέρεια. Η κεφαλή έχει μικρό σφαιρικό σχήμα και οι χειλικές προσαρκτηρίδες είναι ευδιάκριτες (Μπαλιώτα 2017).

Προνύμφη: Το μήκος της φτάνει μέχρι τα 12mm. Το σώμα της φέρει υπόλευκο ή ελαφρά ρόδινο χρωματισμό, ενώ ο πρόνωτος και η κεφαλή είναι καστανά (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Έχει μέχρι και 5 γενεές τον χρόνο και μπορεί να διαχειμάσει ως νύμφη και προνύμφη. Τα ακμαία εμφανίζονται την άνοιξη και δραστηριοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα θηλυκά ωτοκοούν πάνω στους σωρούς των αλεύρων, στους οποίους τοποθετούν από 100 έως 300 ωά. Οι εκκολαπτόμενες προνύμφες υφαίνουν μετάξινα νήματα (κουκούλια) μέσα στα οποία αναπτύσσονται και τρέφονται με το προϊόν. Ο βιολογικός κύκλος ανάπτυξης του *Ephestia kuehniella* ολοκληρώνεται σε 4-6 εβδομάδες (Στυλιανόπουλος 2012).

Προσβολή: Προκαλεί σημαντικές ζημιές σε αποθήκες αλεύρων και σε αλευρόμυλους, καθώς τρέφεται κυρίως με άλευρα. Ωστόσο μπορεί να προσβάλει και σπόρους σιτηρών, όσπρια, ξηρούς καρπούς, πίτυρα, ακόμη και γύρη από κυψέλες μελισσών. Επιπροσθέτως, τα μετάξινα νήματα και αποχωρήματα του εντόμου υποβαθμίζουν την ποιότητα των αλεύρων, καθώς προκαλούν ζυμώσεις και δυσάρεστες οσμές (Μπαλιώτα 2017).



Εικόνα 6. Ανεπτυγμένη προνύμφη *E.kuehniella*

<https://www.lepinet.fr/especies/nation/lep/index.php?id=27890>

ο Οικογένεια Gelechiidae

Sitotroga cerealella (Oliver) (Σιτότρωγα)

Ενήλικο: Το μήκος του είναι περίπου 15mm και το άνοιγμα των πτερύγων κυμαίνεται από 12-16mm. Οι πρόσθιες πτέρυγες έχουν χρώμα κίτρινο τεφρό, ενώ οι οπίσθιες τεφρό και φέρουν χαρακτηριστικά κρόσσια (Εικόνα 7) (Αθανασιάδης 2007).

Προνύμφη: Το χρώμα της είναι υπόλευκο ή ανοιχτό καστανό (Εικόνα 8) (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Εμφανίζεται κυρίως σε περιοχές με θερμό κλίμα, στις οποίες μπορεί να συμπληρώσει μέχρι και 12 γενεές. Η διάρκεια ζωής του ακμαίου φθάνει τις 15 ημέρες με ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας κοντά στους 25 °C. Ωστόσο έχει παρατηρηθεί πως το έντομο έχει την ικανότητα να αναπτυχθεί και σε θερμοκρασίες μεταξύ 16-35 °C. Στο σύνολο της ζωής τους τα θηλυκά γεννούν έως και 200 αυγά, τα οποία εναποθέτουν είτε μεμονωμένα είτε κατά ομάδες στο εξωτερικό των σπόρων σιτηρών αλλά και σε σχισμές που έχουν δημιουργήσει άλλα έντομα (Αρβανιτάκης 2018).

Προσβολή: Οι προνύμφες προσβάλλουν σπόρους σιτηρών και αραβοσίτου, ρύζι, σόργο, σιτάρι, κ.ά. (Εικόνα 9). Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός πως το κριθάρι καθίσταται ακατάλληλο για ζυθοποιία εφόσον έχει γίνει προσβολή από *Sitotroga cerealella* (Ναβροζίδης & Ανδρεάδης 2012, Αθανασιάδης 2007).



Εικόνα 7. Ενήλικο άτομο *C. cerealella*



Εικόνα 8. Προνύμφη *C. cerealella*



Εικόνα 9. Προσβολή σιταριού από ακμαία *C. cerealella*

https://www.researchgate.net/figure/Sitotroga-cerealella-adult-Source_fig11_281626381

https://www.wikiwand.com/en/Angoumois_grain_moth

<https://biochemtech.eu/products/sitotroga-cerealella>

1.3 TO ENTOMO *Trogoderma granarium* (Everts) (Τρογώδεμα των σπόρων)

1.3.1 Περιγραφή του εντόμου

Το *Trogoderma granarium* (Everts) ανήκει στη τάξη των Κολεοπτέρων και στην οικογένεια Dermestidae. Διατρέφεται με αποθηκευμένες ύλες φυτικής προέλευσης, όπως ελαιούχους σπόρους και σπόρους σιτηρών, και ο μεγαλύτερος αριθμός προσβολών προέρχεται αποκλειστικά από τις προνύμφες (Μπαλιώτα 2017).

1.3.2 Συστηματική ταξινόμηση

Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Arthropoda
Κλάση	Insecta
Τάξη	Coleoptera
Οικογένεια	Dermestidae
Γένος	<i>Trogoderma</i>
Είδος	<i>T. granarium</i>

Πίνακας 1. Συστηματική κατάταξη του εντόμου *T. granarium*.

https://en.wikipedia.org/wiki/Khapra_beetle

1.3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Ενήλικο: Το σχήμα του σώματός του είναι ωσειδές μήκους 2-3mm (Εικόνα 12) και το χρώμα του είναι καστανό σκούρο με σκοτεινές κίτρινες και κόκκινες περιοχές στα έλυτρα. Χαρακτηριστικό αποτελεί το γεγονός ότι τα θηλυκά ακμαία άτομα είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος από τα αρσενικά (Εικόνα 10) (Στυλιανόπουλος 2012).

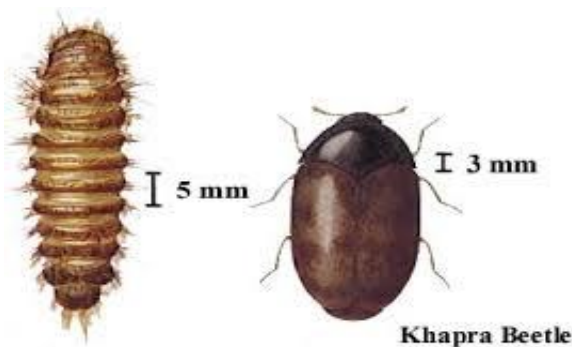
Προνύμφη: Το μήκος της κυμαίνεται από 3-6 mm (Εικόνα 12). Το χρώμα του σώματός της είναι ανοικτό καστανό προς κίτρινο χρωματισμό με μεσοαρθρικές μεμβράνες υποκίτρινες. Λεπτές και μακριές κίτρινωπές τρίχες εκφύονται κάθετα στο σώμα της και το καλύπτουν. Στο πίσω μέρος του σώματος των προνυμφών οι τρίχες σχηματίζουν αραιό θύσανο (Εικόνα 11) (Μπαλιώτα 2017).



Εικόνα 10. Ακμαίο άτομο *Tr. granarium*



Εικόνα 11. Προνύμφες *Tr. granarium*



Εικόνα 12. Απεικόνιση μεγέθους προνύμφης και ακμαίου *Trogoderma granarium*

1.3.4 Βιολογικός κύκλος του εντόμου

Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί 30 μέρες σε θερμοκρασίες της τάξης των 30 °C, ενώ παράλληλα μπορεί να διαρκέσει μέχρι και ένα έτος σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η υγρασία φαίνεται να μην παίζει κάποιον ιδιαίτερο ρόλο στην ανάπτυξη του συγκεκριμένου εντόμου. Το θηλυκό ενήλικο εναποθέτει περίπου 120 ωά πάνω στα προϊόντα. Οι προνύμφες είναι ικανές να διαβιώσουν για αρκετά χρόνια χωρίς να τρέφονται και διέρχονται από 5-15 ηλικίες. Η διάπαυση γίνεται σε σχισμές και ρωγμές που υπάρχουν στην αποθήκη και μπορεί να διακοπεί όταν οι συνθήκες γίνουν ευνοϊκές για την ανάπτυξή τους. Τότε αρχίζει να πολλαπλασιάζεται στη μάζα των

σφωρών των προϊόντων, πράγμα το οποίο έχει ως συνέπεια να μην γίνεται ορατή η προσβολή (Στυλιανόπουλος 2012).

1.3.5 Προσβολή και ζημιές

Το *Trogoderma granarium* αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς σπόρων, καθώς είναι ικανό να προκαλέσει ολοκληρωτική καταστροφή. Αρέσκειται κυρίως σε ελαιούχους πλακούντες και σπόρους σιτηρών και προϊόντα αυτών. Η προσβολή γίνεται αποκλειστικά από προνύμφες και ξεκινά από έξω προς τα μέσα, αφού η προνύμφη κατατρώει πρώτα το εξωτερικό μέρος των σπόρων και στη συνέχεια το εσωτερικό (Εικόνα 13). Εκτός από τη ζημιά που προκαλεί στους σπόρους, μπορεί να προκαλέσει και σοβαρά αλλεργικά προβλήματα στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, εάν καταποθούν τρίχες από το σώμα των προνυμφών μαζί με το προϊόν. Θεωρείται έντομο καραντίνας σε πολλές χώρες και η αντιμετώπισή του είναι δύσκολη, καθώς έχει παρατηρηθεί πως έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε διάφορα εντομοκτόνα, μπορεί να προσβάλει προϊόντα ακόμα και με μικρό ποσοστό υγρασίας, είναι δραστήριο σε υψηλές θερμοκρασίες και η προνύμφη έχει την ικανότητα να διαχειμάζει για μεγάλο διάστημα, που μπορεί να φτάσει και τα 8 έτη (Μπαλιώτα 2017).



Εικόνα 13. Προσβολή σπόρων σιταριού από προνύμφες *Tr. granarium*.

<https://inspection.canada.ca/plant-health/invasive-species/insects/khapra-beetle/factsheet/eng/1328541793480/132854192408>

1.3.6 Γεωγραφική εξάπλωση

Πρόκειται για έντομο που ζει και εμφανίζεται κυρίως σε περιοχές με τροπικό κλίμα. Δραστηριοποιείται σε θερμοκρασίες μεταξύ 21 °C και 40 °C, ενώ η χαμηλή σχετική υγρασία φαίνεται να μην επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξή του. Ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί δεκαοκτώ μέρες όταν επικρατούν οι κατάλληλες συνθήκες, θερμοκρασία κοντά στους 35 °C και σχετική υγρασία 73% (Δοκιμάκη 2005).

1.4 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

1.4.1 Καταπολέμηση με χημικά μέσα

Η χημική καταπολέμηση των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων γίνεται με τη χρήση εντομοκτόνων, τα οποία ανάλογα με τον τρόπο εισόδου στον οργανισμό του εντόμου διακρίνονται σε εντομοκτόνα επαφής, στομάχου και καπνιστικά εντομοκτόνα (Γιαννάκη 2019).

Εντομοκτόνα επαφής:

Τα εντομοκτόνα επαφής προκαλούν τον θάνατο στο έντομο-στόχο μόνο όταν έρθει σε επαφή με αυτό. Στη συνέχεια εφόσον έχει προηγηθεί επαφή με το σώμα του εντόμου, μέσω των αναπνευστικών τμημάτων, ή από το σωματικό περίβλημα, οι χημικές ουσίες εισέρχονται στην κυκλοφορία της αιμολέμφου και το θανατώνουν (Γιαννάκη 2019). Τα περισσότερα εντομοκτόνα επαφής που χρησιμοποιούνται αποτελούνται κυρίως από οργανικές ουσίες. Κατά κύριο λόγο τα εντομοκτόνα αυτά είναι τα οργανοφωσφορικά, τα καρβαμιδικά, οι συνθετικές πυρεθρίνες, καθώς και συνδυασμός μεταξύ τους. Ακόμη, χρησιμοποιούνται, σε ελάχιστο βαθμό πλέον, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι βρίσκονται ακόμα σε κυκλοφορία (Σταμόπουλος 1995). Σημαντικότερα από αυτά αποτελούν τα CHLORPYRIFOS, DIAZINON και MALATHION, από την ομάδα των οργανοφωσφορικών, το CARBARYL, από τα καρβαμιδικά, και το DELTAMETHRIN από τα πυρεθροειδή (Αθανασιάδης 2007).

Εντομοκτόνα στομάχου:

Τα εντομοκτόνα στομάχου, σε αντίθεση με τα επαφής, πρέπει να καταποθούν από το έντομο μαζί με την τροφή. Οι χημικές ουσίες που περιέχουν εισέρχονται στον οργανισμό μέσω των στοματικών μορίων και του φάρυγγα και καταλήγουν στο στόμαχο προκαλώντας βλάβες στους ιστούς και εν συνεχεία επέρχεται ο θάνατος. Ωστόσο, είναι δυνατόν να γίνεται και συνδυασμένη χρήση εντομοκτόνων επαφής με εντομοκτόνα στομάχου για την καλύτερη δυνατή αποτελεσματικότητα εναντίον των εντόμων (Γιαννάκη 2019).

Καπνιστικά εντομοκτόνα:

Καπνογόνα ονομάζονται οι χημικές ουσίες οι οποίες με τη μορφή αερίου επιδρούν τοξικά στους ζωικούς εχθρούς που προσβάλλουν αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα και καλλιέργειες. Η χρήση των καπνογόνων είναι αρκετά επικίνδυνη και δύσκολη στην εφαρμογή και γι' αυτό το λόγο πρέπει να γίνεται από ειδικευμένο προσωπικό τηρώντας αυστηρά τις οδηγίες χρήσης (Κρητικός 2015). Εισέρχονται στον οργανισμό του εντόμου μέσω του αναπνευστικού συστήματος προκαλώντας ασφυξία και επιφέροντας τελικά το θάνατο. Ένα από τα πλεονεκτήματα των καπνιστικών προϊόντων είναι ότι λόγω του ατμού κατανέμονται εύκολα και γρήγορα στον χώρο και διεισδύουν σε σημεία όπου άλλα μέσα καταπολέμησης δεν μπορούν να εισχωρήσουν. Τα σημαντικότερα καπνογόνα είναι το βρωμιούχο μεθύλιο (CH_3BR) και η φωσφίνη (PH_3). Και για τις δύο αυτές ουσίες πρέπει να γίνεται εφαρμογή σε άδειες αποθήκες, καθώς αποτελούν ισχυρά δηλητήρια και συγκεκριμένα το βρωμιούχο μεθύλιο παρουσιάζει ακόμη και καρκινογόνες δράσεις. Η αποτελεσματικότητα των καπνογόνων εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητές τους. Αυτές είναι το σημείο ζέσεως, η πτητικότητα και η τάση ατμών, το ειδικό βάρος, η αναφλεξιμότητα, η εκρηκτικότητα, η προσροφητικότητα ατμών, η διαλυτότητα και η τοξικότητα που παρουσιάζουν στα έντομα (Γκέκας & Κοσμίδου 2022).

Λόγω της συνεχής χρήσης των χημικών σκευασμάτων, τα έντομα έχουν αναπτύξει μηχανισμούς ανθεκτικότητας με συνέπεια οι χημικές μέθοδοι να είναι αναποτελεσματικές όσον αφορά την καταπολέμηση. Έτσι, μεγαλώνει και η ανάγκη για ανακάλυψη νέων αποτελεσματικών μεθόδων που βασίζονται σε φυσικά και βιολογικά μέσα.

1.4.2 Καταπολέμηση με φυσικές μεθόδους

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι τεχνητές αλλαγές στο περιβάλλον της αποθήκης με ρύθμιση της θερμοκρασίας και της υγρασίας τόσο του χώρου όσο και του αποθηκευμένου προϊόντος, αλλά και η εφαρμογή ελεγχόμενων ατμοσφαιρών, ακτινοβολιών κ.ά.

Ρύθμιση ποσοστού υγρασίας:

Η υγρασία αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη των εντόμων των αποθηκών. Συνεπώς, η αποξήρανση των αποθηκευμένων προϊόντων είναι ένα πολύ σημαντικό στάδιο και δεν θα πρέπει να παραλείπεται με την προϋπόθεση να μην υπάρχουν αλλοιώσεις στην ποιότητα των προϊόντων. Η αποξήρανση, και συνεπώς η μείωση της σχετικής υγρασίας, πραγματοποιείται με τη χρήση ανεμιστήρων που παρέχουν ζεστό αέρα και τον διαχέουν μέσα στο χώρο αποθήκευσης (Γκέκας & Κοσμίδου 2022).

Ρύθμιση θερμοκρασίας:

Τα περισσότερα έντομα είναι ευαίσθητα στις υψηλές θερμοκρασίες και κανένα έντομο δεν είναι ικανό να επιβιώσει σε θερμοκρασίες κοντά στους 60-65 βαθμούς κελσίου. Επομένως, η αύξηση της θερμοκρασίας στο χώρο αποθήκευσης αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο φυσικής καταπολέμησης. Στην πράξη, χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες γύρω στους 52-55 °C για τρεις έως τέσσερις ώρες. Η συνεχής, όμως, χρήση υψηλών θερμοκρασιών μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις στα προϊόντα. Για το λόγο αυτό υπάρχει και η εναλλακτική της χρήσης χαμηλών θερμοκρασιών, που και σε αυτήν την περίπτωση κανένα έντομο δεν μπορεί να επιβιώσει (Γκέκας & Κοσμίδου 2022).

Εφαρμογή ακτινοβολίας:

Σε αυτή τη μέθοδο γίνεται χρήση των σωματιδίων "γ" ή ηλεκτρονίων υψηλής ταχύτητας με σκοπό την ολοκληρωτική καταπολέμηση ή τη στείρωση των εντόμων. Η χρήση αυτής της μεθόδου έχει ως στόχο κυρίως τη μείωση του πληθυσμού των

επιζήμιων εντόμων, εφόσον τα στερωμένα έντομα συνεχίζουν να τρέφονται με το αποθηκευμένο προϊόν και να προκαλούν ζημιές (Γιαννάκη 2019).

Μέθοδος της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας:

Σκοπός της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η δημιουργία μη επιθυμητού περιβάλλοντος για τη διαβίωση των εντόμων. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη CO₂ ή N₂ είτε με την αφαίρεση O₂. Προκειμένου να υπάρξουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, πρέπει να επέμβουμε και στη σχετική υγρασία ή στην ατμοσφαιρική πίεση του χώρου (Γιαννάκη 2019).

1.4.3 Καταπολέμηση με μηχανικά μέσα

Πίεση:

Σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιείται αέρας υπό πίεση και εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Ο πρώτος σκοπός είναι η απευθείας θανάτωση των εντόμων και ο δεύτερος είναι ο καθαρισμός των μηχανημάτων, των χώρων και οποιουδήποτε άλλου σημείου μπορεί να υπάρχουν έντομα (Γιαννάκη 2019).

Ξήρανση:

Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση της πλεονάζουσας υγρασίας από τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η συντηρητικότητά τους και παρεμποδίζεται έμμεσα η δράση των εντόμων (Κρητικός 2015).

Συσκευασία υπό κενό:

Με τη μέθοδο αυτή επιδιώκεται η αφαίρεση του ατμοσφαιρικού αέρα από τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα εντός ειδικών κλειστών χώρων (silos). Η έλλειψη αέρα σε συνδυασμό με τη συγκέντρωση CO₂ από την αναπνοή των προϊόντων δημιουργεί κατάσταση ασφυξίας στα έντομα και επιφέρει το θάνατό τους. Επειδή όμως η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αρκετά κοστοβόρα και παρουσιάζει πολλά μειονεκτήματα, όπως ζυμώσεις και ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών, φαίνεται να μην έχει μεγάλη πρακτική εφαρμογή (Αθανασιάδης 2007).

ENTOLETER:

Το ENTOLETER είναι μια εντομοκτόνος συσκευή η οποία αποτελείται από ένα ζεύγος μεταλλικών δίσκων που περιστρέφονται γύρω από έναν κεντρικό άξονα με μεγάλη ταχύτητα. Το προϊόν εισέρχεται ανάμεσα στους δίσκους και υποβάλλεται σε ταχεία φυγοκεντρική περιστροφή, με αποτέλεσμα τα έντομα που υπάρχουν μέσα στο προϊόν να πεθαίνουν από ισχυρό χτύπημα. Έχει αποδειχτεί πως η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική τόσο για έντομα όσο και για ακάρεα σε όλα τα στάδια εκτός των ωών τους. Το μηχάνημα αυτό χρησιμοποιείται σε πολλούς αλευρόμυλους (Κρητικός 2015).

1.4.4 Καταπολέμηση με βιολογικά μέσα

Στις βιολογικές μεθόδους καταπολέμησης γίνεται κατά κύριο λόγο χρήση διαφόρων ειδών βακτηρίων, τα οποία είναι ικανά να εμποδίσουν τη φυσιολογική συνέχιση της ζωής ενός εντόμου, ή ακόμη και χρήση εντόμων που έχουν την ικανότητα να παρασιτήσουν σε βάρος του εντόμου-εχθρού που θέλουμε να αντιμετωπίσουμε (Αρβανιτάκης 2018). Με τη βιολογική μέθοδο καταπολέμησης ο έλεγχος των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων έχει καταλήξει να γίνεται είτε με τη χρήση φυσικών εχθρών, και την εισαγωγή τους στο περιβάλλον του χώρου αποθήκευσης, είτε με τη χρήση εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών (Γκέκας & Κοσμίδου 2022).

Φυσικοί εχθροί:

Διακρίνονται σε δυο κατηγορίες φυσικών εχθρών, τα αρπακτικά και τα παρασιτοειδή.

α) Αρπακτικά

Τα αρπακτικά είναι κυρίως έντομα ή άλλοι οργανισμοί του ζωικού βασιλείου, τα οποία καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους διαβιούν ελεύθερα στο περιβάλλον. Ένας μεγάλος αριθμός αρπακτικών τρέφεται με τα έντομα-εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων. Τα αρπακτικά έντομα κατά την ανάπτυξή τους έχουν την ικανότητα να προσβάλλουν και να τρέφονται με περισσότερα από ένα άτομα της λείας τους. Κάποια από τα χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος από τα έντομα-εχθρούς που προσβάλλουν, μπορούν να σκοτώνουν και να

τρώνε περισσότερα από ένα άτομα της λείας τους σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Τέλος, παρατηρείται πως και τα δύο φύλα των αρπακτικών εντόμων μπορούν να είναι αντάξιοι θηρευτές. Τα αρπακτικά έντομα διακρίνονται σε Ημίπτερα και Κολεόπτερα (Στυλιανόπουλος 2012). Χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης αρπακτικών εντόμων είναι το *Xylocoris flavipes* της οικογένειας Anthocoridae (Hemiptera). Το *X. Flavipes* χρησιμοποιήθηκε για την καταπολέμηση Λεπιδοπτέρων και Κολεοπτέρων και κατάφερε να μειώσει ικανοποιητικά τους πληθυσμούς των επιζήμιων εντόμων μέσα στις αποθήκες. Ωστόσο, αυτό επιτεύχθηκε μόνο σε έντομα που ήταν ελεύθερα και όχι σε εκείνα που βρίσκονταν μέσα στη μάζα των χύμα σπόρων ή σε προϊόντα που περιβάλλονταν από κάποια συσκευασία (Μπαλιώτα 2017).

β) Παρασιτοειδή

Με τον όρο παρασιτοειδή καλούνται τα έντομα τα οποία συνήθως έχουν το ίδιο μέγεθος με τον ξενιστή τους και απαιτούν ένα μοναδικό ξενιστή, για να συμπληρώσουν την ανάπτυξή τους, τον οποίο στο τέλος θανατώνουν. Παρασιτοειδές φαίνεται να είναι κυρίως το ελεύθερο ενήλικο θηλυκό, καθώς είναι αυτό που εντοπίζει τον ξενιστή που θα προσβάλει και ωοτοκεί τα αυγά του είτε μέσα στο σώμα του είτε στο γύρω περιβάλλον του. Τα παρασιτοειδή έντομα ανάλογα με το εύρος των ξενιστών που μπορούν να προσβάλουν διακρίνονται σε μονοφάγα, ολιγοφάγα και πολυφάγα. Τα μονοφάγα είδη παρασιτούν μόνο ένα είδος ξενιστή, ενώ τα ολιγοφάγα μόνο στενά συγγενικά είδη ξενιστών. Τα πολυφάγα είδη μπορούν να παρασιτήσουν είδη ξενιστών που δεν είναι συγγενή. Τέλος, τα παρασιτοειδή μπορούν να ταξινομηθούν και σε δύο ακόμα κατηγορίες ανάλογα με το πού μπορούν να παρασιτήσουν άλλα έντομα μέσα στην αποθήκη. Έτσι υπάρχουν τα ενδοπαρασιτοειδή, τα οποία διατρέφονται εντός των αποθηκευμένων σπόρων, και τα εκτοπαρασιτοειδή, που διατρέφονται εκτός των σπόρων ή άλλων προϊόντων (Στυλιανόπουλος 2012). Χαρακτηριστικά παρασιτοειδή έντομα αποτελούν αυτά των οικογενειών Braconidae, Ichneumonidae και Pteromalidae, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την καταπολέμηση εντόμων του γένους *Cadra* (Lepidoptera) και των γενών *Anthrenus* και *Oryzaephilus* (Coleoptera), χωρίς όμως να είναι ικανά να χρησιμοποιηθούν σε ευρεία κλίμακα, εξαιτίας της ανικανότητάς τους να εισέλθουν στη μάζα των προϊόντων ή στο εσωτερικό των συσκευασιών (Μπαλιώτα 2017).

Παθογόνοι μικροοργανισμοί:

Ως παθογόνα χαρακτηρίζονται οι πληθυσμοί μικροοργανισμών (μύκητες, βακτήρια, ιοί) που έχουν την ικανότητα να διεισδύσουν στο σώμα του εντόμου-ξενιστή και να προκαλέσουν νόσο και θάνατο. Η παθογένεια η οποία προκαλείται από τους μικροοργανισμούς διαφέρει ανάλογα με το είδος του εντόμου και μπορεί να είναι διαφορετική ακόμα και σε κάθε ένα από τα στάδια ανάπτυξής του. Συνήθως όταν το έντομο βρίσκεται στα νεαρά στάδια ανάπτυξής του, και ιδιαίτερα στο προνυμφικό στάδιο, παρουσιάζει μεγαλύτερη παθογένεια. Το σημείο εισόδου ή ανάπτυξης ενός παθογόνου ποικίλλει ανάλογα με το έντομο και το εκάστοτε παθογόνο. Η είσοδος των παθογόνων συνήθως γίνεται μέσω της στοματικής οδού, ενώ οι μύκητες έχουν τη δυνατότητα να εισέλθουν στο σώμα του ξενιστή τους από το επιδερμάτιο (Μαντζούκας 2012). Το πιο διαδεδομένο εντομοπαθογόνο είναι το *Basillus thuringiensis*, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως για την καταπολέμηση Λεπιδοπτέρων (Κέντρου 2018).

1.4.5 Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών - «Εντομόσταση»

Μια από τις νεώτερες μεθόδους καταπολέμησης των εντόμων αποθηκών είναι η λεγόμενη «Εντομόσταση» (INSECTISTASIS), κατά την οποία επιδιώκεται, με συνδυασμό διαφόρων μέσων, μείωση του πληθυσμού των εντόμων σε επίπεδα στα οποία δεν προκαλείται οικονομική ζημία. Σκοπός της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων με όσο το δυνατόν λιγότερη χρήση εντομοκτόνων. Σημαντικά αποτελέσματα προσφέρει και η χρήση διαφόρων τύπων παγίδων με ή χωρίς φερομόνες. Οι ουσίες (φυσικές ή τεχνητές) που χρησιμοποιούνται χαρακτηρίζονται ως «εντομοστατικές» και έχουν εξειδικευμένη δράση. Τέλος, με τη χρήση εντομοστατικών ουσιών μπορεί να «αραιωθεί» η πυκνότητα του πληθυσμού των επιβλαβών εντόμων σε σημείο που να επιτρέπει τη διατήρηση του αποθηκευμένου προϊόντος χωρίς ιδιαίτερη βλάβη, κάτω από το επίπεδο οικονομικής ζημίας (Αθανασιάδης 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2-ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Πάνω από 400 είδη παθογόνων μυκήτων έχουν απομονωθεί από έντομα, αλλά μέχρι σήμερα ένας μικρός αριθμός τους αξιοποιείται ως βιοεντομοκτόνα, καθώς οι μύκητες αυτοί εξαρτώνται από την υψηλή σχετική υγρασία του περιβάλλοντος (επιζήμιος παράγοντας για τα αποθηκευμένα προϊόντα), αλλά και λόγω της έλλειψης γνώσεων σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την τοξικότητά τους. Οι τοξίνες που παράγουν αυτά τα παθογόνα, οι οποίες μπορεί να είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο και τα ζώα, σχετίζονται επίσης με τη μειωμένη χρησιμοποίησή τους. Επιπλέον, μερικοί μύκητες είναι αρκετά δύσκολοι στην καλλιέργειά τους και στη μαζική παραγωγή, ενώ όσοι καλλιεργούνται με σχετικά εύκολο τρόπο εξασθενούν μετά από μακροχρόνια παραγωγή με τεχνητά μέσα (Μαντζούκας 2012).

Εντομοπαθογόνοι μύκητες απαντώνται σε όλες σχεδόν τις ταξινομικές κατηγορίες εκτός από ορισμένους Hyphomycetes και τους ανώτερους Βασιδιομύκητες. Μεταξύ τους διαφοροποιούνται αρκετά όσον αφορά το βαθμό μολυσματικότητας. Αποτελούν είτε υποχρεωτικά είτε προαιρετικά παθογόνα, που προσβάλλουν εξασθενημένους ξενιστές, είτε συμβιωτικούς μικροοργανισμούς. Η πλειοψηφία των εντομοπαθογόνων μυκήτων βρίσκεται στους Entomophthorales (τάξη Zygomycetes) και στην τάξη Hyphomycetes. Οι Entomophthorales διαθέτουν το χαρακτηριστικό της υψηλής εξειδίκευσης προς τον ξενιστή και μεγάλες πιθανότητες επιζωοτολογίας, ενώ οι Hyphomycetes έχουν μεγαλύτερο φάσμα ξενιστών και αναπτύσσονται ευκολότερα σε καλλιέργεια in vitro (Πέττας 2017).

Τα έντομα τα οποία είναι ευπαθή σε μυκητολογικές μολύνσεις είναι οι προνύμφες των Λεπιδοπτέρων, οι αφίδες, από τα Ημίπτερα (και ειδικότερα από τα Homoptera), είδη που ανήκουν στις Οικογένειες Cicadidae και Coccidae, τα Vesproidea, από τα Υμενόπτερα, είδη της οικογένειας Scarabeidae, από τα Κολεόπτερα, και είδη του γένους *Hylemyia*, από τα Δίπτερα, αλλά και τα κουνούπια (Παναγάκη 2019).

Χαρακτηριστικό των εντομοπαθογόνων μυκήτων είναι ότι μπορούν να προσβάλλουν έντομα όχι μόνο στο στάδιο της προνύμφης ή νύμφης, αλλά και στο στάδιο του ακμαίου. Η είσοδος του μύκητα στα έντομα γίνεται τόσο μέσω της

στοματικής οδού όσο και μέσω της επιδερμίδας σε οποιοδήποτε μέρος του σώματος, με την προϋπόθεση να υπάρχει κατάλληλη υγρασία έτσι ώστε να βλαστήσει το σπόριο του μύκητα. Η εξειδίκευση ως προς το έντομο-ξενιστή ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων εντομοπαθογόνων μυκήτων, καθώς σχετίζεται με τη φυσιολογική κατάσταση του ξενιστή, με τις ιδιότητες του εξωτερικού δερματίου του εντόμου, τις απαιτήσεις του μύκητα σε θρεπτικά στοιχεία, καθώς και, σε μερικές περιπτώσεις, με την άμυνα του ίδιου του ξενιστή. Ακόμα, υπάρχουν μύκητες που είναι ικανοί να μολύνουν ένα μεγάλο φάσμα ξενιστών και άλλοι που προσβάλλουν λίγα ή και ένα μόνο είδος εντόμου (Πέττας 2017).

Όταν γίνει προσβολή ενός εντόμου από ένα μύκητα, ο μύκητας αυτός διαπερνά την επιδερμίδα του εντόμου και αναπτύσσει μυκήλιο στο εσωτερικό του. Αφού εισέλθει στον οργανισμό του εντόμου, κατακλύζει με τις τοξίνες που παράγει όλους τους ιστούς και έτσι προκαλείται ο θάνατος του ξενιστή. Εν συνεχεία, ο μύκητας εξέρχεται από το σώμα του εντόμου-ξενιστή με μυκήλιο και επανθίσεις, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται πάνω στην εξωτερική επιδερμίδα του εντόμου κονιδιοφόροι και τα κονίδια τους, με τα οποία επιτυγχάνεται η διασπορά του παθογόνου. Σε ειδικές περιπτώσεις οι μύκητες εντοπίζονται σε συγκεκριμένα όργανα του εντόμου-ξενιστή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι μύκητες *Massospora cicadina* και *Strongwellsea castrans* που συναντώνται μόνο στην κοιλιακή χώρα των ενήλικων εντόμων (Μαντζούκας 2012).

Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες μολύνουν τον ξενιστή τους με σπόρια αγενούς αναπαραγωγής, δηλαδή με κονίδια. Η επικράτηση ευνοϊκών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας και η διαθεσιμότητα νερού αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιτυχή βλάστηση και ανάπτυξη του σπορίου. Η βλάστηση του κονιδίου αλλά και η συμπεριφορά του βλαστικού σωλήνα παρατηρείται ότι παρουσιάζουν ομοιότητες μεταξύ των Entomophytoriales. Η βλάστηση του κονιδίου έχει ως επακόλουθο τόσο τη δημιουργία δευτερογενών κονιδίων όσο και τη δημιουργία ενός η περισσοτέρων βλαστικών σωλήνων. Ο βλαστικός σωλήνας (germtube) που δημιουργείται τρυπά και διαπερνά απευθείας το δερμάτιο της εξωτερικής επιδερμίδας του εντόμου (Παναγάκη 2019).

Συμπερασματικά, οι μύκητες μπορούν να προσβάλουν τον ξενιστή-έντομο σχεδόν πάντα με απευθείας διάτρηση του εξωσκελετού τους σε αντίθεση με τους

ιούς, τα βακτήρια και τα μικροσπορίδια, τα οποία, προκειμένου να προκαλέσουν προσβολή, πρέπει να καταποθούν και να μολύνουν μέσω του εντέρου το έντομο. Οι μύκητες συχνά εξαρτώνται πολύ από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια της μόλυνσης. Επομένως, οι πιο σημαντικοί παράγοντες που παίζουν ρόλο στην εκδήλωση ασθένειας από τους παθογόνους αυτούς μύκητες είναι η θερμοκρασία και η υγρασία. Προκειμένου να επιτυγχάνεται αποτελεσματική δράση των εντομοπαθογόνων μυκήτων θα πρέπει, στις περισσότερες περιπτώσεις, η σχετική υγρασία περιβάλλοντος να είναι πολύ αυξημένη, δηλαδή μεγαλύτερη από 85-90% (Μαντζούκας 2012).

2.2 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΞΕΝΙΣΤΗ – ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΜΟΛΥΝΣΗΣ

Η αναγνώριση του ξενιστή από τους εντομοπαθογόνους μύκητες δεν γίνεται με κάποιον ξεκάθαρο τρόπο. Στην περίπτωση των φυτοπαθογόνων μυκήτων παρατηρείται η παραγωγή ενός ειδικού μορίου (elicitor), το οποίο μπορεί να ανιχνευθεί από τους υποδοχείς που συνδέονται με την κυτταρική μεμβράνη του ξενιστή. Η σύνδεση αυτή ενεργοποιεί τη διαδικασία σχηματισμού ειδικών προϊόντων τα οποία επάγουν την παραγωγή ενζύμων από το παθογόνο που προκαλεί επίθεση στο κυτταρικό τοίχωμα. Παρόμοιο τρόπο δράσης διαθέτουν και οι εντομοπαθογόνοι μύκητες (Παναγάκη 2019). Στη διαδικασία αναγνώρισης των ξενιστών συμμετέχουν γονίδια αλλά και προϊόντα εξειδικευμένων γονιδίων παθογένειας του μύκητα, καθώς επίσης και γονίδια ανθεκτικότητας του ξενιστή. Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες περιέχουν ένα ιδιαίτερο σύστημα σηματοδότησης (G πρωτεΐνες, υποδοχείς, κινάσες και δευτερογενείς μηνύτορες), το οποίο είναι αρκετά πολύπλοκο και έχει ρόλο να αναγνωρίζει τον ξενιστή και να επάγει τη σύνθεση των καταλλήλων αποικοδομητικών ενζύμων (Πέττας 2017).

2.3 ΠΡΟΣΚΟΛΛΗΣΗ –ΒΛΑΣΤΗΣΗ–ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ

Η προσβολή ενός εντόμου από κάποιον εντομοπαθογόνο μύκητα ξεκινά με την προσκόλληση των αναπαραγωγικών του δομών πάνω στην επιφάνεια του επιδερμίδιου. Το επιδερμίδιο είναι το πρώτο τμήμα του σώματος του εντόμου που έρχεται σε επαφή με τα εντομοκτόνα (βιολογικά ή χημικά). Αποτελείται από αρκετές

στοιβάδες, οι οποίες διακρίνονται από έξω προς τα μέσα σε επί-επιδερμίδιο, προ-επιδερμίδιο και την επιδερμίδα (Μαντζούκας 2012). Μετά την είσοδο του στο σώμα του ξενιστή, το παθογόνο αρχίζει να πολλαπλασιάζεται με τμήματα μυκηλιακών υφών, τα οποία καλούνται βλαστοσπόρια. Τα βλαστοσπόρια ποικίλλουν μεταξύ τους όσον αφορά το μέγεθος και το σχήμα τους (Πέττας 2017).

Η μολυσματική δράση των εντομοπαθογόνων μυκήτων περιλαμβάνει τέσσερα στάδια. Το στάδιο της προσκόλλησης, της βλάστησης, της διαφοροποίησης και της διείσδυσης. Καθένα από τα στάδια επηρεάζεται από ενσωματωμένους ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες, οι οποίοι τελικά θα χαρακτηρίσουν την παθογένεια. Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες αποτελούν μια μοναδική περίπτωση, καθώς η είσοδός τους στο έντομο-ξενιστή γίνεται από την επιδερμίδα και όχι από το πεπτικό σύστημα, σε αντίθεση με άλλους παθογόνους μικροοργανισμούς. Η επιδερμίδα όμως δυσχεραίνει τη μόλυνση από έναν εντομοπαθογόνο μύκητα, αφού αποτελείται από λιπίδια και είναι υδατοαπωθητική και ανθεκτική στην ενζυμική αποδόμηση (Πέττας 2017).

Η επιτυχία της μόλυνσης καθορίζεται από την προσάρτηση ή προσκόλληση των σπορίων του μύκητα στο έντομο-ξενιστή. Η προσκόλληση αποτελεί μια αναγκαία διαδικασία και επιτυγχάνεται με την έκκριση κολλώδους ουσίας (βλέννα). Σημαντικό ρόλο στη διαδικασία αυτή παίζουν διάφορα ενζυμα, λεκτίνες, αλλά και υδρόφοβες και ηλεκτροστατικές δυνάμεις. Σε επόμενο στάδιο, και εφόσον έχει προηγηθεί η προσκόλληση, το παθογόνο αρχίζει την παραγωγή ενζύμων (λιπάσες, πρωτεάσες, χιτινάσες), που έχουν την ικανότητα να υδρολύουν την επιδερμίδα του εντόμου-ξενιστή. Παράγοντες όπως η ύπαρξη νερού, ιόντων, λιπαρών οξέων και θρεπτικών στοιχείων στην επιφάνεια του εξωσκελετού του εντόμου μπορούν να επηρεάσουν τη συμπεριφορά της βλάστησης των σπορίων. Έτσι, για να είναι επιτυχής η βλάστηση των σπορίων απαιτείται η παρουσία των απαραίτητων αυτών θρεπτικών στοιχείων, καθώς και η επίδειξη ανθεκτικότητας στις τοξικές ουσίες της επιδερμίδας του εντόμου-ξενιστή (Πέττας 2017).

Τα κονίδια των περισσότερων μυκήτων βλαστάνουν 6-18 ώρες μετά την προσκόλληση, ενώ εκείνα στα οποία η βλάστησή τους επέρχεται μετά από διάστημα 24 ωρών θεωρούνται δευτερογενή ή τριτογενή κονίδια. Όταν οι επιφάνειες που θα προσκολληθούν τα σπόρια του μύκητα είναι υδρόφοβες, σκληρές και φτωχές σε θρεπτικά υλικά, τότε διαφοροποιούνται σε απρεσσόρια (appressorium). Τα

απρεσσόρια είναι εμφανή στην κατάληξη των βλαστικών σωλήνων. Το μέγεθος και το σχήμα τους διαφέρει ανάλογα με το είδος και το στέλεχος του μύκητα, καθώς και από τα χαρακτηριστικά της επιδερμίδας. Ως προς τη μορφολογία τους, τα απρεσσόρια φαίνεται να είναι ροπαλοειδή ή σφαιρικά και είναι ικανά να παράξουν άφθονη βλέννα βοηθώντας, με αυτόν τον τρόπο, την προσκόλληση του μύκητα κατά τη διάρκεια της διείσδυσης. Κοινό χαρακτηριστικό μεταξύ των μυκήτων φαίνεται να είναι το γεγονός ότι οι διεισδυτικές υφές αναπτύσσονται πλευρικά, παράλληλα προς τα ελικοειδή στρώματα διασπώντας έτσι τη συνοχή του δερματίου (Πέττας 2017).

Η διείσδυση στην επιδερμίδα επιτυγχάνεται είτε από τον ίδιο τον βλαστικό σωλήνα είτε από τον σχηματισμό ενός απρεσσορίου, το οποίο δύναται να συνδεθεί στην επιδερμίδα ευνοώντας έτσι την ανάπτυξη ενός στενού διεισδυτικού καρφιού. Η διείσδυση αποτελεί μια διαδικασία τόσο μηχανική όσο και ενζυμική. Η διείσδυση στους περισσότερους εντομοπαθογόνους μύκητες του εδάφους γίνεται με άμεσο τρόπο, ενώ σπάνια μπορεί να γίνει διείσδυση μέσω πληγών ή αισθητηρίων οργάνων. Κατά τη διάρκεια της διείσδυσης παράγεται στον ξενιστή μια σειρά ενζύμων επιδερμίδας-αποικοδόμησης όπως λιπάσες, πρωτεάσες, χιτινάσες. Τέλος, το είδος του εντομοπαθογόνου μύκητα χαρακτηρίζεται συνήθως από τον μηχανισμό εισόδου (Πέττας 2017).

2.4 ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΥΚΗΤΕΣ

Οι κυριότεροι και πιο διαδεδομένοι εντομοπαθογόνοι μύκητες που βρίσκουν εφαρμογή στη σύγχρονη γεωργική πρακτική είναι ο μύκητας *Beauveria bassiana* και *Metarhizium anisopliae*.

2.4.1 *Beauveria bassiana*

Η χρήση του μύκητα *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) έχει ως στόχο την καταπολέμηση της πυραλίδας του καλαμποκιού (*Ostrinianaubilalis*), των θριπών, των αφίδων, των αλευρωδών, των κολεοπτέρων και ορισμένων ημιπτέρων εντόμων. Αποτελούν κοσμοπολίτικους μύκητες και είναι ατελείς, απλοειδείς και παράγουν βιολογικά ενεργούς μεταβολίτες. Το όνομά του

δόθηκε από τον Ιταλό εντομολόγο Agostino Bassi, οποίος τον ανακάλυψε το 1835 εξαιτίας της άσπρης επίστρωσης (μούχλα) που βρέθηκε πάνω στο *Bombyx mori*. Ο μύκητας φέρει κονίδια μονοκύτταρα, απλοειδή και υδρόφοβα. Το σχήμα των κονιδίων ποικίλλει και μπορεί να είναι σφαιρικό, ελλειψοειδές, νεφροειδές μέχρι και κυλινδρικό και το μέγεθός τους κυμαίνεται από 1.7μm έως 5.5μm (Εικόνα 14). Απαραίτητη για τον πολλαπλασιασμό των κονιδίων είναι και η υψηλή υγρασία, η οποία σε συνδυασμό με την κατάλληλη θερμοκρασία βοηθά να ολοκληρωθεί η μόλυνση μέσα σε 24-48 ώρες. Το έντομο μετά από τη μόλυνση μπορεί να επιζήσει μέχρι και 3-5 μέρες (Μαντζούκας 2012).

Ο εντομοπαθογόνος αυτός μύκητας προκαλεί προσβολή εισβάλλοντας στο σώμα του εντόμου. Τα κονίδια του αρχικά έρχονται σε επαφή με την επιδερμίδα του ξενιστή και στη συνέχεια, αφού βλαστήσουν, διατρύπουν την επιδερμίδα και πολλαπλασιάζονται μέσα στο σώμα του (Εικόνα 15). Τα κονίδια αυτά είναι μονοκύτταρα, απλοειδή και υδρόφοβα. Ο μύκητας αυτός φαίνεται να μην προκαλεί τοξικότητες στα φυτά αλλά ούτε και σε πτηνά, ζώα και ψάρια. Στην Ευρώπη κυκλοφορούν αρκετά εμπορικά σκευάσματα, που περιέχουν το μύκητα, όπως τα Metab, Naturalis-L, Bio-power, Botanigard κ.ά. (Εικόνα 16) (Πέττας 2017).



Εικόνα 14. Απεικόνιση κονιδίων του *Beauveria bassiana*.



Εικόνα 15. Προσβολή εντόμου από *Beauveria bassiana*.



Εικόνα 16. Εμπορικό σκεύασμα που περιέχει τον μύκητα *B.bassiana*.

https://www.researchgate.net/figure/Adult-cabbage-fly-Delia-radicum-killed-by-Beauveria-bassiana-This-fungus-produces_fig1_291302201

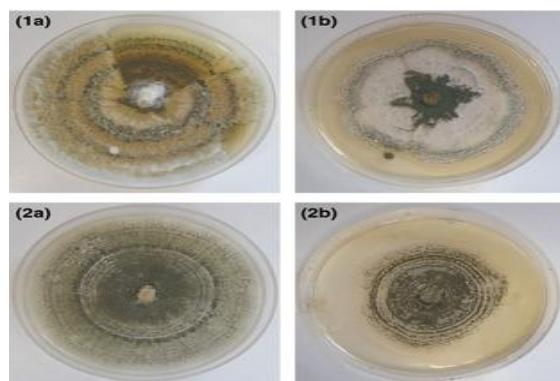
https://nubip.edu.ua/sites/default/files/2_kurs_2_gr_eng_gm_lab_fungal_parasites_of_insects.pdf

https://www.dqagro.es/?attachment_id=11705

2.4.2 *Metarhizium anisopliae*

Ο *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) γνωστός και ως *Metarhizium anisopliae var. anisopliae* είναι ένας εντομοπαθογόνος μύκητας ο οποίος συναντάται σε όλο τον κόσμο, αναπτύσσεται φυσικά στο έδαφος και είναι ικανός να προσβάλλει πολλά έντομα, καθώς λειτουργεί σαν παράσιτο. Το όνομά του δόθηκε το 1879 από τον Ι.Ι. Metchnikon, ο οποίος τον απομόνωσε από το σκαθάρι *Anisoplia austriaca*. Αργότερα, χρησιμοποιήθηκε από τον ίδιο για την αντιμετώπιση του κολεοπτέρου *Cleonuspun ctiventris* και τελικά τον προώθησε για χρήση του στη Βιολογική καταπολέμηση των εντόμων. Λόγω του πράσινου χρώματος των κονιδίων, τα οποία καλύπτουν το σώμα των νεκρών εντόμων, η ασθένεια που προκαλείται από τους μύκητες του γένους *Metarhizium* αποδίδεται με την ονομασία "greenmus cardine" (Εικόνα 17) (Παναγάκη 2019).

Ο *M. anisopliae* παράγει βλαστοσπόρια και κονίδια τα οποία δρουν βιολογικά και έχουν την ικανότητα να μολύνουν και να επιφέρουν τον θάνατο στον ξενιστή τους. Τα βλαστοσπόρια μπορούν να παραχθούν αποκλειστικά σε υγρές καλλιέργειες και με την επικράτηση συγκεκριμένων συνθηκών. Ο μύκητας αυτός αποτελεί έναν από τους καλύτερα μελετημένους εντομοπαθογόνους μύκητες, καθώς έχει βρεθεί ότι μπορεί να προσβάλει περίπου 300 είδη εντόμων με ευρύ φάσμα δράσης σε πολλά φυτοφάγα έντομα και ακάρεα, όπως τετράνυχοι, θρίπες, αλευρώδεις και κοκκοειδή (Εικόνα 18). Χαρακτηριστικό παράδειγμα εμπορικού σκευάσματος που περιέχει τον εντομοπαθογόνο μύκητα *M. anisopliae* είναι το Bioblast που χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση των τερμιτών του γένους *Reticulitermes spp.* (Πέττας 2017).



Εικόνα 17. Καλλιέργεια *Metarhizium anisopliae*



Εικόνα 18. Προσβολή από *M. anisopliae*

https://www.researchgate.net/figure/Colony-features-of-Metarhizium-anisopliae-MET-08-I05-and-Mpingshaense-MET-13-I68-on-PDA_fig4_262344206

<https://www.lifeder.com/metarhizium-anisopliae/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΥΛΙΚΑ

Όργανα και συσκευές

1. Ηλεκτρικός ζυγός ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων
2. Επωαστικός θάλαμος

Εργαλεία

1. Μικρό φτυάρι
2. Μικρό σκαλιστήρι
3. Γουδί πορσελάνης
4. κόσκινο με σίτα 0,8mm

Αναλώσιμος εξοπλισμός και υλικά

1. Γυάλινα δοχεία
2. Τούλι
3. Ουροδοχεία
4. Φύλλα διηθητικού χαρτιού
5. Κορδέλα σήμανσης
6. Τρυβλία Petri
7. Υδροβολέας
8. διάλυμα νερού-χλωρίνης 5%
9. Ανοξείδωτες λαβίδες
10. Απιονισμένο νερό
11. Μικρά πινέλα
12. Ανεξίτηλος μαρκαδόρος
13. Στατήρας τρυβλίων
14. Στυλό και χαρτί
15. Εργαστηριακή ποδιά

Έντομα-τροφές

1. 450 Προνύμφες *Trogoderma granarium*
2. Μίγμα αλεύρου σίτου-καλαμποκιού

3.2 ΕΚΤΡΟΦΗ ΕΝΤΟΜΟΥ *Trogoderma granarium*

Η εκτροφή του εντόμου *Trogoderma granarium* (Coleoptera:Dermestidae) πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της Πανεπιστημιούπολης Κωστακίων Άρτας, στο χώρο του εντομοτροφείου (Εικόνα 19). Για την εκτροφή χρησιμοποιήθηκαν ειδικά γυάλινα δοχεία που περιείχαν μίγμα από αλεύρι σίτου και καλαμποκιού. Οι τροφές ήταν αποστειρωμένες, όπως και τα δοχεία. Σε καθένα από τα δοχεία τοποθετήθηκαν 100 προνύμφες του εντόμου. Στη συνέχεια, για το κλείσιμο των δοχείων χρησιμοποιήθηκε τούλι, αντί του καπακιού, προκειμένου να μπορούν τα έντομα να αναπνέουν. Έπειτα, οι εκτροφές εισήχθησαν σε επωαστικό θάλαμο, ώστε να υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξή τους (θερμοκρασία, υγρασία). Κάθε εβδομάδα οι εκτροφές ελέγχονταν πρωτίστως για τη διατήρηση των συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας και δευτερευόντως για τη γενικότερη πορεία τους. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, η τιμή της θα πρέπει να είναι περίπου 25 °C και η τιμή της υγρασίας μεταξύ 65-75%.



Εικόνα 19. Εκτροφή του *Trogoderma granarium*.

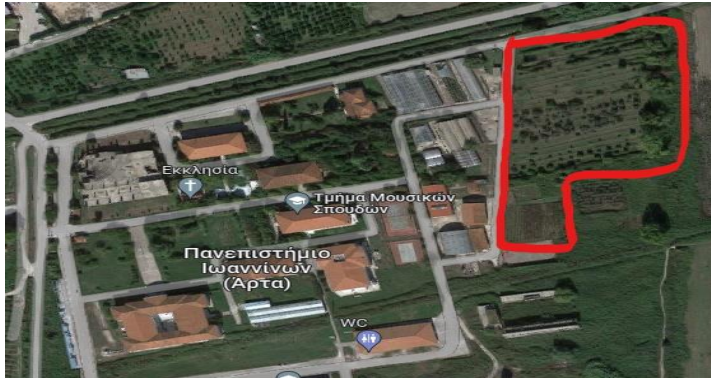
3.3 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Οι δειγματοληψίες χώματος πραγματοποιήθηκαν τους ανοιξιάτικους μήνες σε καλλιέργειες που υπάρχουν στο campus των Κωστακίων Άρτας (Εικόνα 21). Συγκεκριμένα οι καλλιέργειες αυτές αφορούσαν εσπεριδοειδή, ελιές, πυρηνόκαρπα, γιγαρτόκαρπα και αμπέλι. Τα συνολικά δείγματα ήταν 47, δηλαδή από 10 σε κάθε καλλιέργεια πλην των πυρηνοκάρπων, στα οποία ελήφθησαν μόνο 7 δείγματα λόγω μικρού αριθμού δέντρων που υπήρχαν. Να αναφερθεί πως τα δείγματα πάρθηκαν από 10 διαφορετικά δέντρα μέσα στην καλλιέργεια και συγκεκριμένα σε σημεία κάτω από την κόμη και κοντά στον κορμό.

Η διαδικασία της δειγματοληψίας διήρκησε περίπου δύο ημέρες και απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίησή της ήταν η ύπαρξη καλών καιρικών συνθηκών, δηλαδή να μην έχει προηγηθεί βροχόπτωση και το χώμα να μην είναι υγρό, αλλά ούτε και επικράτηση υψηλών θερμοκρασιών, ώστε το χώμα να είναι πολύ ξερό. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δειγματοληψία ήταν ένα μικρό σκαλιστήρι, με το οποίο σκαβόταν ένα σημείο κοντά στον κορμό του κάθε δέντρου σε βάθος 10 εκατοστών, και ένα μικρό φτυάρι, με το οποίο γινόταν η συλλογή 80 γραμμαρίων χώματος και η τοποθέτησή του σε ουροδοχείο. Τα δείγματα δεν ελήφθησαν από διαδοχικά δέντρα αλλά διάσπαρτα (ένα κάθε τρία δέντρα), έτσι ώστε να αξιοποιηθεί η μεγαλύτερη δυνατή έκταση της κάθε καλλιέργειας. Τέλος, έγινε σήμανση των δέντρων με κορδέλες, στις οποίες αναγραφόταν ο αριθμός του δείγματος (Εικόνα 20).



Εικόνα 20. Σήμανση δέντρων μετά από τη δειγματοληψία.



Εικόνα 21. Χάρτης οπωρόνα του campus

3.4 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Τα δείγματα, μετά τη συλλογή, απλώθηκαν πάνω στον πάγκο του εντομοτροφείου σε φύλλα διηθητικού χαρτιού για 24 ώρες (Εικόνα 22), έτσι ώστε να μειωθεί η περίσσεια υγρασίας. Εν συνέχεια, το χώμα λειοτριβήθηκε σε γουδί από πορσελάνη και κοσκινίστηκε σε κόσκινο με σίτα 0,8mm. Σε καινούργια ουροδοχεία, πάνω στα οποία αναγράφηκε ο τύπος της καλλιέργειας και ο αριθμός του δέντρου, τοποθετήθηκε η τελική ποσότητα 20 γραμμαρίων κοσκινισμένου χώματος.





Εικόνα 22. Δείγματα χώματος προς αποξήρανση.

3.5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η πειραματική διαδικασία αρχίζει με την εισαγωγή 10 προνυμφών *Trogoderma granarium* σε καθένα από τα ουροδοχεία που περιείχαν 20 γραμμάρια κοσκινισμένου χώματος. Έπειτα, τα ουροδοχεία (47 συνολικά) τοποθετήθηκαν σε επωαστικό θάλαμο, ώστε να υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες που απαιτούνταν και έτσι τα έντομα να μην θανατωθούν από βιοτικούς παράγοντες (θερμοκρασία, υγρασία). Ακολούθησε καθημερινός έλεγχος, ο οποίος διήρκεσε 7 ημέρες, προκειμένου να διαπιστωθεί ο θάνατος προνυμφών από τυχόν εντομοπαθογόνους μύκητες. Αναλυτικότερα, τα έντομα με το χώμα που περιέχονταν σε κάθε ουροδοχείο αδειάστηκαν πάνω σε φύλλα σκληρού διηθητικού χαρτιού και με τη χρήση μικρών πινέλων έγινε ο διαχωρισμός των νεκρών από τις ζωντανές προνύμφες. Έπειτα, οι εναπομείνασες ζωντανές προνύμφες επανατοποθετήθηκαν στα ουροδοχεία και ξανά στον επωαστικό θάλαμο. Τα νεκρά άτομα, που προέκυπταν μετά από κάθε έλεγχο, εμβαπτίζονταν σε διάλυμα νερού-χλωρίνης 5% για 5 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια τοποθετούνταν σε τρυβλίο Petri, μέσα στο οποίο υπήρχε κομμάτι διηθητικού χαρτιού εμποτισμένο με απιονισμένο νερό (moist chamber), ώστε να υπάρχει επαρκές ποσοστό υγρασίας για την επάνθιση τυχόν παθογόνων μυκήτων πάνω στις προνύμφες του *Trogoderma*. Με το πέρας του καθημερινού ελέγχου γινόταν καταγραφή, και τα τρυβλία Petri με τις νεκρές προνύμφες που προέκυπταν τοποθετούνταν και αυτά στον επωαστικό θάλαμο. Η διαδικασία αυτή, όπως

προαναφέρθηκε, διήρκησε 7 ημέρες. Για ακόμη 7 ημέρες ακολούθησε ξανά καθημερινός έλεγχος των τρυβλίων που περιείχαν τις νεκρές προνύμφες, προκειμένου να διαπιστωθεί κάποια επάνθιση μύκητα και να γίνει προσθήκη απιονισμένου νερού για την επάρκεια υγρασίας. Τέλος, τα τρυβλία με τις προνύμφες στις οποίες εμφανίστηκε επάνθιση επισημάνθηκαν και εστάλησαν στο εργαστήριο φυτοπαθολογίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για τον εντοπισμό και ταυτοποίηση του παθογόνου μύκητα.

3.5.1 Θρεπτικό υλικό Sabourose Dextrose Agar (SDA)

Η παρασκευή του μέσου γίνεται ως εξής: Σε 1000 ml κρύου αποστειρωμένου νερού προστίθενται 65 gr λυοφιλιωμένου Sabourose Dextrose Agar του εμπορίου. Το μίγμα θερμαίνεται σε Ben-Mari για να διαλυθεί το μέσο εντελώς. Έπειτα διανέμεται σε κωνικές φιάλες και αποστειρώνεται σε κλίβανο για 15 λεπτά στους 12 °C. Η τελική αντίδραση του μέσου είναι: PH 5,6. Στη συνέχεια πριν το μέσο στερεοποιηθεί τοποθετείται σε αποστειρωμένα τρυβλία τύπου Petri.

3.5.2 Απομόνωση εντομοπαθογόνων μυκήτων

Τα προσβεβλημένα ακμαία ή προνύμφες από εντομοπαθογόνους μύκητες απομονώθηκαν είτε ολόκληρα σε τρυβλία Petri, έχοντας ως υπόστρωμα το θρεπτικό υλικό SDA, είτε έγινε καλλιέργεια των κονιδίων των μυκήτων που είχαν εκπτυχθεί από το σώμα των προσβεβλημένων ακμαίων-προνυμφών στο ίδιο υλικό. Τα τρυβλία φυλάσσονται σε θερμοκρασία 25 ± 1 °C στο σκοτάδι προς επώαση και ανάπτυξη των μυκήτων. Αν κάποιος μύκητας αναπτυχθεί, απομονώνεται εκ νέου προς αποφυγή επιμολύνσεων και ανάπτυξη καθαρών καλλιεργειών και αναγνωρίζεται μέσω της μικροσκοπικής εξέτασης (όπου είναι δυνατό) για να επιβεβαιωθεί το είδος βάσει του σχήματος και του μεγέθους των σπορίων.

3.5.3 Στατιστική επεξεργασία

Η ανάλυση της διακύμανσης των μέσων όρων των τιμών των αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας την τεχνική της ανάλυσης της διακύμανσης ως προς έναν

παράγοντα (Oneway Ανονα) ήταν η θνησιμότητα των προνυμφών του εντόμου. Η σύγκριση των μέσων τιμών για τη διαπίστωση στατιστικά σημαντικών ή μη διαφορών μεταξύ των υπό μελέτη παραμέτρων έγινε με το τεστ Bonferroni για επίπεδο σημαντικότητας $P=0,05$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα ποσοστά θνησιμότητας των προνυμφών του κολεοπτέρου *T. granarium* ($F=0.333$, $df=4$, $P= 0.996$) και τα αντίστοιχα ποσοστά τους ως προς την επάνθιση μυκηλίου (Πίνακας 2.).

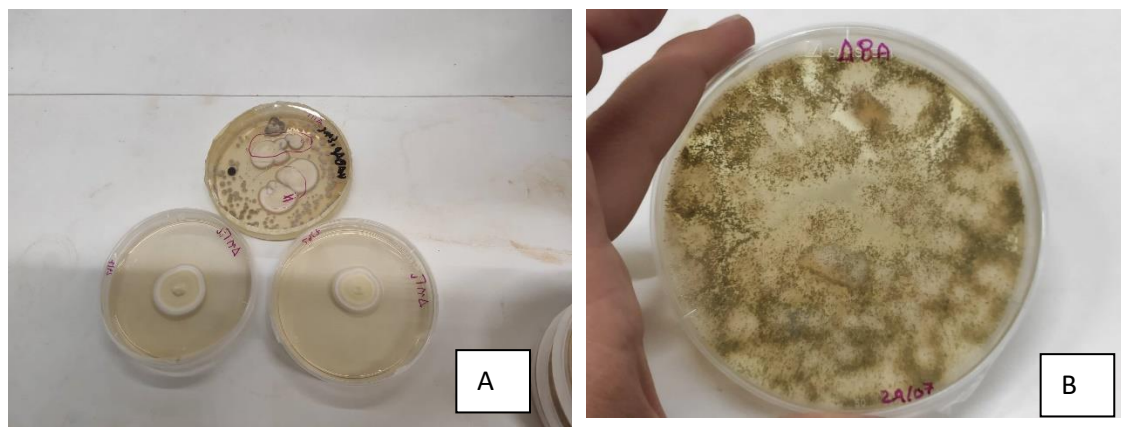
Καλλιέργεια	Ποσοστό θνησιμότητας (%±sd)	Ποσοστό επάνθισης μυκηλίου (%±sd)
Πυρηνόκαρπα	2±4a	0±0
Γιγαρτόκαρπα	6±9a	66±0
Ελιά	4±5a	100±0
Αμπέλι	3±5a	100±0
Εσπεριδοειδή	1±3a	0±0

Πίνακας 2. Ποσοστά θνησιμότητας των προνυμφών του κολεοπτέρου *T. granarium* και τα αντίστοιχα ποσοστά τους ως προς την επάνθιση μυκηλίου.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι εντομοπαθογόνοι μύκητες που ανιχνεύθηκαν μέσω της τεχνικής παγίδευσης με έντομα (bait method) (Πίνακας 3). Οι μύκητες αναγνωρίστηκαν κατόπιν μικροσκοπικής εξέτασης και παρατήρησης προκειμένου να επιβεβαιωθεί, με βάση το σχήμα και το μέγεθος των σπορίων, το είδος του εντομοπαθογόνου μύκητα που προκάλεσε τη θνησιμότητα.

ΔΕΙΓΜΑ Νο & ΗΜ/ΝΙΑ	Ημερομηνία επάνθισης	Μύκητας
Ελιά Νο1 (07.06.22)	08.06.22	<i>B. bassiana</i>
Ελιά Νο5 (07.06.22)	21.06.22	<i>B. bassiana</i>
Ελιά Νο10 (09.06.22)	14.06.22	<i>B. bassiana</i>
Γιγαρτόκαρπα Νο2 (07.06.22)	21.06.22	<i>M. anisopliae</i>
Γιγαρτόκαρπα Νο4 (07.06.22)	14.06.22	<i>M. anisopliae</i>
Αμπέλι Νο6 (07.06.22)	10.06.22	<i>B. bassiana</i>
Αμπέλι Νο8 (07.06.22)	21.06.22	<i>B. bassiana</i>

Πίνακας 3. Οι μύκητες που αναγνωρίστηκαν κατόπιν μικροσκοπικής εξέτασης των κονιδίων.



Εικόνα 23: Α) Ο εντομοπαθογόνος μύκητας *B. Bassiana* και Β) ο εντομοπαθογόνος μύκητας *M. anisopliae*, οι οποίοι απομονώθηκαν από τα εδάφη της Πανεπιστημιούπολης της Άρτας με τη χρήση *T. granarium* bait.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση μυκο-εντομοκτόνων, αν και ξεκίνησε πριν από 50 χρόνια, προχωρά με αργούς ρυθμούς και βρίσκεται πολύ πιο πίσω από τα συνθετικά χημικά εντομοκτόνα σε αποτελεσματικότητα και βαθμό προτίμησης από τους παραγωγούς. Η σταθερή ετήσια αύξηση κατά 10%, των βιολογικών σκευασμάτων στην καταπολέμηση εντόμων (Mishra et al. 2015), από τα οποία τα μυκο-εντομοκτόνα αποτελούν το 27% (Kabaluk et al. 2010), δείχνει ότι η εμπορική χρήση των EPF στα πλαίσια της IPM θα αυξηθεί δραματικά στο μέλλον.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση της χρήσης εντόμων ως δολώματα για την ανεύρεση εντομοπαθογόνων μυκήτων δείχνει διακύμανση μεταξύ χωρών που αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, οι Mietkiewski et al. (1998), Tkaczuk (2008) και Tkaczuk et al. (2012) διαπίστωσαν ότι τα *M. Anisopliae* και *I. fumosorosea* (Wize) Brown & Smith (Hypocreales: Clavicipitaceae) ήταν τα δύο πιο συχνά απομονωμένα είδη μυκήτων στα γεωργικά εδάφη της Πολωνίας, χρησιμοποιώντας το λεπιδόπτερο *Galleria mellonella* ως δόλωμα. Ωστόσο, ο εντομοπαθογόνος μύκητας *I. fumosorosea*, που χρησιμοποιείται συχνά στον βιολογικό έλεγχο, έχει σπάνια απομονωθεί, με το λεπιδόπτερο *G. mellonella* ως δόλωμα, από εδάφη στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες (Tkaczuk 2008, Keller et al. 2003, Chandler et al. 1997, Vänninen 1996, Steenberg 1995). Αυτό συνέβη και στο πείραμά μας, όπου το *I. fumosorosea* σχεδόν απουσίαζε από τα δείγματα του εδάφους μας. Αντίθετα, ο εντομοπαθογόνος μύκητας *B. bassiana* βρέθηκε να είναι το πιο συχνά απομονωμένο είδος σε πολλά μέρη όπως η Ισπανία, η Δανία, η Ιταλία, η Αλβανία, το Μεξικό και η Κορέα (Quesada-Moraga et al. 2007, Sánchez-Peña et al. 2010, Shin et al. 2013, Tarasco & Polisenio 2005, Tarasco et al. 1997). Πιο συγκεκριμένα, σε εδάφη της Νότιας Ιταλίας, ενώ ο εντομοπαθογόνος μύκητας *M. anisopliae* ήταν μάλλον σπάνια παγιδευμένος με το λεπιδόπτερο *G. mellonella* ως δόλωμα, ο εντομοπαθογόνος μύκητας *B. bassiana* αποδείχθηκε ότι είναι το κυρίαρχο είδος, υποδηλώνοντας ότι ευνοείται από το έδαφος και ιδιαίτερα από τις κλιματικές συνθήκες (Tarasco et al. 1997). Στη δική μας περίπτωση το κυρίαρχο είδος ήταν ο εντομοπαθογόνος μύκητας *B. Bassiana* και ο εντομοπαθογόνος μύκητας *M. anisopliae*. Επιπλέον, ο εντομοπαθογόνος μύκητας *B. bassiana* και ο εντομοπαθογόνος μύκητας *M. anisopliae* παρουσίασαν την υψηλότερη συχνότητα στα δείγματα εδάφους από ελιά

και αμπέλι ο πρώτος, και από την καλλιέργεια των γιγαρτοκάρπων ο δεύτερος, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι αντίστοιχες καλλιέργειες παρουσίαζαν πιθανώς υψηλές πυκνότητες αυτών των μυκήτων τη στιγμή του πειράματος. Η εμφάνιση εντομοπαθογόνων μυκήτων στο έδαφος μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες. Η επιβίωση των κονιδίων του εντομοπαθογόνου μύκητα *B. bassiana*, για παράδειγμα, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους (Lingg & Donaldson 1981), ενώ τα κονίδια του εντομοπαθογόνου μύκητα *M. anisopliae* είναι ευαίσθητα σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας του εδάφους (Raid & Cherry 1992). Τα κονίδια του *M. anisopliae* μπόρεσαν να επιβιώσουν στο έδαφος περισσότερο από αυτά του *B. bassiana* επειδή φαίνεται ότι το τελευταίο ήταν πιο ευαίσθητο στη μικροχλωρίδα του εδάφους (Bidochka et al. 1998).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ των προνυμφών του εντόμου με τη θνησιμότητα που δεν είναι στατιστικά σημαντική αλλά και του είδους του εντομοπαθογόνου μύκητα από τον οποίο προσβάλλεται. Αυτό δείχνει ότι η πανίδα των εντομοπαθογόνων μυκήτων σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το είδος των εντόμων που χρησιμοποιούνται ως δολώματα άλλα και το βιολογικό τους στάδιο. Ως εκ τούτου, η γνώση της σύνθεσης των τοπικών ειδών εντομοπαθογόνων μυκήτων στο έδαφος είναι απαραίτητη κατά την αξιολόγηση της δυνατότητας αυτής της ομάδας φυσικών εχθρών ως δεξαμενής για τον έλεγχο των παρασίτων-εντόμων σε ένα συγκεκριμένο αγροοικοσύστημα.

Η αποτελεσματικότητα των εντομοπαθογόνων μυκήτων είναι η διαδικασία με την οποία αυτοί εισέρχονται στο έντομο, μια αλληλουχία γεγονότων η οποία επηρεάζεται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες, που τελικά καθορίζουν εάν το παθογόνο θα διαρρήξει την επιδερμίδα του ξενιστή ή όχι (Mantzoukas & Eliopoulos 2020). Τέλος, το τελικό αποτέλεσμα της μόλυνσης από τους εντομοπαθογόνους μύκητες εξαρτάται από τη γενετική ικανότητα του μύκητα να μολύνει, από την ικανότητα του εντόμου να αμύνεται αλλά και από ένα μεγάλο αριθμό βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων και αλληλεπιδράσεων (Shahid et al. 2012).

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, οι περιβαλλοντικές συνθήκες (υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία) μπορεί να μειώσουν δραματικά την αποτελεσματικότητα των

εντομοπαθογόνων μυκήτων. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι ένας από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες για τη μη αποτελεσματική δράση των εντομοπαθογόνων μυκήτων. Η έκθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της βλαστικότητας των κονιδίων και της ανάπτυξης του μύκητα. Η χρήση φυσικών μέσων όπως έλαια, πηλός και χουμικό οξύ ως βοηθητικών ουσιών έχει βελτιώσει την αποτελεσματικότητά τους κατά την έκθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία (Kaiser et al. 2018).

Εν κατακλείδι, η χρήση των ολοκληρωμένων μέσων και μεθόδων παραγωγής και διαχείρισης, μέσω μελετών (Αποτελεσματικότητας, Μολυσματικότητας, Διεύρυνση καινούργιων ξενιστών, Ενδοφυτικότητα), θα δώσει τη δυνατότητα εφαρμογής σε ευρεία κλίμακα των εντομοπαθογόνων μυκήτων ως μέσα αντιμετώπισης, συνεισφέροντας ουσιαστικά στον σημαντικό και ευαίσθητο τομέα της φυτοπροστασίας. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προς την κατεύθυνση αυτή από όλους όσους λαμβάνουν μέρος σε αυτό το ευαίσθητο πλην όμως σημαντικό τομέα της γεωπονικής επιστήμης. Η διερεύνηση της χρήσης των εντομοπαθογόνων μυκήτων ως παραγόντων βιολογικής αντιμετώπισης στόχο έχει τόσο τη διασφάλιση της ποιότητας των γεωργικών προϊόντων που παράγονται στη χώρα μας, όσο και της υγείας του καταναλωτή που είναι και ο τελευταίος αποδέκτης αυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Αθανασιάδης, Χ. (2008), *Έντομα αποθηκών και μέθοδοι αντιμετώπισης τους* (Πτυχιακή εργασία), Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.
- Αρβανιτάκης, Γ. (2018), *Αξιολόγηση του carifend στα κυριότερα έντομα αποθηκών* (Μεταπτυχιακή διατριβή), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Γιαννάκη, Α. (2019), *Επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων αιθέριων ελαίων και κονιοροποιημένου φυτικού υλικού, ανθοκομικών φυτών στη θνησιμότητα τριών εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων* (Πτυχιακή εργασία), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Γκέκας, Α. & Κοσμίδου, Γ. (2022), *Επίδραση της Cyantraniliprole στην επιβίωση των ακμαίων σημαντικών εντόμων των αποθηκών Tribolium confusum ΚΑΙ Prostephanus truncates* (Πτυχιακή εργασία), Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Δοκιμάκη, Α. (2008), *Εντομολογικοί εχθροί σε αποθηκευμένα προϊόντα* (Πτυχιακή εργασία), Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηρακλείου.
- Κέντρου, Α. (2019), *Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τρόποι αντιμετώπισης* (Πτυχιακή εργασία), Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πελοποννήσου, Καλαμάτα.
- Κρητικός, Γ. Χ. (2015), *Αντιμετώπιση του Tribolium confusum με χαμηλές θερμοκρασίες* (Πτυχιακή εργασία), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Μαντζούκας, Σ. (2012), *Διερεύνηση της επίδρασης του εκχυλίσματος κρόκου στην αύξηση των εντομοπαθογόνων μυκήτων με την μέθοδο των ημιεκλεκτικών υποστρωμάτων και στην αποτελεσματικότητά τους επί των προνυμφών του εντόμου Sesamia nonagrioides* (Μεταπτυχιακή διατριβή), Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Μπαλιώτα, Γ. Β. (2017), *Αξιολόγηση εντομοκτόνων σε επιφάνειες για την αντιμετώπιση κολεόπτερον αποθηκών* (Πτυχιακή εργασία), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Ναβροζίδης, Ε. & Ανδρεάδης, Σ. (2012), *Ειδική Γεωργική Εντομολογία*, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις CCITY PUBLISH.

Παναγάκη, Μ. Α. (2019), *Ανέυρεση και ταυτοποίηση εντομοπαθογόνων μυκήτων από εδάφη του Νομού Αχαΐας* (Πτυχιακή εργασία), Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Αμαλιάδα.

Πέττας, Ι. (2017), *Χρήση εντόμων ως μέσα παγίδευσης εντομοπαθογόνων μυκήτων σε εδάφη του νομού Αχαΐας* (Πτυχιακή εργασία), Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Πλατύραχος, Α. (2010), *Διατροφικές προτιμήσεις του Tribolium sp. σε τρεις διαφορετικούς ξενιστές σε συνθήκες εργαστηρίου* (Πτυχιακή εργασία), Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.

Σταμόπουλος, Δ. Κ. (1995), *Έντομα αποθηκών, μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών*, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.

Στυλιανόπουλος, Σ. (2015), *Οι βιολογικοί τρόποι αντιμετώπισης των εχθρών και ασθενειών αποθηκευμένων προϊόντων* (Πτυχιακή εργασία), Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Buchelos, Th & Athanassiou, C. G. (1993), “Dominance and Frequency of Coleoptera Found on Stored Cereals and Cereal Products in Central Greece”, *Entomologia Hellenica*, 11, 17-22.

Bidochka, M.J., Kasperski, J.E., Wild, G.A., (1998), *Occurrence of the entomopathogenic fungi Metarhizium anisopliae and Beauveria bassiana in soils from temperate and nearnorthern habitats*, Canadian Journal of Botany- Revue Canadienne De Botanique 76, 1198–1204.

Chandler, D., Hay, D., Reid, A.P., (1997), *Sampling and occurrence of entomopathogenic fungi and nematodes in UK soils*. Applied Soil Ecology 5, 133–141.

Kabaluk, J. T., Svircev, A. M., Goettel, M. S., & Woo, S. G. (Eds.) (2010), *The use and regulation of microbial pesticides in representative jurisdictions*

- worldwide* (p. 99). International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants (IOBC).
- Kaiser, D., Bacher, S., Mène-Saffrané, L., & Grabenweger, G. (2018), *Efficiency of natural substances to protect Beauveria bassiana conidia from UV radiation*. Pest management science.
- Keller, S., Kessler, P., Schweizer, C. (2003), *Distribution of insect pathogenic soil fungi in Switzerland with special reference to Beauveria brongniartii and Metarhizium anisopliae*. BioControl 48, 307– 319.
- Lingg, A. J., & Donaldson, M. D. (1981), Biotic and abiotic factors affecting stability of Beauveria bassiana conidia in soil. *Journal of Invertebrate Pathology*, 38(2), 191-200.
- Mietkiewski, R.T., Tkaczuk, C., Smits, P.H., (1998), *The spectrum and frequency of entomopathogenic fungi in litter, forest soil and arable soil in Poland*. IOBC/WPRS 21(4), 41–44.
- Mishra, J., Tewari, S., Singh, S., & Arora, N. K. (2015), *Biopesticides: where we stand?*. In Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets (pp. 37-75). Springer, New Delhi.
- Quesada-Moraga, E., Navas- Cortes, J.A., Maranhao, A.A., Ortiz-Urquiza, A., Santiago-Alvarez, C., (2007), *Factors affecting the occurrence and distribution of entomopathogenic fungi in natural and cultivated soils*. Mycological Research 111, 947–966.
- Raid, R.N., Cherry, R.H., (1992), *Pathogenicity of Metarhizium anisopliae var. major (Metschnikoff) Sorokin to a Sugarcane Grub Ligyrus sub tropicus (Blatchley) (Coleoptera: Scarabaeidae)*. Agriculture Entomology 9(1), 11-16.
- Sánchez-Peña, S. R., Lara, J., Medina, R. F., 2010, *Occurrence of entomopathogenic fungi from agricultural and natural ecosystems in Saltillo, Mexico, and their virulence towards thrips and whiteflies*. Journal of insect science 11, 1-10.
- Shahid, A.A., Rao, A.Q., Bakhsh, A. & Husnain, T. (2012), *Entomopathogenic fungi as biological controllers: New insights into their virulence and pathogenicity*. Arch.Biol.Sci. 64(1): 21-42.

- Shin, T.Y., Lee, W.W., Ko, S.H., Choi, J.B., Bae, S.M., Choi, J.Y., Lee, K.S., Je, Y.H., Jin, B.R., Woo, S.D., (2013), *Distribution and characterization of entomopathogenic fungi from Korean soils*. *Biocontrol Science and Technology* 23, 288-304.
- S. Mantzoukas & P. Eliopoulos (2020), *Endophytic Entomopathogenic Fungi: A Valuable Biological Control Tool against Plant Pests*. *Applied Science*, SI: *Endophytic Entomopathogenic Fungi: New approach for controlling serious pests*. *Applied Science* 10 (1) 370 //doi.org/10.3390/app10010360.
- Steenberg, T., (1995), *Natural occurrence of Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. with focus on infectivity to Sitona species and other insects in Lucerne*. Ph.D. Thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.
- Tarasco, E., De Bievre, C., Papierok, B., Polisenò, M., Triggiani, O., (1997), *Occurrence of entomopathogenic fungi in soils in southern Italy*. *Entomologica* 31, 157-166.
- Tarasco, E., Polisenò, M., (2005), *Preliminary survey on the occurrence of entomopathogenic nematodes and fungi in Albanian soils*. *IOBC/WPRS* 28(3), 165–168.
- Tkaczuk, C., Krzyczkowski, T., Głuszczyk, B., Król, A., (2012), *Wpływ wybranych środków ochrony roślin na wzrost kolonii i kiełkowanie zarodników woadobójczej grzyba Beauveria bassiana (Bals.) Vuill.* *Progress in Plant Protection/Postęp w Ochronie Roślin* 52(4), 969-974.
- Tkaczuk, C., (2008), *Występowanie i potencjalny infekcyjny grzybów woadobójczych w glebach agroce-nozaj środowisk seminaturalnych w krajobrazie rolniczym. (Occurrence and infective potential of entomopathogenic fungi in the soils of agrocenoses and semi-natural habitats in agricultural landscape)*. *Rozprawa naukowa nr 94*. Wyd. Akademii Podlaskiej, Siedlce, pp. 160.
- Vänninen, I., (1996), *Distribution and occurrence of four entomopathogenic fungi in Finland: effect of geographical location, habitat type and soil type*. *Mycological Research* 1, 93-101.

