



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ *Tribolium confusum* ΓΙΑ ΤΟΝ
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΓΙΔΕΥΣΗ
ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ ΣΕ ΕΛΑΦΗ ΤΟΥ
CAMPUS ΚΩΣΤΑΚΙΩΝ ΑΡΤΑΣ»**

ΠΑΝΤΑΖΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΑΡΤΑ 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ *Tribolium confusum* ΓΙΑ ΤΟΝ
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΓΙΔΕΥΣΗ
ΕΝΤΟΜΟΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΥΚΗΤΩΝ ΣΕ ΕΛΑΦΗ ΤΟΥ
CAMPUS ΚΩΣΤΑΚΙΩΝ ΑΡΤΑΣ»**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Σπυρίδων Μαντζούκας

ΑΡΤΑ 2022

**<< USE OF INSECT BAIT *Tribolium confusum* TO FIND
AND TRAP ENTOMOPATHOGENIC FUNGI ON SOILS
IN CAMPUS AT KOSTAKIOI ARTAS >>**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- Μαντζούκας Σπυρίδων, Επιβλέπων
- Πατακιούτας Γεώργιος
- Παρασκευή Υφαντή

© ΠΑΝΤΑΖΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, 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.

ΠΑΝΤΑΖΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Υπογραφή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	10
ABSTRACT.....	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
Κεφάλαιο 1. Έντομα αποθηκών.....	13
1.1 Έντομα εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων.....	13
1.2 Κυριότερα είδη εντόμων αποθηκών.....	14
1.2.1 Τάξη των Κολεοπτέρων.....	14
1.2.2 Τάξη των Λεπιδοπτέρων.....	17
1.3 Το έντομο <i>Tribolium confusum</i> (Jacquelin du Val).....	19
1.3.1 Συστηματική κατάταξη του εντόμου <i>Tribolium confusum</i>	19
1.3.2 Γεωγραφική εξάπλωση του εντόμου.....	19
1.3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου.....	19
1.3.4 Βιολογικός κύκλος του εντόμου.....	21
1.3.5 Ζημιές και προσβολές του εντόμου.....	22
1.4 Μέθοδοι καταπολέμησης των εντόμων αποθηκών.....	23
1.4.1 Γενικά.....	23
1.4.2 Προληπτικά μέτρα αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών.....	23
1.4.3 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με χημικά μέσα.....	24
1.4.4 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με φυσικά μέσα.....	27
1.4.5 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με μηχανικά μέσα.....	28
1.4.6 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με βιοτεχνολογικά μέσα.....	29

1.4.7 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με βιολογικά μέσα.....	29
1.4.8 Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών - « Εντομόσταση »...	30
Κεφάλαιο 2. Εντομοπαθογόνοι μύκητες.....	31
2.1 Γενικά.....	31
2.2 Αναγνώριση ξενιστή – Πορεία της μόλυνσης.....	32
2.3 Προσκόλληση – Βλάστηση – Διείσδυση.....	33
2.4 Ο εντομοπαθογόνος μύκητας <i>Beauveria bassiana</i>	35
2.5 Ο εντομοπαθογόνος μύκητας <i>Metarhizium anisopliae</i>	36
Κεφάλαιο 3. Υλικά και μέθοδοι.....	37
3.1 Υλικά.....	37
3.2 Εκτροφή εντόμου <i>Tribolium confusum</i>	38
3.3 Δειγματοληψία.....	38
3.4 Επεξεργασία δειγμάτων.....	40
3.5 Πειραματική διαδικασία.....	41
3.6 Θρεπτικό υλικό Sabourose Dextrose Agar (SDA).....	41
3.7 Απομόνωση εντομοπαθογόνων μυκήτων.....	42
3.8. Στατιστική Επεξεργασία.....	42
Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα.....	43
Κεφάλαιο 5. Συζήτηση.....	44
Βιβλιογραφία.....	46

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την επιτυχή πραγματοποίηση αυτής της μελέτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους συνέβαλαν και με βοήθησαν με οποιοδήποτε τρόπο.

Πιο συγκεκριμένα:

- Τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου **Δρ. Μαντζούκα Σπυρίδων**, πρωτίτως για την ανάθεση της μελέτης μου και δευτερευόντως για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες γνώσεις που μου παρείχε, καθ' όλη την διάρκεια 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 **Μπιστιώλη Κωνσταντίνο** για την αμοιβαία συνεισφορά και συνεργασία μας στο χώρο του εντομοτροφείου κατά την διάρκεια του πειραματικού μέρους της πτυχιακής μου.
- Την υποψήφια διδάκτωρ **Κίτσιου Φωτεινή**, για την αρχική καθοδήγηση όσον αφορά τον κόσμο των εντόμων και τις γνώσεις που μας παρείχε πάνω στις εκτροφές τους.
- Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω το προσωπικό του **Πανεπιστημίου Ιωαννίνων** για την διάθεση του χώρου του εντομοτροφείου και του εξοπλισμού που χρειάστηκαν για την ολοκλήρωση του πειράματός μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα έντομα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα προκαλούν ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση τους, με αποτέλεσμα η αντιμετώπιση των πληθυσμών αυτών να κρίνεται απολύτως απαραίτητη. Η παρούσα πτυχιακή εργασία σχετίζεται με την αναζήτηση και απομόνωση εντομοπαθογόνων μυκήτων χρησιμοποιώντας τα έντομα αποθηκών ως μέσα παγίδευσης. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ήδη υπάρχουσα Galleria bait method με την διαφορά όμως ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το έντομο *Tribolium confusum*.

Αρχικά, αναφέρονται τα κυριότερα είδη εντόμων αποθηκών (Coleoptera, Lepidoptera) καθώς και το *T. confusum* το οποίο αναλύεται εκτενέστερα. Στη συνέχεια, γίνεται λόγος σε διάφορες μεθόδους αντιμετώπισης των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων (χημικές, φυσικές, μηχανικές, βιοτεχνολογικές, βιολογικές) και στα κυριότερα είδη εντομοπαθογόνων μυκήτων. Όσον αφορά την πειραματική διαδικασία διεξήχθη στην Πανεπιστημιούπολη των Κωστακίων Άρτας, όπου από εδάφη διαφόρων καλλιεργειών (ελιές, εσπεριδοειδή, γιγαρτόκαρπα, πυρηνόκαρπα και αμπέλι) ελήφθησαν δείγματα χώματος στα οποία τοποθετήθηκαν ακμαία *T. confusum*, αφότου τα δείγματα υπέστησαν κατάλληλη επεξεργασία (λειοτρίβιση, κοσκίνισμα). Το πείραμα διήρκησε συνολικά 14 ημέρες εκ των οποίων οι πρώτες 7 αφορούσαν την καταμέτρηση της θνησιμότητας των ακμαίων και την τοποθέτηση των νεκρών σε τρυβλία Petri. Οι επόμενες 7 αφορούσαν την παρακολούθηση της πορείας εμφάνισης επανθίσεων στα τρυβλία. Τέλος, οι επανθίσεις των μυκηλίων αφότου απομονώθηκαν, εμβολιάστηκαν σε θρεπτικό υλικό (SDA) για την εξασφάλιση καθαρών καλλιεργειών και την αποφυγή επιμολύνσεων.

Το αποτέλεσμα ήταν η εμφάνιση επανθίσεων σε δύο δείγματα χώματος καλλιέργειας γιγαρτοκάρπων, και ύστερα από μικροσκοπική παρατήρηση, η εξαγωγή του εντομοπαθογόνου μύκητα *Metarhizium anisopliae*.

Εν κατακλείδι, η πτυχιακή αυτή εργασία έχει ως απώτερο σκοπό να συμβάλλει στη διερεύνηση της χρήσης των εντομοπαθογόνων μυκήτων ως παραγόντων βιολογικής αντιμετώπισης, τόσο για τη διασφάλιση της ποιότητας των γεωργικών προϊόντων, όσο και της υγείας του καταναλωτή που είναι και ο τελικός αποδέκτης.

ABSTRACT

Treatment of the insects which damage stored agricultural products and cause decrease of their quantity and quality, is deemed as necessary. This study is related to the research and isolation of entomopathogenic fungi using storage insects as means of trapping. This method is based on the already existing *Galleria* bait method with the difference on this occasion, that the insect *Tribolium confusum* was used.

On the first part of this study, the main species of storage insects are referred (Coleoptera, Lepidoptera) as well as the insect *T.confusum* which is analyzed more extensively. Subsequently, various methods to treat the enemies of stored agricultural products are discussed (chemical, physical, mechanical, biotechnological, biological) and the main species of entomopathogenic fungi are highlighted as well. Regarding the experimental procedure, it was carried out at the Campus of Kostakioi Artas, where from soils of various cultivated trees (olive trees, citrus fruit trees, jackfruit trees, stone fruit trees and vineyard) soil samples were received in which adult *T.confusum* were added after these samples were treated properly (grinding, sieving). The experiment lasted 14 days out of which the first 7 were dedicated to the measurement of the mortality of the adult insects and their placement in Petri dishes. The following 7 days were dedicated to the observation of Petri dishes for growing mycelium. Lastly, after the growing mycelium's isolation, it was vaccinated on nutrient material (SDA) to ensure pure fungi cultivations and to avoid contamination.

The result of the experiment was the appearance of growing mycelium and after microscopic observation, the extraction of *M.anisopliae* fungi from two soil samples of jackfruit trees.

Finally, this study aims to contribute to the research of using entomopathogenic fungi as a biological treatment method, firstly to maintain products quality and secondly, to ensure consumer's health.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

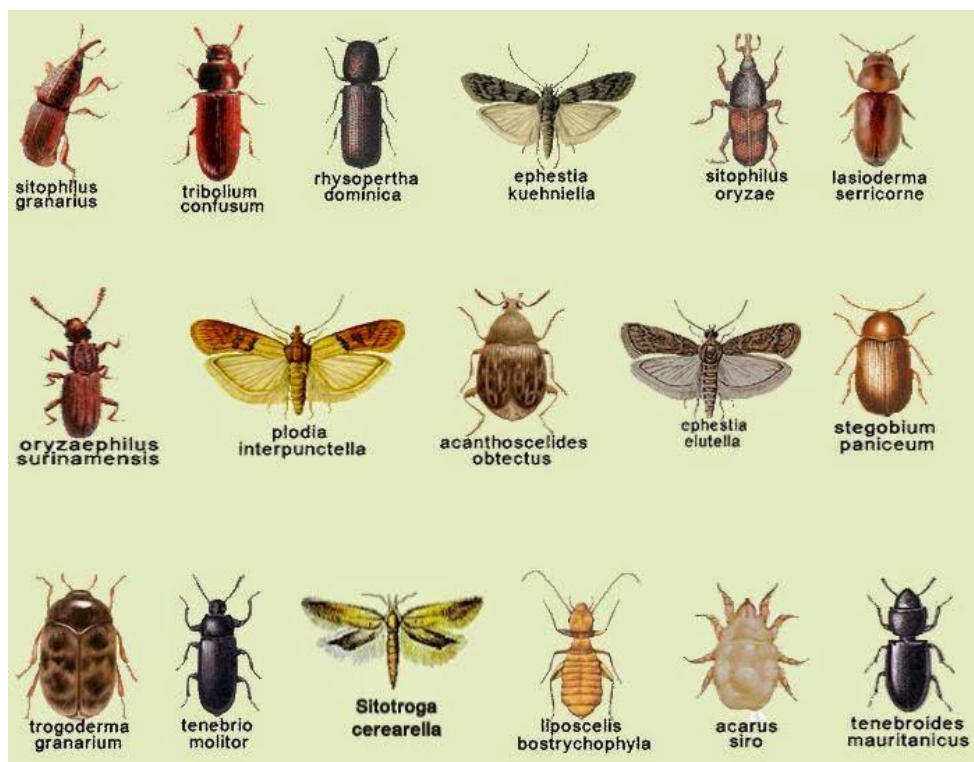
Από την αρχαιότητα στο ανθρώπινο είδος, υπήρχε η ανάγκη για την παραγωγή και την αποθήκευση γεωργικών προϊόντων. Τα παραγόμενα αγαθά προορίζονταν για διάφορους σκοπούς, όπως την μεταποίηση, τη μεταφορά ή την κατανάλωση καθώς επίσης και την αποθήκευση, με στόχο την μακροχρόνια διατήρησή τους. Η πάροδος των χρόνων σε συνδυασμό με την ταχεία αύξηση του πληθυσμού της γης, αναδείκνυε ολοένα και περισσότερο την έντονη ανάγκη για αύξηση της παραγωγής των βρώσιμων γεωργικών προϊόντων, ώστε να καλύπτονται διαρκώς οι αυξανόμενες απαιτήσεις των ανθρώπων για τροφή (Κέντρου, 2018). Ωστόσο, ο άνθρωπος βρέθηκε γρήγορα αντιμέτωπος με διάφορους νοσογόνους παράγοντες, οι οποίοι έπλητταν τα γεωργικά προϊόντα, τόσο στην ύπαιθρο όσο και στους χώρους αποθήκευσής τους (Στυλιανόπουλος, 2012). Η ανάπτυξη πληθυσμών διαφόρων επιβλαβών αρθροπόδων, όπως έντομα και ακάρεα αλλά και παθογόνων, προκαλεί σημαντική ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση, με αποτέλεσμα την απώλεια της παραγωγής. Επιπροσθέτως, η ανάπτυξη τέτοιων ανεπιθύμητων πληθυσμών στα γεωργικά προϊόντα, είναι εφικτό να δημιουργήσει πολλά προβλήματα υγείας στους καταναλωτές (Κέντρου, 2018). Τα έντομα εκείνα που προσβάλλουν και ζημιώνουν ένα προϊόν και αναπτύσσονται και αναπαράγονται στο εσωτερικό των αποθηκών, τα ονομάζουμε "έντομα των αποθηκευμένων προϊόντων" (Μπαλιώτα, 2017). Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα έντομα των αποθηκών, σε μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιούνται διάφορες χημικές μέθοδοι και μέσα, όπως για παράδειγμα απολυμάνσεις των χώρων αποθήκευσης και ψεκασμοί προϊόντων με διάφορα φυτοπροστατευτικά σκευάσματα. Ωστόσο, οι χημικές αυτές μέθοδοι, αποδεικνύονται συνεχώς βλαβερές για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Ως αποτέλεσμα, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα φυσικά, μηχανικά αλλά και βιολογικά μέσα, που συνδυάζουν την αποτελεσματική αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών και τη διατήρηση της ανθρώπινης και της περιβαλλοντικής υγείας. Ένα από αυτά, είναι η χρήση εντομοπαθογόνων μυκήτων ως μέσο αντιμετώπισης εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η αναζήτηση εντομοπαθογόνων μυκήτων σε εδάφη της Πανεπιστημιούπολης των Κωστακίων Άρτας, καθώς και η εξέταση, αν οι μύκητες αυτοί είναι ικανοί να θανατώσουν ακμαία άτομα *Tribolium confusum*. Η αναζήτηση έγινε σε χώμα καλλιεργειών ελιάς, εσπεριδοειδών, πυρηνοκάρπων, γιγαρτοκάρπων και αμπέλου.

Κεφάλαιο 1- Έντομα αποθηκών

1.1 Έντομα-εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων

Ως έντομα-εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων, ονομάζουμε τα έντομα εκείνα τα οποία αναπτύσσονται και αναπαράγονται σε εδώδιμα ή μη προϊόντα, είτε κατά την διάρκεια της επεξεργασίας είτε κατά την διάρκεια της αποθήκευσης τους (Εικόνα 1) (Κέντρου, 2018). Η πλειοψηφία των εντόμων αποθηκών, ανήκουν στην τάξη των Κολεοπτέρων αλλά και στην τάξη των Λεπιδοπτέρων σε μικρότερη συχνότητα (Buchelos, Athanassiou, 1993). Τα έντομα αυτά, αναλόγως την οικογένεια και τις προτιμήσεις που έχουν σε τροφή κατατάσσονται σε ομάδες. Παρατηρούνται λοιπόν κατηγορίες εντόμων, που προτιμούν καρπούς από ένα μόνο είδος ή οικογένεια, όπως για παράδειγμα τα Κολεοπτέρα της οικογένειας *Bruchidae* ή έντομα που προτιμούν ποικιλία ειδών αποθηκευμένων προϊόντων, όπως δημητριακά, σιτηρά, αλεύρι κ.α. (Γκέκας, Κοσμίδου, 2022). Έντομα όπως το *Tribolium confusum*, το *Trogoderma granarium* προτιμούν ήδη προσβεβλημένους ή σπασμένους σπόρους, ενώ έντομα όπως το *Sitophilus granarius* τρέφονται, αναπτύσσονται και αναπαράγονται σε έναν μόνο σπόρο (Γκέκας, Κοσμίδου, 2022).



Εικόνα. 1. Έντομα-εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων.

1.2 Κυριότερα είδη εντόμων αποθηκών

1.2.1 Τάξη των Κολεοπτέρων

- Οικογένεια *Curculionidae*

Sitophilus granarius (Linneus)

Ενήλικο: Το μήκος του είναι 3-5 mm και έχει σκούρο καστανό έως μαύρο χρώμα. Φέρει χαρακτηριστικές αυλακώσεις-βοθρία στον προθώρακα. Το οπίσθιο ζεύγος πτερύγων απουσιάζει (Εικόνα 2) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προνύμφη: Άποδη, σκαραβαιοειδής και φέρει υπόλευκο έως υποκίτρινο χρώμα (Εικόνα 2) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Παρουσιάζει 4-5 γενεές/έτος. Ο βιολογικός του κύκλος σε θερμοκρασίες 22-25 °C διαρκεί 38-40 ημέρες και γεννά έως 400 ωά σε τρύπες που ανοίγει σε κάθε σπόρο (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προσβολή: Την προσβολή προκαλεί τόσο η pronύμφη, όσο και το ενήλικο κυρίως σε σπόρους σιτηρών και σε συμπαγή αμυλούχα προϊόντα, στα οποία προκαλεί ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Άλλα γνωστά είδη του γένους *Sitophilus* είναι το *S.oryzae* (L.) και *S.zea mays* (Motschulsky) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).



Εικόνα. 2 Ενήλικο και pronύμφη *S.granarius*.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Sitophilus#/media/File:Sitophilus.granarius.jpg>

<https://www.alamy.com/stock-photo-wheat-weevil-also-known-as-the-grain-weevil-or-granary-weevil-sitophilus-174607559.html?imageid=AAA38BE2-B45A-4CFA-82D1-F409319E82F4&p=597972&pn=1&searchId=fa46070a94c8ebb89b9ba815e09c6f49&searchtype=0>

- Οικογένεια *Dermestidae*

Trogoderma granarium (Everts)

Ενήλικο: Έχει σχήμα ωσειδές, χρώμα ανοιχτό καστανό και μήκος 2-3 mm. Τα έλυτρά του είναι σκούρα καστανά ή μαύρα, επενδεδυμένα με σχεδόν λευκές τρίχες. Τα αρσενικά είναι μικρότερα από τα θηλυκά (Εικόνα 3) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προνύμφη: Έχει χρώμα κιτρινωπό ή ανοιχτό καστανό και μήκος περίπου έως και 5 mm. Φέρει μακριές και λεπτές κιτρινωπές τρίχες, οι οποίες εκφύονται σε ολόκληρο το σώμα της (Εικόνα 3) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Ο βιολογικός κύκλος του διαρκεί 18 ημέρες σε θερμοκρασία 35 °C και σχετική υγρασία 73%, αλλά δραστηριοποιείται σε φάσμα θερμοκρασιών μεταξύ 21 έως 40 °C. Η χαμηλή σχετική υγρασία δεν φαίνεται να το επηρεάζει αρνητικά (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προσβολή: Πρόκειται για πολυφάγο είδος, το οποίο σε αντίθεση με άλλα *Dermestidae* μπορεί να τραφεί τόσο με καλαμπόκι όσο και με σιτηρά. Σε πολλές χώρες θεωρείται έντομο καραντίνας (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).



Εικόνα. 3 Ενήλικα και προνύμφη *T. granarium*.

https://www.google.com/search?q=trogoderma+granarium&rlz=1C1MSIM_enGR683GR683&sxsrf=A_LiCzsZqxL1tdFqTWCELbnI-lvuOK5NPBQ:1658580262171&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjPru76hI_5AhVZg_0HHafJBUwQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1920&bih=947&dpr=1#imgrc=Qw2cp8aj-Pj-M

- Οικογένεια Cucujidae

Cryptolestes ferrugineus (Stephens)

Ενήλικο: Μικροσκοπικό έντομο με 1.5-2 mm μήκος. Το σώμα του έχει καστανέρυθρο χρωματισμό και είναι επίμηκες (Εικόνα 4) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Σε θερμοκρασίες 21-38 °C και με σχετική υγρασία 75%, ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί 103-117 ημέρες, ενώ μπορεί να μειωθεί στις 22-24 μέρες κάτω από ευνοϊκές συνθήκες (32-35 °C και 75% σχετική υγρασία). Το θηλυκό εναποθέτει έως και 500 ωά. (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προσβολή: Είναι δευτερογενής εχθρός των δημητριακών και των προϊόντων τους και προσβάλλει κακής υγειονομικής κατάστασης προϊόντα (σπασμένους, μουχλιασμένους σπόρους με υψηλότερη του επιτρεπτού υγρασία) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).



Εικόνα. 4 Ενήλικο *C.ferrugineus*.

https://ukrbin.com/show_image.php?imageid=25901

1.2.2 Τάξη των Λεπιδοπτέρων

- Οικογένεια *Gelechiidae*

Sitotroga cerealella (Oliver)

Ενήλικο: Έχει μήκος περίπου 15 mm με τις πρόσθιες πτέρυγες να είναι στενόμακρες, ανοιχτού κιτρινότεφρου χρώματος και τις οπίσθιες τεφρού (Εικόνα 5) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προνύμφη: Ανοιχτό καστανό ή υπόλευκο χρώμα (Εικόνα 5) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Απαντάται συχνότερα σε εύκρατες και τροπικές περιοχές. Έχει 2-4 γενεές/έτος, η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του είναι 28-30 °C. Ο βιολογικός κύκλος διαρκεί περίπου 35 ημέρες υπό ιδανικές συνθήκες (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προσβολή: Προσβάλλει κατά το προνυμφικό στάδιο αποθηκευμένους σπόρους σιτηρών, σόργου, καλαμποκιού, ρυζιού κ.α. (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).



Εικόνα. 5 Pronύμφη, larva και ενήλικο *S.cerealella*.

<https://www.alamy.com/the-angoumois-grain-moth-sitotroga-cerealella-caterpillar-pupa-and-adult-insect-it-is-an-important-pest-of-stored-grains-of-cereals-maize-rice-image397421393.html>

- Οικογένεια Pyralidae

Plodia interpunctella (Hübner)

Ενήλικο: Οι πρόσθιες πτέρυγες έχουν καστανέρυθρο χρώμα κατά το ήμισυ και αργυρόλευκο χρώμα το υπόλοιπο. Η κεφαλή και ο θώρακας είναι καστανέρυθρα και το συνολικό μήκος του ενήλικου είναι περίπου 10 mm (Εικόνα 6) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Ωό: Έχει ελαφρά ανώμαλη επιφάνεια, είναι ελλειψοειδές και υπόλευκο (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προνύμφη: Η κεφαλική της κάψα και η θωρακική πλάκα είναι καστανές, ενώ το υπόλοιπο σώμα της έχει χρώμα υπόλευκο που αργότερα γίνεται υπορόδινο. Το χρώμα της εξαρτάται αρκετά από το είδος της τροφής (Εικόνα 6) (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Βιολογία: Έχει 4-6 γενεές/έτος, αλλά μπορεί να φτάσει και τις 8 σε πιο θερμές περιοχές. Η διάρκεια ανάπτυξης ποικίλλει αναλόγως των περιβαλλοντικών συνθηκών και της τροφής, από περίπου 22 έως 60 ημέρες με εργαστηριακές μετρήσεις. Το έντομο διαπαύει ως ανεπτυγμένη προνύμφη 5^{ης} ηλικίας, λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων και παύσης της τροφικής δραστηριότητάς του (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).

Προσβολή: Προσβάλλει κατά το προνυμφικό στάδιο σπόρους, δημητριακά, κόκκους κακάο, προϊόντα αμύλου, ξηρά λαχανικά κ.α. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται στα προσβεβλημένα προϊόντα μετάξινοι ιστοί (Ε. , Ι. Ναβροζίδης , Σ. , Σ. Ανδρεάδης 2012).



Εικόνα. 6 Προνύμφη και ενήλικο *P.interpunctella*.

<https://gr.dreamstime.com/%CE%B9%CE%BD%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%8C-mealmoth-plodia-interpunctella-%CE%B5%CE%BD%CF%8C%CF%82-%CF%80%CF%85%CF%81%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%B5%CE%B9%CE%B4%CE%BF%CF%8D%CF%82-%CF%83%CE%BA%CF%8E%CE%BB%CE%B7%CE%BA%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CE%BD%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82-image209607532>

1.3 Το έντομο *Tribolium confusum* (Jacquelin du Val)

1.3.1 Συστηματική κατάταξη του εντόμου *Tribolium confusum*

Το σκαθαροειδές έντομο *Tribolium confusum* (Jacquelin du Val, 1863), ανήκει στην οικογένεια Tenebrionidae των Κολεοπτέρων (Πίνακας 1) και είναι ένα ολομετάβολο έντομο. Καθώς τροφή του αποτελούν το αλεύρι, το σιτάρι, η βρώμη και το καλαμπόκι, το έντομο αυτό χαρακτηρίζεται ως το Σκαθάρι ή η Ψείρα των σιτηρών (Κοσμίδου, Γκέκας 2022).

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

Πίνακας 1. Συστηματική κατάταξη του εντόμου *Tribolium confusum*.

<https://www.cabi.org/isc/datasheet/54668#toDistributionMaps>

1.3.2 Γεωγραφική εξάπλωση του εντόμου

Το *Tribolium confusum* αποτελεί κοσμοπολίτικο είδος, αρκετά διαδεδομένο σε πολλά μέρη του κόσμου. Είναι γνωστό από την αρχαιότητα για τις ζημιές που προκαλεί και εμφανίζεται κυρίως λόγω της αναμόλυνσης των αποθηκευτικών υλικών και των μέσων μεταφοράς. Εντοπίστηκε σε τάφους των Φαραώ της Αιγύπτου το 2.500 π.Χ. καθώς και στον ελλαδικό χώρο, όπου υπάρχουν αναφορές για προσβολές σε αποξηραμένη σταφίδα και αποθηκευμένα σιτηρά (Πλατύραχος, 2010).

1.3.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του εντόμου

Ενήλικο: Το σώμα του έχει μήκος 3-4 mm και είναι επίμηκες, πεπλατυσμένο, λείο χωρίς τρίχες. Το χρώμα του είναι ερυθροκαστανό και έχει την δυνατότητα να πετά. Το επιθωράκιο και η κεφαλή, φέρουν πολυάριθμα μικρά στίγματα-αδένες, τα οποία

εκκρίνουν διάφορες ουσίες, που προσδίδουν δυσάρεστη οσμή στα προϊόντα που προσβάλλουν (Εικόνα 7) (Κρητικός, 2015).

Νύμφη: Έχει μήκος 3-4 mm και χρώμα άσπρο προς ελαφρύ καφέ (Εικόνα 8) (Κρητικός, 2015).

Προνύμφη: Είναι ωχροκίτρινη, ευκέφαλη και έχει καφέ χρώμα. Το μήκος της εκτείνεται στα 4-5 mm και το σώμα της είναι επίμηκες, φέρει νευρώσεις και έχει 3 ζεύγη ποδιών. Στα πλάγια του σώματος, υπάρχουν τρίχες και το τελευταίο κοιλιακό τμήμα είναι χιτινισμένο και φέρει δικρανοειδή απόφυση. Επιπροσθέτως, στα τελευταία προνυμφικά στάδια η προνύμφη παίρνει χρώμα κιτρινοκαστανό και το χιτινισμένο δερμάτιό της γίνεται σκληρότερο (Εικόνα 7) (Κρητικός, 2015).

Ωό: Το ωό έχει χρώμα υπόλευκο με χαρακτηριστικά εξαρτήματα, μέσω των οποίων δύναται να προσκολλάται στις διάφορες επιφάνειες. Το μήκος του εκτείνεται στα 0.6 mm (Εικόνα 8) (Κρητικός, 2015).



Εικόνα. 7 Ακμαίο και προνύμφη *Tribolium confusum*.

<https://www.alphaapolykantiki.gr/wp-content/uploads/2016/11/Tribolium-confusum.jpg>

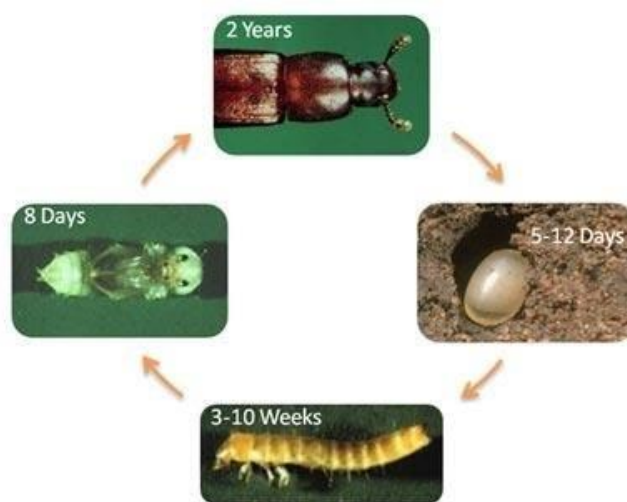


Εικόνα. 8.Ωό, προνύμφη και νύμφη *Tribolium confusum*.

https://www.agric.wa.gov.au/sites/all/modules/custom/seed_tools/pestweb/images/conflour2degesch.jpg

1.3.4 Βιολογικός κύκλος του εντόμου

Ο βιολογικός κύκλος του εντόμου διαρκεί περίπου 7-12 εβδομάδες (Εικόνα 9) και υπάρχουν περίπου 3-5 γενεές/έτος (Κρητικός, 2015). Μπορούν να αναπτυχθούν και σε μη θερμαινόμενους χώρους, όπου έχουν 2 έως 5 γενεές/έτος (Δοκιμάκη, 2005). Διαχειμάζουν μέσα στο αλεύρι ή στους σπόρους των ξενιστών τους (Ναβροζίδης, Ανδρεάδης, 2012). Παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η καταλληλότητα της τροφής παίζουν καθοριστικό ρόλο στον βιολογικό κύκλο με θερμοκρασίες ανάπτυξης τους 28-30 °C και ποσοστά σχετικής υγρασίας 70-90% (Ναβροζίδης, Ανδρεάδης, 2012). Να επισημανθεί, πως τα ενήλικα έχουν την δυνατότητα να ζήσουν για περισσότερο από 3 έτη, αναλόγως την επάρκεια της τροφής και τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες (Κρητικός, 2015). Τα θηλυκά, γεννούν 300-400 ωά σε χρονικό διάστημα 5 έως 8 μηνών και μπορούν να ζουν περίπου 2 χρόνια. Τα αυγά εκκολάπτονται σε εύρος θερμοκρασιών μεταξύ 15 έως 40 βαθμών Κελσίου και οι προνύμφες αναπτύσσονται για 22 έως 100 ημέρες περίπου (Κρητικός, 2015). Το στάδιο της νύμφωσης, στο οποίο πραγματοποιείται μεταμόρφωση της νύμφης σε ενήλικο άτομο διαρκεί 7-8 ημέρες. Έχει παρατηρηθεί, πως το έντομο αναπτύσσεται καλύτερα και ταχύτερα σε σπασμένους σπόρους παρά σε ολόκληρους, όπου η παρουσία του περισπερμίου αποτελεί εμπόδιο, για την είσοδο του εντόμου στο εσωτερικό τους (Πλατύραχος, 2010). Τέλος, εκδηλώνεται το φαινόμενο του κανιβαλισμού στα ενήλικα, όπου σε συνθήκες έλλειψης τροφής τρέφονται με προνύμφες, ωά και νεκρά έντομα (Κρητικός, 2015).



Εικόνα. 9. Βιολογικός κύκλος του *Tribolium confusum*.

https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-red-flour-beetle_fig3_318597632

1.3.5 Ζημιές και προσβολές του εντόμου

Το *Tribolium confusum*, εντοπίζεται συνηθέστερα σε αποθήκες όπου υπάρχουν ενσασκισμένοι σπόροι ή σωροί σπόρων και αλεύρων. Μπορεί επίσης να εντοπιστεί σε αλευρόμυλους και σε μέρη όπου γίνεται επεξεργασία αμυλούχων προϊόντων (Κρητικός, 2015). Παρόλο που ο άνθρωπος και τα ζώα δεν προσβάλλονται, τα προσβεβλημένα από *T.confusum* προϊόντα, έχει βρεθεί ότι περιέχουν κινόνες οι οποίες παράγονται από άλλα έντομα και είναι υπεύθυνες για παθήσεις όπως δερματίτιδες, φλύκταινες, ερεθισμούς στα μάτια ακόμη και καρκινογενέσεις (Κρητικός, 2015). Η κύρια πηγή τροφής (Εικόνα 10) για τα ενήλικα και τις προνύμφες *T.confusum*, είναι το αλεύρι σιταριού, σόγιας, καλαμποκιού καθώς και πίτουρα, κριθάρι, βρώμη, ρύζι και βρίζα (Κρητικός, 2015). Οι προνύμφες καθώς τρέφονται, αφήνουν αποχωρήματα τα οποία, προσδίδουν στο αλεύρι έναν γκρι-καφέ χρωματισμό, ενώ τα ενήλικα από τους αδένες που διαθέτουν στον θώρακα και στην κεφαλή, απελευθερώνουν ουσίες οι οποίες δίνουν δυσάρεστη οσμή στα προσβεβλημένα προϊόντα. Σε κάθε περίπτωση, το αποτέλεσμα της προσβολής είναι τόσο η ποσοτική όσο και η ποιοτική υποβάθμιση της ποιότητας τους (Κοσμίδου, Γκέκας, 2022). Να σημειωθεί, ότι ολόκληροι και υγιείς σπόροι δεν προσβάλλονται από *T.confusum* (Πλατύραχος, 2010).



Εικόνα. 10. Ακμαία και προνύμφη *T.confusum* τρέφονται από αλεύρι και σπόρους.

<https://www.alamy.com/the-food-pest-confused-flour-beetle-tribolium-confusum-in-wheat-flour-image261707709.html>

<https://www.shutterstock.com/image-photo/larva-beetle-confused-flour-tribolium-confusum-1610097304>

1.4 Μέθοδοι καταπολέμησης των εντόμων αποθηκών

1.4.1 Γενικά

Κατά την διαδικασία αποθήκευσης των γεωργικών προϊόντων, οι απώλειες που προκύπτουν είναι σε πολλές περιπτώσεις σημαντικές και άλλοτε μη αναστρέψιμες. Για τον λόγο αυτό, μεγάλη σημασία έχει τόσο η προστασία των χώρων αποθήκευσης, όσο και των ίδιων των προϊόντων που πρόκειται να αποθηκευτούν. Αρκετά συχνά, παρά τα προληπτικά μέτρα τα οποία λαμβάνονται, εντοπίζονται προσβολές στα αποθηκευμένα προϊόντα που είναι αναγκαίο να αντιμετωπίζονται άμεσα (Κοσμίδου, Γκέκας, 2022).

Αν και η αποτελεσματικότερη μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών είναι η χημική, έχει αποδειχθεί πως προκαλεί αρκετά προβλήματα στο περιβάλλον και την δημόσια υγεία. Επιπροσθέτως, με την συχνή χρήση φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων, τα έντομα αναπτύσσουν ανθεκτικότητα με την πάροδο του χρόνου (Κοσμίδου, Γκέκας, 2022). Ως αποτέλεσμα αυτών, η αναζήτηση και εξέλιξη νέων μεθόδων αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών, κρίνεται αναγκαία. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί, εκτός των χημικών, και φυσικά, μηχανικά, βιοτεχνολογικά και βιολογικά μέσα αντιμετώπισης, τα οποία εφαρμόζονται είτε συνδυαστικά είτε μεμονωμένα, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη αποτελεσματικότητα (Κοσμίδου, Γκέκας, 2022).

1.4.2 Προληπτικά μέτρα αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών

Με τον όρο "πρόληψη", εννοούμε κάθε μέτρο το οποίο λαμβάνεται ώστε να παρεμποδιστεί εξ αρχής, η είσοδος των εντόμων τόσο στον χώρο αποθήκευσης όσο και στο ίδιο το προϊόν (Μπαλιώτα, 2017). Τα λαμβανόμενα προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση εντομολογικών προσβολών στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας ή αποθήκευσης των προϊόντων είναι:

- Ο κατάλληλος σχεδιασμός των αποθηκών και των βιομηχανιών παραγωγής τροφίμων και η σωστή χωροταξική μελέτη αυτών (Σταμόπουλος, 1990).
- Η σχολαστική καθαριότητα των χώρων (Σταμόπουλος, 1990).

- Η αποφυγή εισόδου εντόμων στις εγκαταστάσεις, μέσω της απόρριψης προσβεβλημένων προϊόντων και με τακτικούς υγειονομικούς ελέγχους (Σταμόπουλος, 1990).
- Για την έγκαιρη επισήμανση τυχόν προσβολής, απαραίτητη είναι η ύπαρξη λεπτομερούς προγράμματος ελέγχου, η χρήση κατάλληλων παγίδων (τύπου δέλτα, κολλητικές, φερομονικές, τροφικές) καθώς και η ύπαρξη καταλόγου ευαίσθητων περιοχών ή σημείων της εγκατάστασης (Σταμόπουλος, 1990).

1.4.3 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με χημικά μέσα

Η χημική αντιμετώπιση αποτελεί την πιο αποτελεσματική μέθοδο καταπολέμησης των εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων. Τα χημικά μέσα κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες (Κοσμίδου, Γκέκας, 2022).

A. Εντομοκτόνα επαφής

Τα περισσότερα εντομοκτόνα επαφής, κατά των εντόμων αποθηκών, κυρίως είναι οργανικές ουσίες. Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα είναι τα οργανοφωσφορικά, τα καρβαμιδικά, τα πυρεθρινοειδή και όπου δεν έχουν απαγορευτεί, οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (Αθανασιάδης, 2007). Να επισημανθεί, πως λόγω του υψηλού κινδύνου ύπαρξης τοξικών υπολειμμάτων οι απεντομώσεις με εντομοκτόνα επαφής έχουν εγκαταλειφθεί (Αθανασιάδης, 2007).

B. Καπνιστικά εντομοκτόνα (καπνογόνα)

Στη γεωργική φαρμακολογία, τα καπνογόνα είναι χημικές ουσίες, οι οποίες δρουν με ατμούς και έχουν τοξική επίδραση στα παράσιτα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα, καλλιέργειες ή διάφορα υλικά. Καθώς η χρήση τους είναι δύσκολη και επικίνδυνη, πρέπει να γίνεται από ειδικευμένο προσωπικό με μεγάλη προσοχή και αυστηρή τήρηση των οδηγιών χρήσεως (Αρβανιτάκης, 2018). Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η χρήση τους, είναι ότι λόγω του ατμού διεισδύουν σε σημεία και χώρους, όπου άλλα μέσα καταπολέμησης αδυνατούν να εισχωρήσουν. Επίσης, έχουν την ικανότητα να μεταδίδονται γρήγορα στον χώρο. Τα σημαντικότερα καπνογόνα που εφαρμόζονται για την καταπολέμηση των εντόμων αποθηκών, είναι η φωσφίνη (PH_3) και το βρωμιούχο μεθύλιο (CH_3BR). Οι δύο αυτές ουσίες, είναι ισχυρά δηλητήρια και για τον λόγο αυτό πρέπει να εφαρμόζονται σε άδειους χώρους

αποθήκευσης, προτού γίνει η εισαγωγή των προϊόντων. Να επισημανθεί, πως το βρωμιούχο μεθύλιο παρουσιάζει καρκινογόνες δράσεις (Κοσμίδου, Γκέκας, 2022).

Απαραίτητο κρίνεται κατά την επιλογή ενός καπνιστικού εντομοκτόνου, να λαμβάνονται υπόψη ορισμένοι σημαντικοί παράγοντες:

α) Το σημείο ζέσεως του καπνιστικού

Το σημείο ζέσεως πρέπει να είναι χαμηλό, ώστε σε μικρό χρονικό διάστημα να επιτυγχάνεται η εξαέρωσή του φαρμάκου (Αθανασιάδης, 2007).

β) Το μέγιστο συγκέντρωσης της τοξικής ουσίας

Το μέγιστο βάρος μιας χημικής ουσίας που μπορεί να υπάρξει σε αέρια μορφή, σε δεδομένο χώρο, εξαρτάται από το μοριακό της βάρος. Βάση αυτού, δεν υπάρχει δυνατότητα εξάτμισης μεγαλύτερης δόσης καπνιστικού από αυτή που μπορεί να υπάρξει σε αέρια μορφή στον συγκεκριμένο χώρο (Αθανασιάδης, 2007).

γ) Η διάχυση και η διεισδυτικότητα

Η διάχυση ενός αερίου εξαρτάται από το μοριακό του βάρος. Τα "ελαφρύτερα" αέρια διαχέονται ταχύτερα από τα "βαρύτερα" (Αθανασιάδης, 2007).

δ) Το ειδικό βάρος και η κατανομή του καπνιστικού

Τα περισσότερα καπνιστικά, με εξαίρεση το HCN, στην αέρια μορφή τους είναι βαρύτερα του αέρα. Χρειάζεται λοιπόν, να χρησιμοποιούνται συσκευές ανάδευσης για την κατανομή τους σε όλο το χώρο απεντόμωσης (Αθανασιάδης, 2007).

ε) Οι επιδράσεις των καπνιστικών στα προϊόντα

Λόγω της χημικής αντίδρασης του προϊόντος και του καπνιστικού εντομοκτόνου, δημιουργούνται σχετικά σταθερές ουσίες στα προϊόντα, οι οποίες είναι πιθανό να είναι επικίνδυνες για το καταναλωτικό κοινό. Ως αποτέλεσμα, έχουν θεσπιστεί ανώτατα επιτρεπόμενα όρια υπολειμμάτων, τα οποία αν ξεπεραστούν, η κατανάλωση των προϊόντων από τον άνθρωπο ή τα ζώα είναι απαγορευτική. Επιπροσθέτως, υπάρχει κίνδυνος αλλοίωσης ή και καταστροφής ορισμένων θρεπτικών στοιχείων. Τα καπνιστικά εντομοκτόνα είναι επίσης πιθανό να προκαλέσουν στα

προϊόντα απώλεια ή μείωση της βλαστικής ικανότητας των σπόρων, μεταβολές στην ωρίμανση των καρπών, δημιουργία οσμών και αλλοίωση της γεύσης, μείωση του χρόνου συντήρησης, καθώς και ολοκληρωτική καταστροφή του γεωργικού προϊόντος (Κέντρου, 2018).

στ) Οι δόσεις και οι συγκεντρώσεις του καπνιστικού εντομοκτόνου

Η δόση ενός καπνιστικού, είναι η ποσότητα που εφαρμόζεται ανά μονάδα όγκου του, προς απεντόμωση χώρου. Εκφράζεται σε lt ανά m³ του χώρου. Συνεπώς, η ποσότητα του καπνογόνου που υπάρχει στον αέρα είναι η συγκέντρωσή του. Είναι αναγκαίος ο τακτικός έλεγχος, προκειμένου να παρακολουθείται αν η συγκέντρωση του καπνιστικού είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλο τον αέρα του χώρου. Εκφράζεται ως βάρος κατ' όγκον ατμοσφαιρικού αέρα (g / m³), είτε ποσοστό (%), είτε ως μέρη στο εκατομμύριο (ppm) (Κέντρου, 2018).

ζ) Το θανατηφόρο γινόμενο

Το θανατηφόρο γινόμενο του καπνιστικού εντομοκτόνου, είναι το γινόμενο της συγκέντρωσης του αερίου επί το χρόνο έκθεσης του εντόμου σε αυτό που απαιτείται, για να επέλθει το θανατηφόρο αποτέλεσμα. Επηρεάζεται από την υγρασία και την θερμοκρασία και διαφέρει από είδος σε είδος εντόμου (Κέντρου, 2018).

η) Οι παράγοντες που επηρεάζουν την δράση ενός καπνιστικού εντομοκτόνου

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους πιο καθοριστικούς παράγοντες για την δράση ενός καπνιστικού εντομοκτόνου. Γενικά, όσο υψηλότερη η θερμοκρασία, τόσο μικρότερη η δόση του καπνιστικού που απαιτείται, δεδομένου ότι ο ρυθμός αναπνοής των εντόμων αυξάνεται σε υψηλές θερμοκρασίες.

Κατά τον υπολογισμό της δόσης, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τυχόν προσρόφηση ποσότητας καπνιστικού εντομοκτόνου, τόσο από τα υλικά συσκευασίας όσο και από τα υλικά του χώρου απεντόμωσης. Το τοξικό αποτέλεσμα ενός εντομοκτόνου, επηρεάζεται επίσης από το στάδιο στο οποίο βρίσκεται το έντομο. Μείωση του θανατηφόρου γινομένου, μπορεί να επιτευχθεί αν η εφαρμογή του καπνιστικού γίνει εν κενό, λόγω της αύξησης του ρυθμού αναπνοής των εντόμων και αδυναμίας τους να κλείσουν προσωρινά τα αναπνευστικά ανοίγματά τους. Τέλος, η

ευφλεκτότητα του αερίου, τυχόν κίνδυνοι εκρήξεων καθώς και η τοξικότητα της ουσίας για τον άνθρωπο, θα πρέπει να ληφθούν οποσδήποτε υπόψη (Κέντρου, 2018).

Οι απεντομώσεις με καπνιστικά μπορούν να γίνουν με τους εξής τρόπους:

- Σε ειδικούς αεροστεγείς θαλάμους, όπου ρυθμίζεται τις περισσότερες φορές η ατμοσφαιρική πίεση και η καλή ανάδευση, για να μην παρουσιάζονται φαινόμενα «στρωμάτωσης» (Κέντρου, 2018).
- Με τη χρήση ειδικών πλαστικών καλυμμάτων (Tarpaulin), που είναι αδιαπέραστα από τα ασφυκτικά. Χρησιμοποιούνται για απεντομώσεις είτε σε ανοιχτούς, είτε σε κλειστούς χώρους, αφού σκεπαστεί το προϊόν με αυτά (Κέντρου, 2018).
- Με απλή τοποθέτηση του εντομοκτόνου, μέσα στον όγκο του προϊόντος (Κέντρου, 2018)
- Σε σύγχρονες αποθήκες στις οποίες υπάρχουν ειδικές εγκαταστάσεις απεντόμωσης, υπάρχει δυνατότητα το καπνιστικό να μεταφέρεται μέσω σωληνώσεων στον όγκο του προϊόντος (Κέντρου, 2018).

1.4.4 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με φυσικά μέσα

Ένα από τα βασικά φυσικά μέσα αντιμετώπισης εντόμων αποθηκών, είναι η θερμότητα. Παρόλο που ευαισθησία των εντόμων στις υψηλές θερμοκρασίες ποικίλλει, κανένα έντομο δεν μπορεί να επιζήσει επί πολύ σε θερμοκρασίες 60-65 °C. Στην πράξη οι χρησιμοποιούμενες θερμοκρασίες είναι 52-55 °C για 3-4 ώρες. Για να μην δημιουργούνται τοπικά υψηλές θερμοκρασίες, προτιμάται το θερμό ρεύμα αέρα. Σε απεντομώσεις μέσω μεταφοράς, εργαλείων και μηχανημάτων χρησιμοποιείται ατμός ή θερμό νερό (Κρητικός, 2015).

Αντίστοιχα το ψύχος, είναι μία από τις μεθόδους φυσικής απεντόμωσης η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε νωπά φρούτα. Κατά την μέθοδο αυτή, το προϊόν υποβάλλεται σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά την μεταφορά σε ειδικούς χώρους και ειδικές ψυκτικές εγκαταστάσεις (Κρητικός, 2015).

Το ηλεκτροστατικό πεδίο είναι ακόμη μία φυσική μέθοδος απεντόμωσης, κατά την οποία ειδικά μηχανήματα παράγουν ρεύμα υψηλής συχνότητας και έντασης. Το ρεύμα αυτό διοχετεύεται στο προϊόν και ανεβάζει σε θανατηφόρα επίπεδα τη

θερμοκρασία του σώματος των εντόμων, χωρίς να επηρεάζει την θερμοκρασία του προϊόντος αισθητά. Σαν μέθοδος δεν έχει ευρεία εφαρμογή διεθνώς (Κρητικός, 2015).

Η μέθοδος της ακτινοβόλου ενέργειας βασίζεται στην χρήση ακτινοβολίας συγκεκριμένου μήκους κύματος, που προκαλεί θανάτωση των εντόμων λόγω της απότομης αύξησης της θερμοκρασίας τους (Δοκιμάκη, 2005).

Τέλος, κατά την μέθοδο της ιονίζουσας ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται δύο είδη ακτινοβολιών για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών. Το ένα είδος είναι η γ-ακτινοβολία, η οποία παράγεται από ραδιενεργά ισότοπα όπως το Κοβάλτιο-60 και το άλλο είδος είναι η β-ακτινοβολία που αποτελείται από μία δέσμη ηλεκτρονίων. Η χρήση της β-ακτινοβολίας, είναι ασφαλέστερη μέθοδος συγκριτικά με αυτή των ραδιενεργών ισότοπων. Οι ακτινοβολίες εφαρμόζονται με δύο τρόπους, είτε με απευθείας ακτινοβολήση των εντόμων με στόχο την στέρωσή τους και κατ' επέκταση την αποφυγή του πολλαπλασιασμού τους είτε με εφαρμογή της ακτινοβολίας πάνω στα αποθηκευμένα προϊόντα με σκοπό την θανάτωση των εντόμων (Αρβανιτάκης, 2018).

1.4.5 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με μηχανικά μέσα

Οι απεντομώσεις με μηχανικά μέσα κάποτε αποτελούσαν αποκλειστικούς τρόπους απαλλαγής από τους εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων. Στη σύγχρονη εποχή, βρίσκουν εφαρμογή σε αλευρόμυλους και σε αποθήκες παραγωγών και εμπορών (Αθανασιάδης, 2007).

A) Πίεση: Με την μέθοδο αυτή προκαλείται υψηλή πίεση στα προϊόντα, μέσα σε ειδικά μηχανικά πιεστήρια που έχει ως αποτέλεσμα την θανάτωση των εντόμων που βρίσκονται στα μεσαία στρώματα μέσω σύνθλιψης (Δοκιμάκη, 2005).

B) Ξήρανση: Κατά την μέθοδο αυτή τα προϊόντα αναστρέφονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να αποβληθεί η πλεονάζουσα υγρασία. Θετικό της μεθόδου είναι, ότι θανατώνει όλα τα ακμαία αλλά δύσκολα επηρεάζει τα ωά. Επίσης, αλλοιώνει ή καταστρέφει τα τρόφιμα (Δοκιμάκη, 2005).

Γ) Κενό: Με την μέθοδο του κενού, σε ειδικούς χώρους στους οποίους αφαιρείται ο ατμοσφαιρικός αέρας, τα έντομα αδυνατούν να επιβιώσουν και πεθαίνουν λόγω ασφυξίας (Δοκιμάκη, 2005).

Δ) Πλύσιμο με νερό: Κατά την συγκεκριμένη μέθοδο θανατώνονται ορισμένα ακμαία, όμως τα ωά δεν επηρεάζονται, τα προϊόντα αλλοιώνονται και απαιτούνται αρκετά εργατικά (Δοκιμάκη, 2005).

Ε) ENTOLETTER: Το ENTOLETTER είναι εντομοκτόνος συσκευή, η οποία αποτελείται από ζεύγος μεταλλικών δίσκων που περιστρέφονται γύρω από έναν κεντρικό άξονα με μεγάλη ταχύτητα (χιλιάδες στροφές/λεπτό). Η συγκεκριμένη μέθοδος, έχει αποδειχθεί αποτελεσματική ενάντια σε έντομα και ακάρεα σε όλα τα στάδια εκτός των ωών τους (Κέντρου, 2018).

1.4.6 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με βιοτεχνολογικά μέσα

Στις βιοτεχνολογικές μεθόδους αντιμετώπισης των εντόμων των αποθηκευμένων προϊόντων, περιλαμβάνεται η αντιμετώπιση με την χρήση παγίδων και αιθέριων ελαίων. Όσον αφορά τα αιθέρια έλαια, προέρχονται κυρίως από φυτά της οικογένειας Lamiales και δρουν με ασφυκτικό τρόπο θανατώνοντας τα έντομα σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους (Δοκιμάκη, 2005).

Οι παγίδες που χρησιμοποιούνται είναι διαφόρων ειδών και περιέχουν σαν μέσο προσέλκυσης μία φερομόνη και σπανιότερα κάποιο τροφικό ελκυστικό. Δεν χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των πληθυσμών των εντόμων, καθώς ο σκοπός τους είναι να κάνουν γνωστή την ενδεχόμενη παρουσία κάποιου εντόμου και να παρέχουν την δυνατότητα παρακολούθησης των πληθυσμιακών διακυμάνσεων (monitoring). Τα είδη των παγίδων είναι αρκετά και τα κυριότερα αυτών είναι οι παγίδες τύπου δέλτα, οι παγίδες χοάνης, οι παγίδες κυματοειδούς χαρτιού, οι κολλητικές παγίδες, οι φωτεινές παγίδες και άλλες φερομονικές και τροφικές παγίδες (Σταμόπουλος, 1990).

1.4.7 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών με βιολογικά μέσα

Κατά την διάρκεια των τελευταίων χρόνων έχουν γίνει αντιληπτές οι επιπτώσεις που έχει η χρήση των φυτοφαρμάκων στην δημόσια υγεία και στο περιβάλλον. Η ανακάλυψη και η εξέλιξη βιολογικών μεθόδων καταπολέμησης των εντόμων αποθηκών, παρέχει το πλεονέκτημα ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι μέθοδοι αυτοί είναι τοξικολογικά ασφαλείς, τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον (Στυλιανόπουλος, 2012). Με τις βιολογικές μεθόδους, ο έλεγχος των

επιβλαβών για τα αποθηκευμένα προϊόντα εντόμων επιτυγχάνεται με την χρήση φυσικών εχθρών και εντομοπαθογόνων μικροοργανισμών. Η Βιολογική Αντιμετώπιση διακρίνεται στην Φυσική Βιολογική Αντιμετώπιση, κατά την οποία οι φυσικοί εχθροί δρουν, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση και στην Εφαρμοσμένη Βιολογική Αντιμετώπιση όπου οι φυσικοί εχθροί δρουν, μετά την ενεργό παρέμβαση του ανθρώπου (Μαντζούκας, 2012). Όσον αφορά τους φυσικούς εχθρούς, χρησιμοποιούνται αρπακτικά και παρασιτοειδή έντομα (Κοσμίδου, Γκέκας, 2022). Ως προς τους εντομοπαθογόνους μικροοργανισμούς ως παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης, χρησιμοποιούνται βακτήρια, ιοί, μύκητες, πρωτόζωα και ακάρεα (Στυλιανόπουλος, 2012). Πάρα τα πολυάριθμα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης εντόμων, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Το κυριότερο από αυτά, είναι πως η απελευθέρωση των μικροοργανισμών πρέπει να γίνει την σωστή χρονική στιγμή, ώστε ο πληθυσμός τους να είναι επαρκής προκειμένου να εμποδίσουν αποτελεσματικά τον κύκλο ανάπτυξης των εντόμων-εχθρών. Πρέπει λοιπόν, η εφαρμογή αυτών των μικροοργανισμών να είναι έγκαιρη και σωστά σχεδιασμένη ώστε η βιολογική αντιμετώπιση να είναι επιτυχής (Στυλιανόπουλος, 2012).

1.4.8 Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση εντόμων αποθηκών - « Εντομόσταση »

Ως «εντομόσταση» (INSECTISTASIS) ορίζεται μία σύγχρονη τάση αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών, κατά την οποία με συνδυασμό διαφόρων μέσων, επιδιώκεται η μείωση του πληθυσμού των εντόμων σε τέτοια επίπεδα, ώστε να μην προκαλείται οικονομική ζημιά. Στόχος της συγκεκριμένης τακτικής, είναι η προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων με την λιγότερη δυνατή χρήση εντομοκτόνων. Σημαντικές δυνατότητες στην συγκεκριμένη μέθοδο δίνουν διάφοροι τύποι παγίδων, φερομονικές ή μη. Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται, είτε είναι φυσικές είτε τεχνητές, χαρακτηρίζονται ως «εντομοστατικές» και έχουν εξειδικευμένη δράση (Αθανασιάδης, 2007).

Με την χρήση των εντομοστατικών, μπορεί να επιτευχθεί αραίωση του πληθυσμού των επιβλαβών εντόμων, σε τέτοιο επίπεδο που να επιτρέπει την διατήρηση του προϊόντος χωρίς σημαντική βλάβη, κάτω από το επίπεδο της οικονομικής ζημιάς (Αθανασιάδης, 2007).

Κεφάλαιο 2-Εντομοπαθογόνοι μύκητες

2.1 Γενικά

Περισσότερα από 400 είδη παθογόνων μυκήτων έχουν απομονωθεί από έντομα, ωστόσο ένας μικρός αριθμός αυτών χρησιμοποιείται ως βιοεντομοκτόνα σήμερα. Αυτό οφείλεται στην εξάρτηση των μυκήτων από τιμές υψηλής σχετικής υγρασίας, αλλά και στην έλλειψη γνώσης που σχετίζεται με τους παράγοντες που επηρεάζουν την τοξικότητά τους (Παναγάκη, 2019).

Η μειωμένη αξιοποίηση των μυκήτων αυτών οφείλεται επίσης στις τοξίνες που παράγουν, οι οποίες μπορεί να είναι επιβλαβείς για τα ζώα και τον άνθρωπο. Επιπροσθέτως, ορισμένοι από τους μύκητες είναι πολύ απαιτητικοί ως προς την καλλιέργειά τους και η μαζική παραγωγή τους παρουσιάζει δυσκολίες. Ωστόσο, όσοι μύκητες είναι εύκολο να καλλιεργηθούν, εξασθενούν ύστερα από μακροχρόνια παραγωγή με τεχνητά μέσα (Μαντζούκας, 2012).

Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες, απαντώνται σε όλες τις ταξινομικές κατηγορίες εκτός των ανώτερων Βασιδιομυκήτων και ορισμένων από τους Hyphomycetes. Ο βαθμός μολυσματικότητας διαφοροποιείται πολύ μεταξύ τους. Οι μύκητες αυτοί, μπορεί να είναι υποχρεωτικά παθογόνα, προαιρετικά παθογόνα τα οποία προσβάλλουν ξενιστές που είναι εξασθενημένοι, ή και συμβιωτικοί οργανισμοί. Η πλειοψηφία τους βρίσκεται στην τάξη Hyphomycetes και στους Entomophthorales (τάξη Zygomycetes) (Πέττας, 2017).

Από τα διάφορα είδη εντόμων, τα πιο ευπαθή σε μολύνσεις από μύκητες, είναι οι προνύμφες των Λεπιδοπτέρων, οι αφίδες από την τάξη των Ημιπτέρων και ειδικότερα από τα Homoptera, είδη που ανήκουν στις Οικογένειες Coccidae και Cicadidae, τα Vesporidae από την τάξη των Υμενοπτέρων, είδη της οικογένειας Scarabeidae από τα Κολεόπτερα, και από τα Δίπτερα είδη του γένους *Hylemyia* καθώς και τα κουνούπια (Μαντζούκας, 2012).

Σε αντίθεση με τα βακτήρια, τους ιούς και τα μικροσπορίδια τα οποία πρέπει να καταποθούν από το έντομο και να το μολύνουν μέσω του εντέρου, οι μύκητες στις περισσότερες περιπτώσεις μολύνουν το έντομο-στόχο, με απευθείας διάτρηση του εξωσκελετού. Οι μύκητες συχνά εξαρτώνται από το περιβάλλον κυρίως κατά τα πρώτα στάδια της μόλυνσης. Για τον λόγο αυτό, οι πιο σημαντικοί παράγοντες που συντελούν

στην εκδήλωση ασθένειας από τα παθογόνα αυτά, είναι η υγρασία και η θερμοκρασία. Η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος θα πρέπει να είναι πολύ αυξημένη, να κυμαίνεται δηλαδή σε τιμές άνω του 85-90%, ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η αποτελεσματική δράση των εντομοπαθογόνων μυκήτων (Παναγάκη, 2019).

Όταν γίνει η προσβολή ενός εντόμου από έναν παθογόνο μύκητα, αυτός διαπερνά την επιδερμίδα και αναπτύσσει το μυκήλιό του σιγά σιγά στο εσωτερικό του εντόμου, κατακλύζει έτσι όλους τους ιστούς και με τις παραγόμενες τοξίνες, προκαλεί την θανάτωση του ξενιστή. Ο μύκητας στην συνέχεια, εμφανίζεται εξωτερικά με μυκήλιο και επανθίσεις. Στην επιδερμίδα του εντόμου παρατηρούνται κονιδιοφόροι μέσω των οποίων το παθογόνο διασπείρεται. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι μύκητες μπορεί να εμφανίζονται σε συγκεκριμένα όργανα του ξενιστή τους (Μαντζούκας, 2012).

Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες μολύνουν τον ξενιστή τους με σπόρια αγενούς αναπαραγωγής. Το νερό, καθώς και οι ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας, είναι παράγοντες απαραίτητοι για την επιτυχή βλάστηση του σπορίου και για την ανάπτυξή του. Η βλάστηση του κονιδίου και η συμπεριφορά του βλαστικού σωλήνα, μεταξύ των Entomophthorales, παρουσιάζουν ομοιότητες μεταξύ τους (Παναγάκη, 2019).

Η βλάστηση του κονιδίου οδηγεί, είτε στην δημιουργία ενός ή περισσότερων βλαστικών σωλήνων είτε στην δημιουργία δευτερογενών κονιδίων. Ο βλαστικός σωλήνας που δημιουργείται (germtube), αμέσως διατρύπα το δερμάτιο της επιδερμίδας του εντόμου. Η μόλυνση ενός εντόμου από κάποιον παθογόνο μύκητα, ξεκινάει με την προσκόλληση των αναπαραγωγικών του δομών στο επιδερμίδιο. Το επιδερμίδιο των εντόμων είναι το πρώτο εμπόδιο που έρχεται σε επαφή, είτε με τα χημικά είτε με τα βιολογικά εντομοκτόνα (Παναγάκη, 2019).

2.2 Αναγνώριση ξενιστή – Πορεία της μόλυνσης

Ο τρόπος μέσω του οποίου γίνεται η αναγνώριση του ξενιστή από τους εντομοπαθογόνους μύκητες, δεν είναι ξεκάθαρος. Στους φυτοπαθογόνους μύκητες παράγεται ένα ειδικό μόριο (elicitor), το οποίο ανιχνεύεται από υποδοχείς της κυτταρικής μεμβράνης του ξενιστή. Η σύνδεση αυτή, είναι υπεύθυνη για την ενεργοποίηση ειδικών προϊόντων, τα οποία με την σειρά τους επάγουν την παραγωγή

ενζύμων από το παθογόνο, που επιτίθεται προς το κυτταρικό τοίχωμα του φυτού. Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες φαίνεται να υιοθετούν παρόμοιο τρόπο δράσης (Πέττας, 2017).

Για να επιτευχθεί η αναγνώριση των ξενιστών, συμμετέχουν γονίδια και προϊόντα εξειδικευμένων γονιδίων παθογένειας και γονίδια ανθεκτικότητας του ξενιστή. Στους εντομοπαθογόνους μύκητες, περιέχεται ένα πολύπλοκο σύστημα σηματοδότησης, που περιλαμβάνει G πρωτεΐνες, υποδοχείς, κινάσες και δευτερογενείς μηνύτορες των οποίων ο ρόλος, είναι η αναγνώριση του ξενιστή και η επαγωγή σύνθεσης των κατάλληλων αποικοδομητικών ενζύμων (Πέττας, 2017).

2.3 Προσκόλληση – Βλάστηση – Διείσδυση

Οι ξενιστές των εντομοπαθογόνων μυκήτων μολύνονται μέσω των κονιδίων που αυτοί παράγουν. Προκειμένου τα σπόρια να βλαστήσουν επιτυχώς, απαραίτητη είναι η ύπαρξη ευνοϊκών συνθηκών (υγρασίας, θερμοκρασίας, νερού). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η βλάστηση των κονιδίων οδηγεί, είτε στην δημιουργία ενός ή περισσότερων βλαστικών σωλήνων είτε στην δημιουργία δευτερογενών κονιδίων. Ο βλαστικός σωλήνας (germtube), διατρύπα αμέσως την επιδερμίδα του ξενιστή και συγκεκριμένα μια πολύ σύνθετη δομή, που ονομάζεται δερμάτιο. Το παθογόνο, αφότου εισέλθει στο σώμα του ξενιστή πολλαπλασιάζεται με τμήματα υφών, που λέγονται βλαστοσπόρια και ποικίλλουν σε σχήμα και μέγεθος (Πέττας, 2017).

Η μολυσματικότητα των εντομοπαθογόνων μυκήτων περιλαμβάνει τέσσερα στάδια:

- Προσκόλληση
- Βλάστηση
- Διαφοροποίηση
- Διείσδυση

Κάθε ένα από τα παραπάνω στάδια, επηρεάζεται από μια αλληλουχία ενδογενών και εξωγενών παραγόντων, οι οποίοι τελικά χαρακτηρίζουν την παθογένεια. Οι εντομοπαθογόνοι μύκητες είναι μοναδική περίπτωση, καθώς η είσοδος στον ξενιστή γίνεται από την επιδερμίδα και όχι από το πεπτικό σύστημα. Ωστόσο, η επιδερμίδα είναι ανθεκτική στην ενζυμική αποδόμηση και υδατοαπωθητική, δυσκολεύοντας έτσι την μόλυνση από κάποιον εντομοπαθογόνο μύκητα (Πέττας, 2017).

Η προσάρτηση ή προσκόλληση των σπορίων στο έντομο-ξενιστή, καθορίζει την μόλυνση. Η προσκόλληση επιτυγχάνεται, μέσω έκκρισης κολλώδους ουσίας (βλέννας) και είναι αναγκαία. Αφότου επιτευχθεί, το παθογόνο ξεκινά την παραγωγή ενζύμων (λιπασών, πρωτεασών, χιτινασών), τα οποία υδρολύουν την επιδερμίδα του ξενιστή (Πέττας, 2017).

Η συμπεριφορά της βλάστησης των σπορίων, επηρεάζεται από ένα ευρύ φάσμα παραγόντων (νερό, λιπαρά οξέα, θρεπτικά στοιχεία, ιόντα), που εντοπίζονται στην επιφάνεια του εξωσκελετού του εντόμου, υπό φυσιολογικές συνθήκες. Η επιτυχία της βλάστησης των σπορίων, απαιτεί την παρουσία των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων καθώς και την επίδειξη ανθεκτικότητας στις τοξικές ουσίες στην επιδερμίδα του ξενιστή. Η πλειοψηφία των κονιδίων, βλαστάνει σε 6 έως 18 ώρες μετά την προσκόλληση, ενώ μετά την πάροδο 24 ωρών, τα βλαστάνοντα κονίδια θεωρούνται δευτερογενή ή τριτογενή. Στην περίπτωση όπου τα κονίδια προσκολληθούν σε σκληρές, υδρόφοβες και φτωχές σε θρεπτικά υλικά επιφάνειες, διαφοροποιούνται σε απρεσσόρια (appressorium) (Πέττας, 2017).

Στην κατάληξη των βλαστικών σωλήνων εμφανίζονται τα απρεσσόρια, το σχήμα και το μέγεθος των οποίων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της επιδερμίδας, καθώς και από το είδος και το στέλεχος του μύκητα. Η μορφολογία τους φαίνεται πως είναι σφαιρική ή ροπαλοειδής. Τα απρεσσόρια παράγουν άφθονη βλέννα, συντελώντας έτσι στην προσκόλληση του μύκητα κατά την διείσδυση. Κοινό στοιχείο μεταξύ των μυκήτων, είναι οι διεισδυτικές υφές να αναπτύσσονται πλευρικά, παράλληλα προς τα ελικοειδή στρώματα, επιτυγχάνοντας έτσι την διάσπαση της ακεραιότητας του δερματίου (Πέττας, 2017).

Η διείσδυση της επιδερμίδας, επιτυγχάνεται από τον σχηματισμό ενός απρεσσορίου ή από τον ίδιο τον βλαστικό σωλήνα που συνδέεται στην επιδερμίδα, και με αυτό τον τρόπο, ευνοεί τον σχηματισμό ενός διεισδυτικού καρφιού. Η διείσδυση είναι μία ενζυμική και μηχανική διαδικασία, η οποία στους εντομοπαθογόνους μύκητες του εδάφους, γίνεται άμεσα και σπάνια μέσω αισθητήριων οργάνων ή πληγών. Ο μηχανισμός της εισόδου, χαρακτηρίζει συνήθως και το είδος του εντομοπαθογόνου μύκητα. Στον ξενιστή, κατά την διάρκεια της διείσδυσης, σχηματίζεται μια σειρά ενζύμων επιδερμίδας-αποικοδόμησης (Πέττας, 2017).

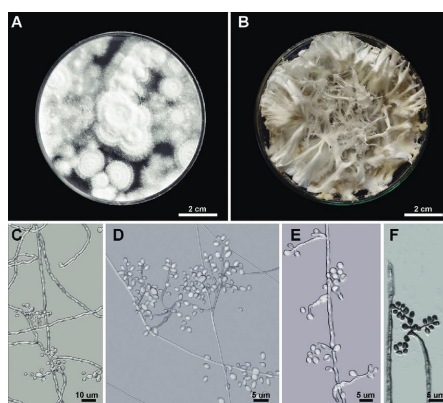
2.4 Ο εντομοπαθογόνος μύκητας *Beauveria bassiana*

Ο εντομοπαθογόνος μύκητας *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hydrocreales: Cordycipitaceae) χρησιμοποιείται ευρέως, για την καταπολέμηση αφίδων, θριπών, αλευρωδών, της πυραλίδας του καλαμποκιού (*Ostrinia nubilalis*), κολεοπτέρων (Εικόνα 11), καθώς και ορισμένων ημιπτέρων. Είναι απλοειδείς, ατελείς, ευρέως διαδεδομένοι μύκητες, οι οποίοι παράγουν βιολογικά ενεργούς μεταβολίτες. Το 1835 ο Ιταλός εντομολόγος Agostino Bassi, ανακάλυψε τον μύκητα ως αίτιο για την λευκή επίστρωση (μούχλα), που εντοπίστηκε πάνω στο *Bombyx mori*. Το 1912, ο Vuillemin χαρακτήρισε τον εντομοπαθογόνο μύκητα ως τυπικό είδος (Παναγάκη, 2019).

Ο *Beauveria bassiana* παράγει τρεις τύπους σπορίων, τα βλαστοσπόρια, τα κονίδια τα οποία σχηματίζονται σε στερεό υλικό και τα κονίδια που σχηματίζονται σε υγρή καλλιέργεια (Εικόνα 12). Τα κονίδια αυτά είναι απλοειδή, μονοκύτταρα και υδρόφοβα και αφού έρθουν σε επαφή με την επιδερμίδα του εντόμου και βλαστήσουν, την διαπερνούν και πολλαπλασιάζονται στο εσωτερικό του σώματος του εντόμου-ξενιστή (Πέττας, 2017).



Εικόνα. 11. Προσβολή ακμαίων Κολεοπτέρων από τον μύκητα *Beauveria bassiana*.



Εικόνα. 12. Καλλιέργεια και κονίδια του *Beauveria bassiana*.

https://www.researchgate.net/figure/Morphology-of-Beauveria-amazonensis-A-B-Colony-growth-on-PDA-showing-the-habit-C-F_fig3_335700474

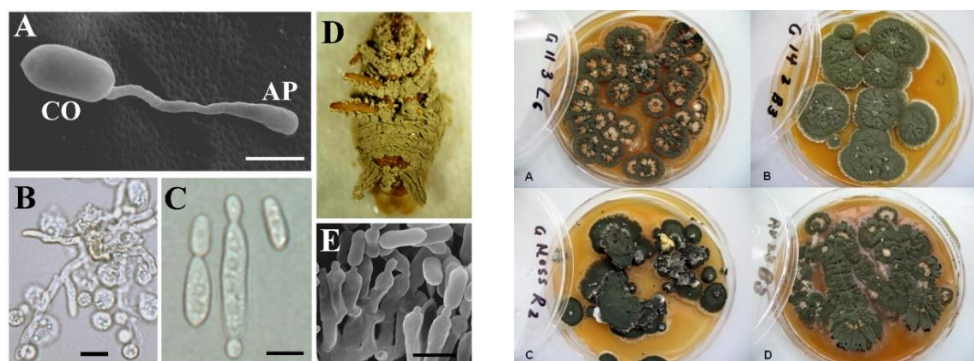
<https://www.alamy.com/stock-photo-sugar-icing-fungus-beauveria-bassiana-20125524.html?imageid=1D6CDA37-31B4-4597-B243-27773A8F25FE&p=3268&pn=1&searchId=9f88d69f5997bef12b59dd9f4c34c9c2&searchtype=0>

<https://www.alamy.com/white-muscardine-disease-beauveria-bassiana-growing-on-a-click-beetle-image416792197.html?imageid=5368CF8B-F5F2-462C-A669-215F0B0E16C0&p=367044&pn=1&searchId=9f88d69f5997bef12b59dd9f4c34c9c2&searchtype=0>

2.5 Ο εντομοπαθογόνος μύκητας *Metarhizium anisopliae*

Ο εντομοπαθογόνος μύκητας *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae), γνωστός πιο παλιά και ως *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* απαντάται σε όλο τον κόσμο, αναπτύσσεται φυσικά στο έδαφος και προσβάλλει πολλά έντομα λειτουργώντας σαν παράσιτο. Το όνομά του πήρε από τον Ι.Ι. Mechnikov, το 1879 ο οποίος τον απομόνωσε από το σκαθάρι *Anisoplia austriaca*. Αργότερα, τον χρησιμοποίησε για την αντιμετώπιση του κολεοπτέρου *Cleonus punctiventris* και τελικά, συνέστησε την χρήση του στην Βιολογική καταπολέμηση των εντόμων. Εξαιτίας των πράσινων κωνιδίων που καλύπτουν το σώμα των νεκρών εντόμων (Εικόνα 13), το κοινό όνομα με το οποίο αποδίδεται η ασθένεια που προκαλείται από τους μύκητες του γένους *Metarhizium* είναι "green muscardine" (Παναγάκη, 2019).

Ο μύκητας έχει βρεθεί να προσβάλλει 300 είδη εντόμων και συνιστάται ως ένας από τους καλύτερα μελετημένους εντομοπαθογόνους μύκητες. Ο *M.anisopliae* σχηματίζει βλαστοσπόρια και κωνίδια (Εικόνα 13), τα οποία είναι βιολογικά δραστικά και έχουν την ικανότητα να μολύνουν και να θανατώσουν τον ξενιστή τους. Τα βλαστοσπόρια παράγονται μόνο σε υγρές καλλιέργειες και εφόσον ικανοποιηθούν ορισμένες συνθήκες. Ο μύκητας έχει ευρύ φάσμα δράσης σε πολλά φυτοφάγα έντομα και ακάρεα όπως τετράνυχοι, θρίπες, αλευρώδεις και κοκκοειδή (Πέττας, 2017).



Εικόνα. 13. Κωνίδια, επάνθιση και καλλιέργεια του *M.anisopliae*.

[https://silkpathdb.swu.edu.cn/sites/silkpathdb/files/images/Metarhizium_anisopliae_infected_cockroach_\(PLOS\).png](https://silkpathdb.swu.edu.cn/sites/silkpathdb/files/images/Metarhizium_anisopliae_infected_cockroach_(PLOS).png)

https://www.researchgate.net/figure/1-A-B-D-Metarhizium-anisopliae-var-anisopliae-C-Metarhizium-flavoviride_fig13_287217253

Κεφάλαιο 3 – Υλικά και μέθοδοι

3.1 Υλικά

Όργανα και συσκευές

1. Ηλεκτρικός ζυγός ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων
2. Επωαστικός θάλαμος

Εργαλεία

1. Μικρό φτυάρι
2. Μικρό σκαλιστήρι
3. Γουδί πορσελάνης
4. Κόσκινο με σίτα 0.8 mm

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 χλωρίνης-νερού 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. *Tribolium confusum* 470 ακμαία
2. Μείγμα αλεύρου σίτου-καλαμποκιού

3.2 Εκτροφή εντόμου *Tribolium confusum*

Η εκτροφή του εντόμου *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του campus των Κωστακίων στην Άρτα, στον ειδικό χώρο του εντομοτροφείου. Για την εκτροφή, χρησιμοποιήθηκαν ειδικά γυάλινα δοχεία, τα οποία περιείχαν μείγμα αλευριού από καλαμπόκι και αλευριού από σίτο. Οι τροφές ήταν εξ ολοκλήρου αποστειρωμένες, όπως επίσης και τα δοχεία, στο καθένα από τα οποία τοποθετήθηκαν 100 ενήλικα άτομα του εντόμου. Προκειμένου τα έντομα να μπορούν να αναπνέουν, το επάνω μέρος των δοχείων καλύφθηκε με τούλι. Τέλος, τα δοχεία τοποθετήθηκαν σε επωαστικό θάλαμο, για την σωστή ρύθμιση των συνθηκών ανάπτυξης (υγρασία και θερμοκρασία). Κάθε εβδομάδα, γινόταν έλεγχος και παρακολούθηση της πορείας της εκτροφής, ρύθμιση της υγρασίας και της θερμοκρασίας στον θάλαμο, με σκοπό τη διατήρηση των ιδανικών συνθηκών υγρασίας, μεταξύ 65-75% και θερμοκρασίας περίπου 25 °C.

3.3 Δειγματοληψία

Οι δειγματοληψίες χώματος πραγματοποιήθηκαν την Άνοιξη, σε εδάφη καλλιεργειών στο εσωτερικό της πανεπιστημιούπολης των Κωστακίων στην Άρτα (Εικόνα 14). Τα δείγματα χώματος πάρθηκαν από διαφορετικά δέντρα, κάτω από την κόμη και συγκεκριμένα κοντά στον κορμό. Συνολικά συλλέχθηκαν 47 δείγματα χώματος από καλλιέργειες πυρηνοκάρπων, γιγαρτοκάρπων, εσπεριδοειδών, ελαιόδεντρων και κλημάτων αμπέλου. Από τα 47 δείγματα τα 7 αφορούσαν χώμα πυρηνοκάρπων, 10 χώμα γιγαρτοκάρπων, 10 χώμα εσπεριδοειδών, 10 χώμα ελαιόδεντρων και τέλος 10 χώμα κλημάτων αμπέλου.

Αναλυτικότερα, το πρώτο μέλημα προτού γίνουν οι δειγματοληψίες, ήταν το χώμα να είναι σε κατάσταση υδατοικανότητας, δηλαδή ούτε πολύ υγρό αλλά ούτε και ξερό. Η διαδικασία διήρκεσε 2 ημέρες και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν ένα μικρό φτυάρι και ένα μικρό σκαλιστήρι. Αρχικά, το έδαφος σκαβόταν επιφανειακά και με το φτυάρι λαμβανόταν περίπου 80 γραμμάρια χώματος, σε βάθος 10 εκατοστών, το οποίο τοποθετούταν σε ουροδοχεία. Τα δέντρα κάτω από τα οποία ελήφθησαν τα

δείγματα, σημάνθηκαν με κορδέλες πάνω στις οποίες αναγραφόταν ο αριθμός του δέντρου και του δείγματος που πάρθηκε (Εικόνα 15).

Τέλος, η επιλογή έγινε με κριτήριο τα δέντρα να μην είναι γειτονικά μεταξύ τους και τα δείγματα να προέρχονται ανά τρία δέντρα και διαγώνια, για την καλύτερη αξιοποίηση της διαθέσιμης έκτασης.



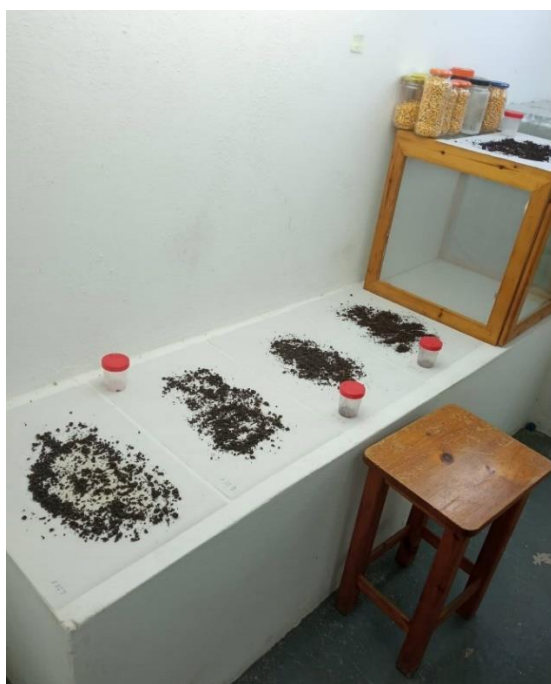
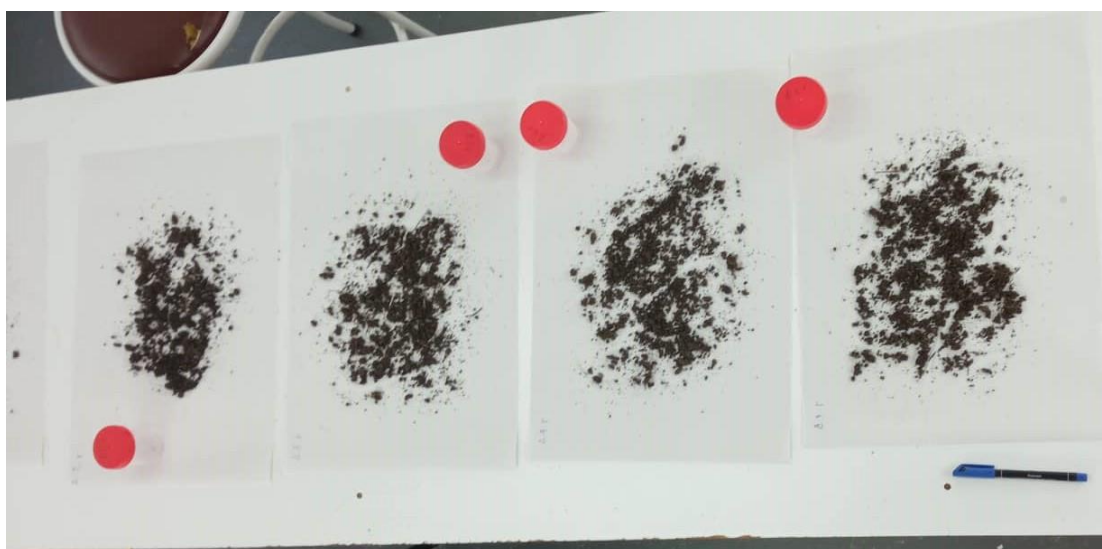
Εικόνα. 14. Τοποθεσία δειγματοληγιών.



Εικόνα. 15. Σήμανση των δέντρων κατά την ώρα των δειγματοληγιών.

3.4 Επεξεργασία δειγμάτων

Μετά τη συλλογή, τα δείγματα απλώθηκαν πάνω στον εργαστηριακό πάγκο του εντομοτροφείου, σε φύλλα διηθητικού χαρτιού για 24 ώρες, ώστε να μειωθεί η περισσεια υγρασίας (Εικόνα 16). Στη συνέχεια, το χώμα θρυμματίστηκε σε γουδί πορσελάνης και κοσκινίστηκε σε ειδικό κόσκινο με σίτα 0.8mm. Η τελική ποσότητα του κοσκινισμένου δείγματος, ήταν 20 γραμμάρια τα οποία τοποθετήθηκαν σε ουροδοχεία. Πάνω στα ουροδοχεία αναγράφηκε ο αριθμός του δέντρου και ο τύπος της καλλιέργειας από όπου πάρθηκε το δείγμα.



Εικόνα. 16. Επεξεργασία των δειγμάτων στο χώρο του εντομοτροφείου.

3.5 Πειραματική διαδικασία

Με την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των δειγμάτων, ξεκίνησε η πειραματική διαδικασία η οποία διήρκησε συνολικά 14 ημέρες. Το πρώτο βήμα του πειράματος ήταν η εισαγωγή 10 ενήλικων ατόμων *Tribolium confusum*, σε κάθε ένα από τα 47 ουροδοχεία που περιείχαν το επεξεργασμένο χώμα. Στη συνέχεια, τα ουροδοχεία τοποθετήθηκαν στον επωαστικό θάλαμο, προκειμένου οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας να είναι οι ιδανικές. Για τις επόμενες 7 ημέρες γινόταν έλεγχος θνησιμότητας των εντόμων και στα 47 ουροδοχεία καθημερινά. Αναλυτικότερα, το περιεχόμενο κάθε ουροδοχείου απλωνόταν πάνω σε φύλλα διηθητικού χαρτιού, όπου με την βοήθεια μικρών πινέλων, γινόταν διαχωρισμός ζωντανών και νεκρών ατόμων. Τα νεκρά άτομα αφαιρούνταν από το ουροδοχείο, εμβαπτιζόνταν σε διάλυμα χλωρίνης-νερού 5% για 5 δευτερόλεπτα με την χρήση λαβίδας και τοποθετούνταν σε τρυβλίο Petri, μέσα στο οποίο υπήρχε διηθητικό χαρτί, εμποτισμένο με απιονισμένο νερό (moist chamber). Στο καπάκι του τριβλίου, αναγραφόταν ο αριθμός του δείγματος από όπου προήλθε το νεκρό ή τα νεκρά έντομα, όπως επίσης και η ημερομηνία εισαγωγής τους στο τρυβλίο. Τα ζωντανά άτομα επανατοποθετούνταν με το χώμα στα ουροδοχεία. Στο τέλος του ημερήσιου ελέγχου όλα τα τρυβλία Petri, τοποθετούνταν σε επωαστικό θάλαμο και καταγράφονταν τα αποτελέσματα θνησιμότητας των εντόμων ανά δείγμα. Αφότου ολοκληρώθηκαν οι διαδοχικοί έλεγχοι τις πρώτες 7 ημέρες και τοποθετήθηκαν και τα τελευταία τρυβλία στον επωαστικό θάλαμο, για τις επόμενες 7 ημέρες διεξάγονταν καθημερινοί έλεγχοι, για την παρατήρηση εμφάνισης επανθίσεων πάνω στα νεκρά έντομα, οι οποίες πιθανώς να προήλθαν από κάποιον εντομοπαθογόνο μύκητα. Επίσης οι έλεγχοι αφορούσαν την προσθήκη απιονισμένου νερού, ώστε το διηθητικό χαρτί των τρυβλίων να είναι πάντα εμποτισμένο για να ευνοείται η ανάπτυξη των μυκήτων. Τα τρυβλία στα οποία εμφανίστηκε κάποια επάνθιση, επισημάνθηκαν και στάλθηκαν για περαιτέρω ανάλυση και εντοπισμό του εντομοπαθογόνου μύκητα που προκάλεσε την επάνθιση.

3.6 Θρεπτικό υλικό Sabourose Dextrose Agar (SDA)

Η παρασκευή του μέσου γίνεται ως εξής: Σε 1000 ml κρύου αποστειρωμένου νερού προστίθενται 65 gr λυοφιλωμένου Sabouraud 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 121 °C. Η τελική

αντίδραση του μέσου είναι: PH 5,6. Στη συνέχεια πριν το μέσο στερεοποιηθεί τοποθετείται σε αποστειρωμένα τρυβλία τύπου Petri.

3.7 Απομόνωση εντομοπαθογόνων μυκήτων

Τα προσβεβλημένα ακμαία 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 στο ίδιο υλικό. Τα τρυβλία φυλάσσονταν σε θερμοκρασία 25 ± 1 °C στο σκοτάδι προς επώαση και ανάπτυξη των μυκήτων. Αν κάποιος μύκητας αναπτυχθεί, απομονώνεται εκ νέου προς αποφυγή επιμόλυνσεων 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.

3.8 Στατιστική επεξεργασία

Η ανάλυση της διακύμανσης των μέσων όρων των τιμών των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιώντας την τεχνική της ανάλυσης της διακύμανσης, ως προς ένα παράγοντα (One way Anova), που ήταν η θνησιμότητα των ακμαίων 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 $P=0,05$.

Κεφάλαιο 4 – Αποτελέσματα

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα ποσοστά θνησιμότητας των ακμαίων του κολεοπτέρου *T. confusum* ($F=0.523$, $df=4$, $P= 0.835$) και τα αντίστοιχα ποσοστά τους ως προς την επάνθιση μυκηλίου (Πιν 2.).

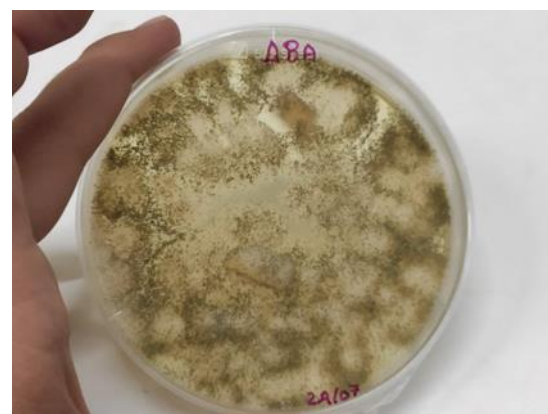
Πίνακας 2. Ποσοστά θνησιμότητας των ακμαίων του κολεοπτέρου *T. confusum* και τα αντίστοιχα ποσοστά τους ως προς την επάνθιση μυκηλίου

Καλλιέργεια	Ποσοστό θνησιμότητας (% \pm sd)	Ποσοστό επάνθισης μυκηλίου (% \pm sd)
Πυρηνόκαρπα	18 \pm 13a	0 \pm 0
Γιγαρτόκαρπα	32 \pm 23a	15 \pm 8
Ελιά	36 \pm 21a	0 \pm 0
Αμπέλι	26 \pm 19a	0 \pm 0
Εσπεριδοειδή	38 \pm 22a	0 \pm 0

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι εντομοπαθογόνοι μύκητες που ανιχνεύθηκαν, μέσω της τεχνικής παγίδευσης με έντομα (bait method) (Πιν 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.

Πίνακας 3. Οι μύκητες αναγνωρίστηκαν κατόπιν μικροσκοπικής εξέτασης των κονιδίων

ΔΕΙΓΜΑ No. & HM/NIA	Ημερομηνία επάνθισης	Μύκητας
Γιγαρτόκαρπα Νο8 (09.06.22)	21.06.22	<i>M. anisopliae</i>
Γιγαρτόκαρπα Νο11 (14.06.22)	21.06.22	<i>M. anisopliae</i>



Κεφάλαιο 5 – Συζήτηση

Η σύγχρονη τάση στο πεδίο της παραγωγής προϊόντων με ολοκληρωμένες μεθόδους παραγωγής και διαχείρισης, ευνοεί την ανάπτυξη βιολογικών σκευασμάτων, που τείνουν να αντικαταστήσουν χημικά-συνθετικά σκευάσματα, με τα οποία αντιμετώπιζονταν οι ασθένειες, οι προσβολές και η θήρευση των καλλιεργειών. 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 καλλιέργειες.

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 & Poliseno, 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). Στην δική μας περίπτωση, το κυρίαρχο είδος ήταν ο εντομοπαθογόνος μύκητας *M. anisopliae*. Αυτό έχει να κάνει μάλλον με την ικανότητα του γένους *Metarhizium* να απαντώνται

συχνότερα στο έδαφος, και ιδιαίτερα στο δικό μας πείραμα, από χώμα που προέρχεται από καλλιέργεια γιγαρτοκάρπων.

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 την 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 την 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 δώσουν την δυνατότητα εφαρμογής σε ευρεία κλίμακα των εντομοπαθογόνων μυκήτων ως μέσα αντιμετώπισης, συνεισφέροντας ουσιαστικά στο 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 στην χώρα μας, όσο και της υγείας του καταναλωτή που είναι και ο τελικός αποδέκτης αυτών.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- 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.
- Γκέκας, Α. & Κοσμίδου, Γ. (2022), *Επίδραση της Cyantraniliprole στην επιβίωση των ακμαίων σημαντικών εντόμων των αποθηκών Tribolium confusum ΚΑΙ Prostephanus truncatus* (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 εντομοπαθόνων 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 μυκητών 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 καλλιέργειών και λαχανικών*, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
- Στυλιανόπουλος, Σ. (2015), *Οι βιολογικοί τρόποι αντιμετώπισης των εχθρών και ασθενειών αποθηκευμένων προϊόντων* (Πτυχιακή εργασία), Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας.

Ξενόγλωσση

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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., Poliseno, M., Triggiani, O., (1997). *Occurrence of entomopathogenic fungi in soils in southern Italy*. Entomologica 31, 157-166.
- Tarasco, E., Poliseno, 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 zarodków wadobójczego grzyba Beauveria bassiana (Bals.) Vuill.* Progress in Plant Protection/Postęp w Ochronie Roślin 52(4), 969-974.
- Tkaczuk, C., (2008). *Występowanie i potencjalnie infekcyjny grzybów wadobójczych 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.

