



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΡΓΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΧΑΡΙΔΗΜΟΣ ΓΕΩΡΓΟΥΣΑΚΗΣ

*Ανάπτυξη των εντόμων αποθηκών *Rhizopertha dominica* και *Sitophilus oryzae* σε σπόρους δημητριακών και *Silybum marianum**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΤΗΤΗΣ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ

ΒΟΛΟΣ 2019

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την πτυχιακή μου διατριβή θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χρήστο Αθανασίου όχι μόνο για την συνεχή του βοήθεια στην πορεία της εργασίας αλλά και για την έμπνευσή που μου έδωσε στο να ακολουθήσω το δρόμο της Εντομολογίας. Πολλές ευχαριστίες επίσης και στους καθηγητές μου κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο και κ. Ανέστη Καρκάνη, για τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή. Θα ήθελα να δώσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Μαρία Σάκκα η οποία με καθοδήγησε καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας καθώς και για την εκπαίδευση μου στο εργαστήριο της Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας.

Οφείλω τα πάντα στους γονείς μου, Αντώνη και Ολυμπία, για την στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια και εύχομαι τα καλύτερα στο μικρό μου αδερφό, Βασίλη.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους μου για την συμπαράσταση τους καθώς και όλες τις όμορφες αναμνήσεις που δημιουργήσαμε στα φοιτητικά μας χρόνια.

Σας ευχαριστώ!

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Abstract	5
1. Εισαγωγή	6
1.1 Σημασία εντόμων αποθηκών.....	6
1.2 Κυριότερα είδη.....	7
1.2.α <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.) (Coleoptera: Bostrichidae)	7
1.2.β <i>Sitophilus granarius</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae)	7
1.2.γ <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae)	8
1.2.δ <i>Sitotroga cerealella</i> (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae).....	9
1.2.ε <i>Trogoderma granarium</i> (Everts) (Coleoptera: Dermestidae).....	9
1.3 Ζημιές που προκαλούνται	10
1.4 Σημασία των ζιζανίων	11
1.5 <i>Silybum marianum</i>	13
2. Σκοπός της παρούσας μελέτης.....	14
3. Υλικά και Μέθοδοι	15
3.1 Διαδικασία εκτροφών.....	15
3.2 Προετοιμασία φιαλιδίων	16
3.3 Εισαγωγή Εντόμων	17
4. Στατιστική ανάλυση.....	19
5. Αποτελέσματα.....	19
6. Συζήτηση.....	25
7. Συμπεράσματα	30
8. Βιβλιογραφία	31

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή έγινε η διερεύνηση της ανάπτυξης εντομών αποθηκών, *Rhizopertha dominica* και *Sitophilus oryzae* σε ποσότητες σπόρων δημητριακών (σιτάρι και κριθάρι) που περιέχουν, σε διάφορες αναλογίες, σπόρους του ζιζανίου *Silybum marianum*. Χρησιμοποιήθηκαν επτά διαφορετικοί ποσοτικοί συνδυασμοί του ζιζανίου, 0, 1, 5, 10, 20, 50, 100% επί του συνόλου της ποσότητας σιταριού και κριθαριού, σε φιαλίδια που περιείχαν 10g προϊόντος. Τα φιαλίδια παρέμειναν σε ελεγχόμενες συνθήκες (25 °C, 65% σχετική υγρασία και συνεχές σκότους) για 65 ημέρες. Μετά το διάστημα αυτό, καταγράφηκε ο αριθμός των ζωντανών και νεκρών απογόνων σε κάθε συνδυασμό. Παρατηρήθηκε πως η παραγωγή απογόνων αυξήθηκε σημαντικά με τη μείωση της παρουσίας του ζιζανίου και για τα δυο δημητριακά. Επίσης, για το *Rhizopertha dominica*, η παραγωγή απόγονων ήταν γενικά μεγαλύτερη στο σιτάρι σε σχέση με το κριθάρι. Τέλος, τόσο για το *Rhizopertha dominica* όσο και το *Sitophilus oryzae* δεν υπήρχε παραγωγή απογόνων όταν η παρουσία του ζιζανίου ήταν 100% επί της συνολικής ποσότητας των σπόρων.

Abstract

In the current study we investigated the population growth of the stored product insects *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* in quantities of grains (i.e. wheat and barley) containing different ratios of seeds of the weed species *Silybum marianum*. There were seven different combinations of weed containment for each grain: 0, 1, 5, 10, 20, 50 and 100%, of the total amount of commodity that was contained inside the experimental vials, which was 10 g each. The vials remained at controlled conditions, 25 °C, 65% relative humidity and continuous darkness, for 65 days. After the termination of this interval, the number of dead and alive insects in each combination was recorded. It was found that progeny production was negatively affected by the increase of the percentage of weed, for both grains tested. Moreover, for *R. dominica*, progeny production was generally higher on wheat than on barley. Finally, for both species, there was no progeny production when the vials contained 100% of the weed seed.

1. Εισαγωγή

1.1 Σημασία εντόμων αποθηκών

Ως έντομα αποθηκών ορίζονται αυτά τα οποία προκαλούν ζημιά στα αποθηκευμένα προϊόντα και μπορούν να αναπτυχθούν και να αναπαραχθούν μέσα στο κλειστό οικοσύστημα της αποθήκης. Τα έντομα αποθηκών είναι ο κυριότερος εχθρός των αποθηκευμένων προϊόντων. Με ποσοστό 59% ζημιών, ξεπερνούν τα ακάρεα, μύκητες και τρωκτικά που προκαλούν το υπόλοιπο 41%. Όσον αφορά τις απώλειες δημητριακών, έχει βρεθεί ότι, στις αναπτυγμένες χώρες, τα έντομα αποθηκών, προκαλούν 10% απώλειες ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες το ποσοστό αυξάνεται περίπου στο 30% (Σταμόπουλος, 2008). Τα δημητριακά αποτελούν όχι μόνο για το άνθρωπο αλλά και για τα εκτρεφόμενα ζώα την βάση της διατροφής τους. Δημητριακά όπως το σιτάρι, κριθάρι, σίκαλη, βρώμη και καλαμπόκι είναι η πρώτη ύλη για πάρα πολλούς κλάδους βιομηχανίας τροφίμων και παραγωγής αλκοολούχων ποτών όπως αλευροβιομηχανία, αρτοποιία, ζυθοποιία κτλ. Δίνουν το 56% της ενέργειας και το 50 % της πρωτεΐνης που παίρνουμε από την τροφή μας με το σιτάρι, αραβόσιτο και ρύζι να αποτελούν το 75% της παγκόσμιας παραγωγής δημητριακών (Cordain, 1999). Η ζήτηση τους παραμένει σταθερή αλλά η παραγωγή μεταβάλλεται συνεχώς από περιοχή σε περιοχή λόγω κλιματικών, οικονομικών και διαφόρων άλλων παραγόντων. Η αποθήκευση των δημητριακών και η μεταφορά τους σε περιοχές με μικρή ή και ελάχιστη παραγωγή είναι καθήκον μέγιστης σημασίας. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως η προστασία των δημητριακών κατά της αποθήκευσης τους από τα ζημιογόνα αίτια που προαναφέραμε είναι βασική προϋπόθεση για την ποσοτική τους επάρκεια και ποιοτική τους σταθερότητα. Η αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών γίνεται με σωστή χρήση εντομοκτόνων δραστικών ουσιών και με επιθυμητά χαρακτηριστικά, όπως τη χαμηλή τοξικότητά τους σε

θηλαστικά, τα οποία είναι αποτελεσματικά ακόμα και σε χαμηλές δόσεις και μεγάλη υπολειμματική διάρκεια.

1.2 Κυριότερα είδη

Στην ενότητα αυτή θα αναλύσουμε 5 από τα κυριότερα έντομα αποθηκών όσον αφορά την βιολογία τους και γενικότερα χαρακτηριστικά τους.

1.2.α *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae)



Εικόνα 1: Ακμαίο του *Rhyzopertha dominica*

Είναι έντομο των θερμών χωρών και ιδιαίτερης σημασίας για τροπικές και υποτροπικές ζώνες (Σταμόπουλος, 2008). Προσβάλλει αποκλειστικά σπόρους δημητριακών κυρίως σιτάρι, κριθάρι και ρύζι. Προσβάλλει σε θερμοκρασίες 16-34 °C με ιδανικές συνθήκες 30-34 °C και υγρασία σπόρου 14% όπου και η ανάπτυξη από ωό σε ακμαίο γίνεται σε 25 ημέρες (Σταμόπουλος, 2008). Το θηλυκό αποθέτει τα ωά ξεχωριστά ή σε ομάδες 2-30 ωών μέσα η πάνω στους σπόρους και μπορεί να αποθέσει συνολικά 240-500 ωά. Η ζημιά μπορεί να ξεπεράσει και το 80 % του βάρους του σπόρου, χωρίς να φαίνεται εξωτερικά και προκαλεί ποσοτική ζημιά στον προσβεβλημένο σπόρο που φτάνει το 17% του βάρους του (Edde, 2012).

1.2.β *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)



Εικόνα 2: Ακμαίο του *Sitophilus granarius*

Κοσμοπολιτικό είδος, το συναντάμε στα εύκρατα και ψυχρά κλίματα ενώ στα υποτροπικά η ανάπτυξη είναι σχεδόν αδύνατη (Σταμόπουλος, 2008). Προσβάλλει σπόρους δημητριακών κυρίως σιτάρι. Η εκκόλαψη διαρκεί 6 ημέρες στους 28 °C ενώ στους 20 °C και 16 °C 10 και 15 ημέρες αντίστοιχα. Ο βιολογικός κύκλος συμπληρώνεται σε 38-40 ημέρες σε 22-25 °C (Σταμόπουλος, 2008). Το θηλυκό ακμαίο γεννά 150-200 ωά κατά την διάρκεια της ζωής του όπου είναι περίπου 1 έτος και σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις 2^{1/2} χρόνια (Σταμόπουλος, 2008). Γεννά τα ωά σε οπή που ανοίγει στο ενδοσπέρμιο, την οποία στη συνέχεια καλύπτει με ζελατινώδη ουσία.

1.2.γ *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)



Εικόνα 3: Ακμαίο του *Sitophilus oryzae*

Κοσμοπολιτικό είδος και κυρίως συναντάται σε υποτροπικές και τροπικές περιοχές. Προσβάλλει σπόρους δημητριακών όπως κριθάρι, καλαμπόκι, κριθάρι κ.α. Σπάνια προσβάλλει και όσπρια. Προσβάλλει σε θερμοκρασίες 18-32 °C και ο βιολογικός κύκλος του διαρκεί 38-40 ημέρες σε 22 °C. Το θηλυκό γεννά 150-200 ωά και η διάρκεια ζωής του δεν ξεπερνά τους 8 μήνες (Σταμόπουλος, 2008). Η ζημιά μπορεί να ξεπεράσει το 70% του βάρους του σπόρου χωρίς να φαίνεται εξωτερικά. Χαρακτηρίζεται από τα πιο καταστρεπτικά έντομα δημητριακών με περιπτώσεις όπου η καταστροφή σε αραβόσιτο να αγγίζει το 100% όταν υπάρχει μεγάλη προσβολή (Champ and Dyte, 1976).

1.2.δ *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae)



Εικόνα 4: Ακμαίο του *Sitotroga cerealella*

Κοσμοπολιτικό είδος, νυχτόβιο και κύριος εχθρός σπόρων δημητριακών όπως σιτάρι, κριθάρι και ρύζι. Προσβάλλει και δημητριακά στον αγρό, πριν την συγκομιδή, καθώς και τα αποθηκευμένα (Weston et al., 1993, Borzoui and Naseri, 2016). Το ακμαίο έχει διάρκεια ζωής 2 εβδομάδες και το θηλυκό γεννά 400 ωά. Το προνυμφικό και νυμφικό στάδιο ολοκληρώνεται αποκλειστικά στο εσωτερικό των σπόρων. Οι νεαρές προνύμφες μπαίνουν και τρέφονται στο εσωτερικό των σπόρων και νυμφώνονται εντός τους (Σταμόπουλος, 2008).

1.2.ε *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae)



Εικόνα 5: Ακμαίο του *Trogoderma granarium*

Ένα από τα πιο καταστροφικά επιβλαβή έντομα των αποθηκευμένων προϊόντων σιτηρών (Hagstrum and Subramanyam, 2009). Επί του παρόντος, το είδος αυτό έχει εξαπλωθεί σε πολλές χώρες της Ασίας, της Αφρικής και της Ευρώπης και είναι πολύ σημαντικό είδος καραντίνας σε χώρες με υψηλή παραγωγή σιτηρών, όπως οι ΗΠΑ, η Αυστραλία, η Βραζιλία και ο Καναδάς (Kavallieratos et al., 2019). Αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 21 και 40 ° C με βέλτιστη θερμοκρασία στους 35 ° C, σε περιβάλλον με χαμηλή σχετική υγρασία και προσβάλλει προϊόντα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία. Ο βιολογικός του κύκλος μπορεί να ξεπεράσει και τα 8

χρόνια καθώς οι διαπαύσουσες προνύμφες μεταναστεύουν σε σχισμές ή άλλες κρύπτες και δεν παραμένουν στην τροφή (Σταμόπουλος, 2008).

1.3 Ζημιές που προκαλούνται

Τα έντομα αποθηκών, όπως προαναφέραμε, προκαλούν ποσοτικές απώλειες στα προϊόντα, οι οποίες φτάνουν έως και το 30 %, αλλά προκαλούν επιπλέον και την ποιοτική υποβάθμιση των προϊόντων αυτών. Η ποιοτική αυτή υποβάθμιση έχει σοβαρές επιπτώσεις και στην ανθρώπινη υγεία. Έντομα αποθηκών, κυρίως της οικογένειας Tenebrionidae παράγουν κινόνες, χημικές ουσίες που κατατάσσονται ως καρκινογόνες και έχει διαπιστωθεί ότι προκαλούν αλλεργίες και δερματίτιδες (El-Mofty et al., 1992). Εκτός από τις κινόνες πολλά έντομα αποθηκών παράγουν πτητικά συστατικά, που προκαλούν δυσάρεστη οσμή και γεύση στο προσβεβλημένο προϊόν (Seitz and Sauer, 1996). Αλλεργικές αντιδράσεις όπως ρινίτιδα, δερματίτιδα και άσμα προκαλούνται από τεμάχια εντόμων, εκδύματα, τρίχες και από τα αποχωρήματά τους με συνέπειες στην υγεία των καταναλωτών αλλά και των εργαζομένων στους αποθηκευτικούς χώρους. Σε χώρους που είναι εκτεθειμένοι σε αλεύρι, όπως αρτοποιεία, παρουσιάζονται αλλεργίες με συμπτώματα στο δέρμα και στο αναπνευστικό, τα οποία έχει βρεθεί ότι προέρχονται από το *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) (Alanko et al., 2000). Η Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (Food and Drug Administration – FDA) έχει θεσπίσει όρια παρουσίας τεμαχίων εντόμων στα τρόφιμα και ιδιαίτερα στα αμυλούχα προϊόντα (Perez-Mendoza et al., 2005).

Τα έντομα αποθηκών συμβάλουν, επίσης, στην ανάπτυξη, εξάπλωση και επιμόλυνση των μυκήτων των αποθηκευμένων προϊόντων. Ενδεικτικά, μύκητες του γένους *Fusarium* και *Aspergillus* προκαλούν τοξινώσεις και καρκινογενέσεις καθώς παράγουν αφλατοξίνες και ωχρατοξίνες (Streit et al., 2012). Λόγω μεταβολικής δραστηριότητας των εντόμων προκαλείται

αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας με αποτέλεσμα την περαιτέρω ανάπτυξη των μυκήτων. Μολυσμένος αραβόσιτος από μύκητα *Aspergillus flavus* Link, ο οποίος προσβλήθηκε από το *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) παρουσίασε υψηλότερα επίπεδα αλφατοξίνης από ότι ο μη μολυσμένος αραβόσιτος (Beti et al., 1995).

1.4 Σημασία των ζιζάνιων

Η εμφάνιση της γεωργίας πριν από 12.000 χρόνια δημιούργησε γόνιμους νέους οικοτόπους όχι μόνο για τα καλλιεργούμενα είδη που φυτεύτηκαν σκόπιμα εκεί, αλλά και για τα ανεπιθύμητα είδη που προσαρμόστηκαν για να εκμεταλλευτούν αυτό το νέο περιβάλλον. Οι καλλιέργειες και τα αγροτικά ζιζάνια έχουν πολύπλοκες οικολογικές και εξελικτικές αλληλεπιδράσεις που παίζουν ρόλο αποκλειστικά στα γεωργικά περιβάλλοντα που δημιουργούνται από τον άνθρωπο (Guo et al. 2018). Τα ζιζάνια είναι ανεπιθύμητα φυτά που δημιουργούν σοβαρή απειλή για την προστασία του περιβάλλοντος, τη φυσική βιοποικιλότητα, τη σταθερότητα των οικοσυστημάτων και τη γεωργική βιωσιμότητα σε όλο τον κόσμο. Τα φυτικά είδη που εισάγονται σε μια περιοχή από το εξωτερικό και εισβάλλουν σε μεγαλύτερα τοπία για να διαταράξουν τη φυσική βιοποικιλότητα καθορίζονται ως χωροκατακτητικά είδη. Πολλά θα μπορούσαν επίσης να είναι γεωργικά ή και περιβαλλοντικά ζιζάνια. Η εισαγωγή και η εξάπλωση τέτοιων χωροκατακτητικών ειδών έχουν γίνει πιο συχνά και πιο καταστροφικά τα τελευταία χρόνια, προκαλώντας τεράστιες απώλειες στην παραγωγικότητα και οικονομία σε διάφορες περιοχές.

Στην Αυστραλία, περισσότερα από 400 είδη αναγνωρίζονται ως τα ζιζάνια που κοστίζουν πάνω από 4 δισεκατομμύρια δολάρια και ως εκ τούτου είναι ένα μεγάλο σημείο ανησυχίας για την κυβέρνηση, τους περιβαλλοντολόγους και τους αγρότες. Ορισμένα ζιζάνια δημιουργούν επίσης απειλές για την υγεία του ανθρώπου και των ζώων. Για παράδειγμα, το ζιζάνιο *Parthenium hysterophorus* (Asterales: Asteraceae), ένα χωροκατακτητικό είδος, όχι μόνο επηρεάζει

αρνητικά τους βοσκοτόπους και την κτηνοτροφία, αλλά προκαλεί επίσης σοβαρές αλλεργίες και αναπνευστικά προβλήματα στους ανθρώπους και τα ζώα. Αυτό το ζιζάνιο έχει πλέον εξαπλωθεί σε περισσότερες από 40 χώρες και είναι ένα ζιζάνιο εθνικής σημασίας (Weed of National Significance (WoNS)) στην Αυστραλία (Bajwa et al., 2017). Επιπλέον, ένα από τα πιο κυρίαρχα και διεισδυτικά ζιζάνια στο κόσμο, το *Ipomoea carnea* (Solanales: Convolvulaceae), είναι ένας αχαλίνωτος αποικιστής των μαζών της γης και των υδάτινων σωμάτων. Προκαλεί σοβαρά προβλήματα στη βιοποικιλότητα των περιοχών που εισβάλλει και ανατρέπει το οικοσύστημα που λειτουργεί εκεί. Το *I. carnea* ενσωματώνει διάφορες βιοδραστικές ενώσεις που προκαλούν κατάθλιψη, αταξία, υπερμετρία, έλλειψη συντονισμού των μυϊκών κινήσεων και πολλές άλλες διαταραχές στα ζώα που βόσκουν στα φύλλα. Μάλιστα, οι επιδράσεις αυτές μπορούν να αποβούν μοιραίες. Τα νεογνά των αιγοειδών, των οποίων οι μητέρες έτρωγαν το *I. carnea* κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης τους, υποφέρουν από έλλειψη δέσμησης μητέρας-βρέφους και άλλες διαταραχές. Παρά τις συντονισμένες προσπάθειες που έγιναν σε ολόκληρο τον κόσμο για την εύρεση τρόπων ελέγχου ελάχιστη επιτυχία έχει επιτευχθεί προς αυτή την κατεύθυνση και όχι μόνο συνεχίζει να επιβιώνει αλλά και εξαπλώνεται σε ολοένα και νεότερα εδάφη (Hussain et al., 2018).

Παρόλα τα αρνητικά των ζιζανίων, στην παρακάτω ενότητα θα δούμε πως ένα ζιζάνιο θα μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε ενδεχομένως για ωφέλιμο σκοπό.

1.5 *Silybum marianum*

Το ζιζάνιο *Silybum marianum* (Asterales: Asteraceae) ή γαϊδουράγκαθο, καλλιεργείται ως θεραπευτικό φυτό αλλά μπορεί και να γίνει ένα ενοχλητικό ζιζάνιο. Οι σπόροι του χρησιμοποιούνται εδώ και 2000 χρονιά για θεραπεία ασθενειών του ήπατος. Καλλιεργείται σε διάφορες χώρες ως φαρμακευτικό φυτό για την παραγωγή του δραστικού συστατικού σιλυμαρίνη. Οι σπόροι περιέχουν την υψηλότερη ποσότητα σιλυμαρίνης αλλά ολόκληρο το φυτό χρησιμοποιείται ιατρικά (Karkanis et al., 2011). Τα εκχυλίσματα των λουλουδιών και των φύλλων του *S. marianum* έχουν χρησιμοποιηθεί για αιώνες για να θεραπεύσουν τις διαταραχές του ήπατος, του σπλήνα και της χοληδόχου κύστης (Rainone, 2005). Ο Katiyar (2005) μελέτησε τις αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις και αντι-καρκινογόνες ιδιότητες που καταδείχθηκαν στις μελέτες που διεξήχθησαν με την σιλυμαρίνη κατά του οξειδωτικού στρες, των φλεγμονωδών αποκρίσεων και της επαγόμενης από το βενζοϊκό υπεροξειδίο προαγωγής όγκου σε ποντίκια. Πρόσφατες μελέτες επικεντρώθηκαν σε μηχανιστικές μελέτες σχετικά με τους πιθανούς μοριακούς στόχους της σιλυμαρίνης για την πρόληψη καρκίνου (Ramasamy και Agarwal, 2008). Η σιλυμαρίνη είναι ένα λιπόφιλο εκχύλισμα από τους σπόρους γαϊδουράγκαθου και αποτελείται από τρεις ισομερές φλαβονολιγνάνες, τη σιλυβίνη, τη σιλυδιανίνη και τη σιλυχριστίνη. Τα οξειδωμένα παράγωγα της σιλυβίνης (το κύριο συστατικό που σχηματίζει 70-80% σιλυμαρίνη) και η αντιδραστική και αντιοξειδωτική δραστηριότητα αυτών μελετήθηκαν από τους Gazak et al. (2004). Οι σπόροι του γαϊδουράγκαθου περιέχουν μικρές ποσότητες φλαβονοειδών (ταξιφιλίνη) και περίπου 20-35% λιπαρά οξέα και άλλες πολυφαινολικές ενώσεις. Φαρμακοκινητικές μελέτες έχουν δείξει ότι η σιλυμαρίνη απορροφάται μέσω της στοματικής οδού και διανέμεται στο πεπτικό σύστημα (ήπαρ, στομάχι, έντερο και πάγκρεας). Αποβάλλεται κυρίως στη χολή και υπόκειται σε εντεροηπατική κυκλοφορία. Η ηπατοπροστατευτική δράση της σιλυμαρίνης

οφείλεται κυρίως μέσω των αντικαρκινικών ρόλων της, έχει όμως και άλλες δράσεις που περιλαμβάνουν αντιοξειδωτική, αντι-λιπιδική υπεροξειδική, αντι-ινωτική, αντιφλεγμονώδη, ανοσορρυθμιστική και ηπατική αναγεννητική δράση όπως προαναφέραμε. Η σιλυμαρίνη έχει κλινικές εφαρμογές σε αλκοολικές ηπατικές νόσους, κίρρωση του ήπατος, δηλητηρίαση μανιταριών *Amanita*, ιική ηπατίτιδα, τοξικές και φαρμακευτικές ασθένειες του ήπατος, ψωρίαση και νευροπροστατευτική και νευροτροπική δραστηριότητα. Δρα ως παράγοντας αποκλεισμού τοξινών αναστέλλοντας τη δέσμευση υποδοχέων των τοξινών στη κυτταρικής μεμβράνη ηπατοκυττάρων. Η σιλυμαρίνη δεν είναι διαλυτή στο νερό και συνήθως χορηγείται σε κάψουλες ως πρότυπο εκχύλισμα (70-80% σιλυμαρίνη) (Karkanis et al., 2011). Το φυτό *S. marianum* μπορεί να γίνει αποδεκτό ως ασφαλές φυτικό προϊόν, καθώς δεν είναι γνωστοί κίνδυνοι για την υγεία ή παρενέργειες σε συνδυασμό με τη σωστή χορήγηση σχεδιασμένων θεραπευτικών δοσολογιών (Med. Economic Company, 2000).



Εικόνα 6: Σπόροι *Silybum marianum*

2. Σκοπός της παρούσας μελέτης

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της ανάπτυξης εντόμων αποθηκών *R. dominica* και *S. oryzae* σε ποσότητες σπόρων δημητριακών (σιτάρι και κριθάρι) που περιέχουν σε διάφορες αναλογίες σπόρους του ζιζανίου *Silybum marianum*. Ο απώτερος σκοπός της μελέτης είναι να εξετασθεί γενικότερα η συμβολή της παρουσίας των σπόρων ζιζανίων στην ανάπτυξη των εντόμων αποθηκών, καθώς η συλλογή σπόρων ζιζανίων κατά τη συγκομιδή δημητριακών, αλλά και άλλων συναφών προϊόντων, είναι αρκετά συνηθισμένο φαινόμενο.

3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1 Διαδικασία εκτροφών

Στο σύνολο του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τα έντομα *S. oryzae* και *R. dominica*. Τα έντομα αυτά προήλθαν από εκτροφές του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα δημητριακά που χρησιμοποιήθηκαν είναι σιτάρι (ποικιλία Simeto), κριθάρι (ποικιλία Περσεφόνη) καθώς και σπόροι του ζιζανίου *S. marianum* (Εικ. 1). Οι ποσότητες των δημητριακών αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία 8 °C και οι απαιτούμενες ποσότητες αφαιρέθηκαν πριν τη χρήση τους. Έγινε ψύξη του υποστρώματος στους -20 °C για 2 ημέρες με σκοπό τη θανάτωση τυχόν εναπομεινάντων ωών. Ύστερα, το υπόστρωμα παρέμεινε σε συνθήκες περιβάλλοντος για μια ημέρα. Η θερμοκρασία και υγρασία του καταγράφηκε με την χρήση υγρασιόμετρου σπόρων δημητριακών ώστε να έχουμε το επιθυμητό 13% ποσοστό υγρασίας σπόρου.



Εικόνα 7. Σπόροι δημητριακών και σπόροι *S. marianum*

3.2 Προετοιμασία φιαλιδίων

Η τοποθέτηση του υποστρώματος έγινε σε φιαλίδια (Εικ. 2) τα οποία είχαν καθαριστεί και απολυμανθεί. Στο πάνω μέρος κάθε φιαλιδίου έγινε τοποθέτηση fluon (πολυτετραφθοροαιθυλένιο) ώστε να αποτρέψουμε την έξοδο των εντόμων και στο καπάκι κάθε φιαλιδίου ανοίχθηκαν μικρές τρύπες για την είσοδο οξυγόνου. Χρησιμοποιήθηκαν 7 διαφορετικοί ποσοτικοί συνδυασμοί του ζιζανίου *S. marianum*: 0, 1, 5, 10, 20, 50 και 100 % επί του συνόλου της ποσότητας σιταριού ή κριθαριού στα φιαλίδια, που περιείχαν 10g προϊόντος το καθένα. Για κάθε διαφορετική ποσότητα ζιζανίου υπήρξαν 4 φιαλίδια (2 επαναλήψεις με 2 υποεπαναλήψεις). Έτσι λοιπόν, λόγω των 2 διαφορετικών ειδών εντόμων και των 2 διαφορετικών δημητριακών χρησιμοποιήθηκαν στο σύνολο 112 φιαλίδια. Η κωδική ονομασία κάθε φιαλιδίου ήταν βασισμένη στο είδος του εντόμου, το είδος του δημητριακού, της ποσότητας του ζιζανίου και τον αριθμό επανάληψης, όπως για παράδειγμα την κωδική ονομασία Sw0%1 όπου S: *S.*

oryzae, w: wheat, 0% ποσότητα ζιζανίου και 1: αριθμός επανάληψης. Αφότου όλα τα φιαλίδια κωδικοποιήθηκαν, έγινε η τοποθέτηση του υποστρώματος στις σωστές αναλογίες με την βοήθεια ηλεκτρονικής ζυγαριάς.



Εικόνα 8. Φιαλίδια με ποσότητες δημητριακών και ζιζανίου

3.3 Εισαγωγή Εντόμων

Με τα φιαλίδια κωδικοποιημένα και γεμισμένα με τις σωστές αναλογίες υποστρώματος, έγινε η εισαγωγή των εντόμων (Εικ. 3). Σε κάθε φιαλίδιο εισάχθηκαν 10 έντομα στις παρακάτω ημερομηνίες:

- 9 Μάιου 2018 εισαγωγή *S. oryzae* σε φιαλίδια με σιτάρι και τις διαφορετικές αναλογίες του ζιζανίου
- 10 Μάιου 2018 εισαγωγή *S. oryzae* σε φιαλίδια με κριθάρι και τις διαφορετικές αναλογίες του ζιζανίου
- 11 Μάιου 2018 εισαγωγή *R. dominica* σε φιαλίδια με σιτάρι και τις διαφορετικές αναλογίες του ζιζανίου

- 12 Μαΐου 2018 εισαγωγή *R. dominica* σε φιαλίδια με κριθάρι και τις διαφορετικές αναλογίες του ζιζανίου



Εικόνα 9. Εισαγωγή των εντόμων στο φιαλίδιο

Τα φιαλίδια παρέμειναν σε κλειστό θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών, με δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας και της υγρασίας με την χρήση υγραντήρα και αφυγραντήρα, και ο οποίος ρυθμίστηκε σε θερμοκρασία 25 °C, 65% Σ.Υ. και συνεχές σκοτάδι, για 65 ημέρες (Εικ. 4). Μετά το διάστημα αυτό, καταγράφηκε ο αριθμός των ζωντανών και νεκρών απογόνων σε κάθε συνδυασμό, τα οποία εξετάστηκαν κάτω από το στερεοσκόπιο. Έλαβαν χώρα τρεις εναπαλήψεις με τρεις υπο-εναπαλήψεις σε κάθε συνδυασμό.



Εικόνα 10. Τελικό αποτέλεσμα έτοιμο για παραμονή στο κλειστό θάλαμο για 65 ημέρες

4. Στατιστική ανάλυση

Η παραγωγή των απογόνων αναλύθηκε χωριστά για κάθε είδος χρησιμοποιώντας Ανάλυση της Διασποράς (one way ANOVA) για να βρούμε εάν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των ειδών. Πριν από την ανάλυση, όλα τα σύνολα ημερομηνιών υποβλήθηκαν χωριστά σε δοκιμασία ομοιογένειας των διακυμάνσεων και κανονικότητας (O' Brien ή Levene). Οι μέσοι διαχωρίστηκαν με τη δοκιμή Tukey-Kramer HSD σε 0,05. Το λογισμικό JMP 7 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) χρησιμοποιήθηκε για όλες τις αναλύσεις.

5. Αποτελέσματα

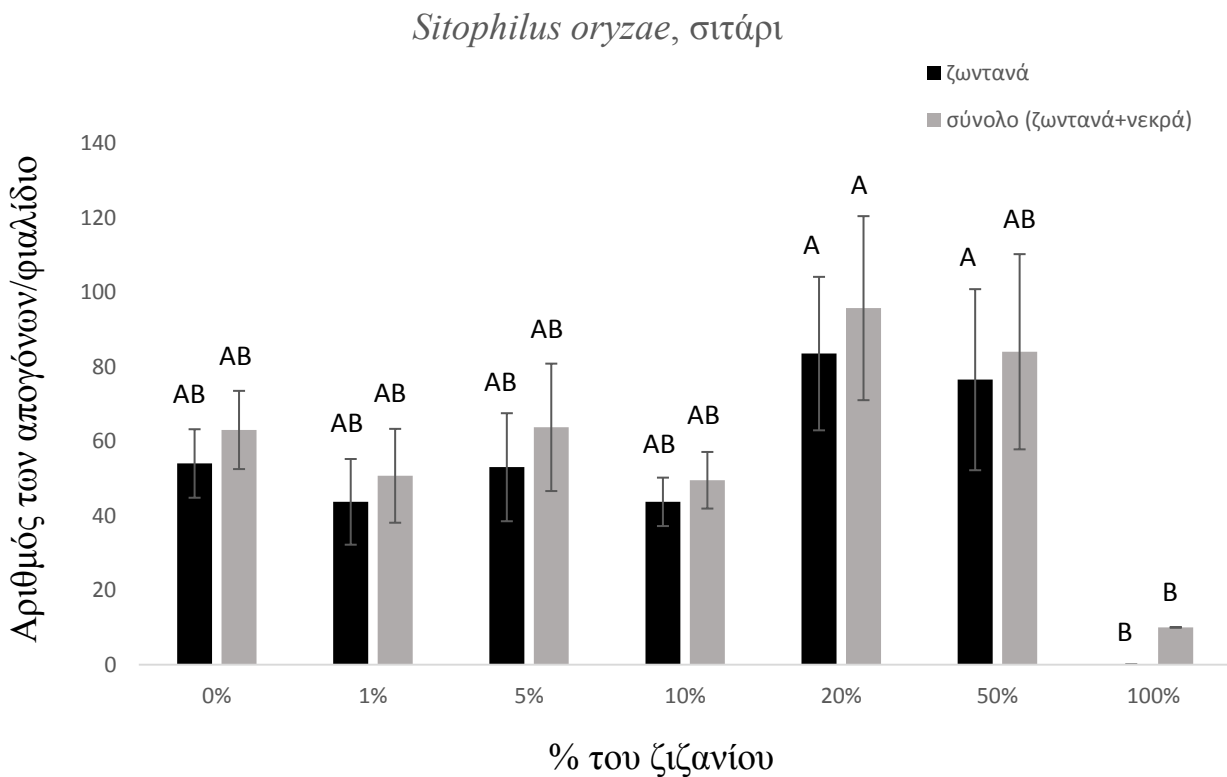
Παρατηρούμε από τα παρακάτω διαγράμματα πως η παραγωγή απογόνων αυξήθηκε σημαντικά με τη μείωση της παρουσίας του ζιζανίου και για τα δυο δημητριακά. Για το *Rhyzopertha*

dominica, η παραγωγή απογόνων ήταν γενικά μεγαλύτερη στο σιτάρι σε σχέση με το κριθάρι ενώ στο *Sitophilus oryzae* η παραγωγή απογόνων ήταν μεγαλύτερη στο κριθάρι από ότι το σιτάρι. Επιπροσθέτως, τόσο για το *Rhizopertha dominica* όσο και το *Sitophilus oryzae*, δεν υπήρχε παραγωγή απογόνων όταν η παρουσία του ζιζανίου ήταν 100% επί της συνολικής ποσότητας των σπόρων. Ακόμα, στο Διάγραμμα 2, είναι εμφανές ότι ακόμα και η μικρή παρουσία των σπόρων του ζιζανίου, ο αριθμός των νεκρών εντόμων είναι υψηλός, ενώ σε μεγαλύτερα ποσοστά, η ανάπτυξη του πληθυσμού ήταν ελάχιστη (Διάγραμμα 4). Τέλος, να σημειωθεί ότι βρέθηκαν και αρκετά φιαλίδια με μύκητες, χωρίς όμως να λάβουμε ποσοτικές μετρήσεις για αυτή τη παράμετρο, η οποία προφανώς σχετίζεται με αυξημένη υγρασία.

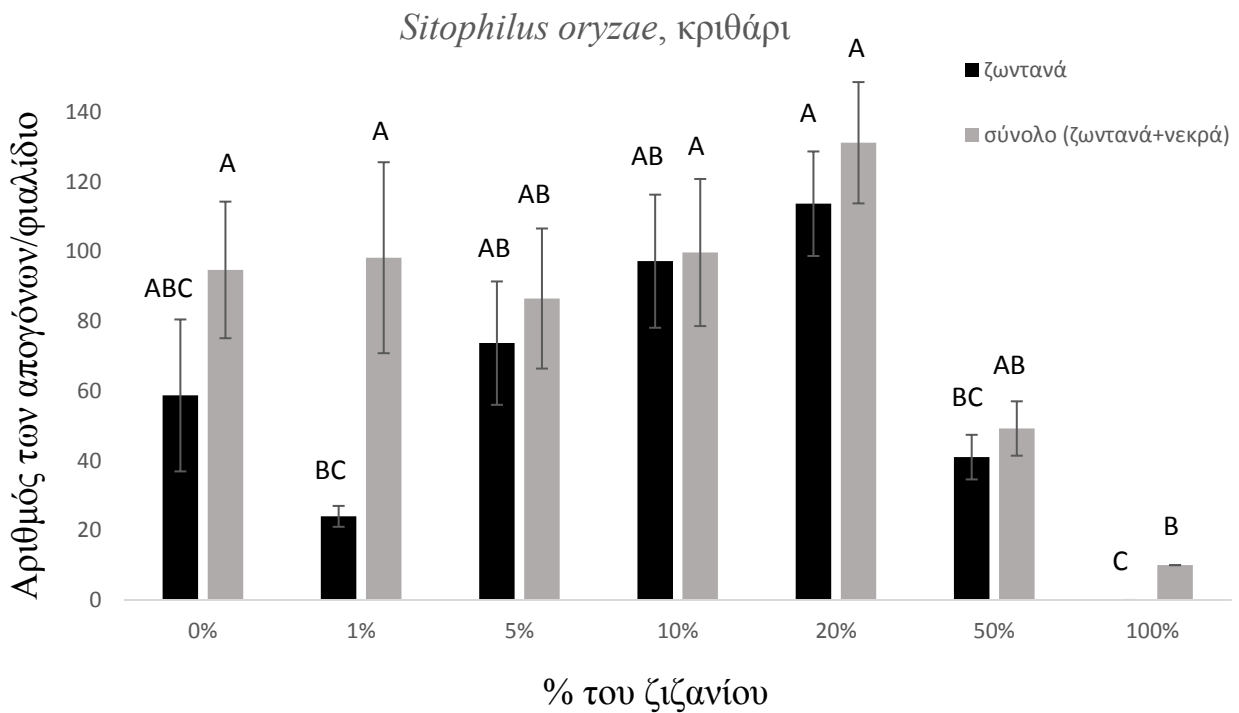
Πίνακας 1. Ανάλυση της Διασποράς (διακύμανσης) της παραγωγής απογόνων για όλες τις συγκεντρώσεις ζιζανίου και δημητριακών για το κάθε είδος (B.E. σφάλματος=42).

Πηγή	B.E.	<i>S. oryzae</i>		<i>R. dominica</i>	
		F	P	F	P
παραλλακτικότητα					
Δημητριακά	1	5.5	0.02	72.0	<0.01
Ζιζάνιο	6	6.2	<0.01	6.4	<0.01
Δημητριακά X Ζιζάνιο	6	1.5	0.20	4.9	<0.01

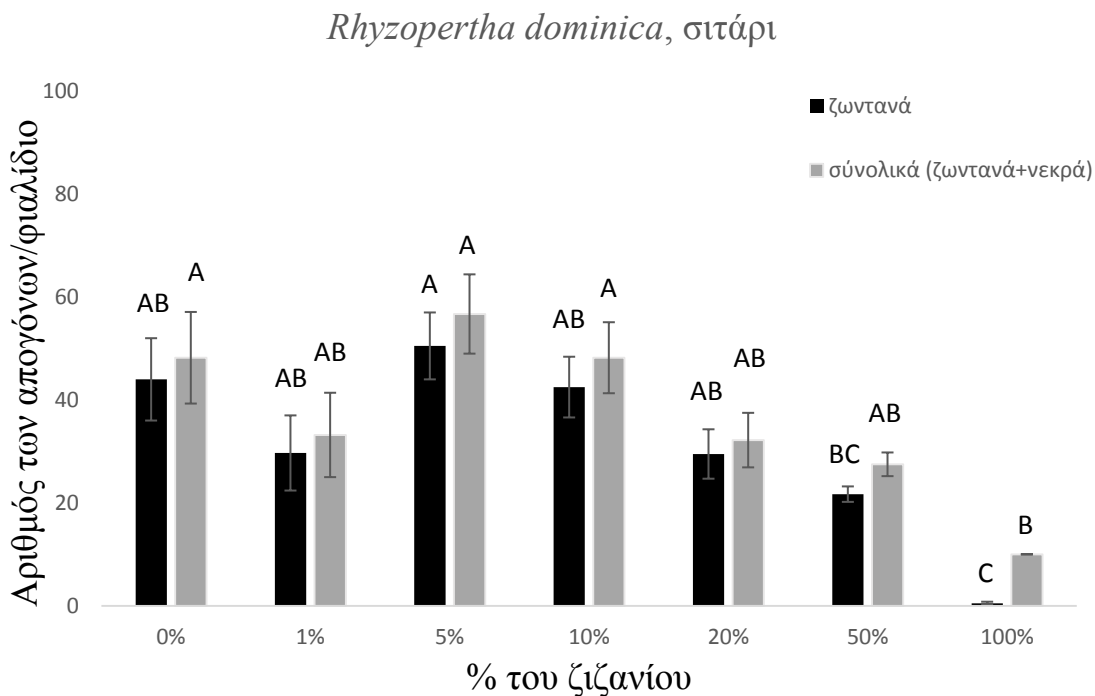
Διάγραμμα 1. Ο μέσος αριθμός (\pm SEM) της παραγωγής απογόνων *Sitophilus oryzae* [ζωντανοί απόγονοι και ολικοί απόγονοι (ζωντανοί + νεκροί)]. Στους ζωντανούς ή τους νεκρούς απογόνους χωριστά, οι μέσοι που ακολουθούνται από τα ίδια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά. Σε όλες τις περιπτώσεις $df = 6,27$ και δοκιμή HSD σε $P = 0.05$ (ολικοί απόγονοι $F=2.8$; $P=0.038$, ζωντανοί απόγονοι $F=3.5$; $P=0.015$). Πριν από την ανάλυση, όλα τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε δοκιμασία O' Brien για να εξετασθεί η ομοιογένεια των διακυμάνσεων (ζωντανοί απόγονοι στο σιτάρι δοκιμή O' Brien: $F = 1.5$; $P = 0.23$, ολικοί απόγονοι δοκιμή O' Brien: $F = 1.64$; $F=0.18$).



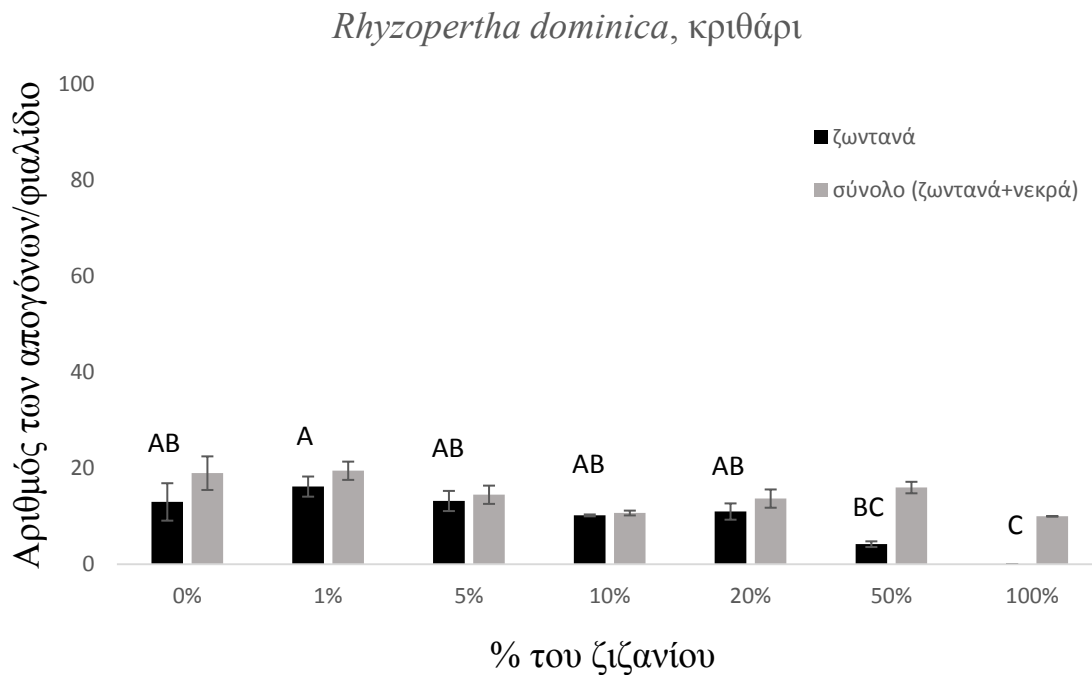
Διάγραμμα 2. Ο μέσος αριθμός (\pm SEM) της παραγωγής απογόνων του *Sitophilus oryzae* (ζωντανός απόγονος και ολικός απόγονος (ζωντανός + νεκρός)) για κάθε διαδικασία, τα μέσα που ακολουθούνται από τα ίδια κεφάλαια δεν διαφέρουν σημαντικά. Σε όλες τις περιπτώσεις $df = 6,27$ και δοκιμή HSD σε $P = 0.05$ (ολικοί απόγονοι $F=4.7$; $P=0.003$, ζωντανοί απόγονοι $F=7.3$; $P<0.001$). Πριν από την ανάλυση, όλα τα σύνολα δεδομένων υποβλήθηκαν ξεχωριστά για να εξεταστεί η ομοιογένεια των διακυμάνσεων (ζωντανοί απόγονοι *S. oryzae* στο κριθάρι δοκιμή Levene: $F = 2.2$; $P = 0.08$, ολικός απόγονος δοκιμή Levene: $F = 2.3$; $P = 0.08$).



Διάγραμμα 3. Ο μέσος αριθμός (\pm SEM) της παραγωγής απογόνων *Rhizopertha dominica* (ζωντανός απόγονος και ολικός απόγονος (ζωντανός + νεκρός)) για κάθε διαδικασία, τα μέσα που ακολουθούνται από τα ίδια κεφάλαια δεν διαφέρουν σημαντικά. Σε όλες τις περιπτώσεις $df = 6,27$, HSD σε $P = 0.05$ (ολικοί απόγονοι $F=6.0$; $P<0,001$, ζωντανοί απόγονοι $F=9.0$; $P<0.001$). Πριν από την ανάλυση, όλα τα σύνολα δεδομένων υποβλήθηκαν χωριστά για να εξεταστεί η ομοιογένεια των διακυμάνσεων (ζωντανοί απόγονοι *R. dominica* στο σιτάρι δοκιμή Levene: $F = 1.6$; $P = 0.20$ · για τον ολικό απόγονο δοκιμή Levene: $F = 1.5$; $P = 0.22$).



Διάγραμμα 4. Ο μέσος αριθμός (\pm SEM) της παραγωγής απογόνων *Rhizopertha dominica* (ζωντανός απόγονος και ολικός απόγονος (ζωντανός + νεκρός)) για κάθε διαδικασία, τα μέσα που ακολουθούνται από τα ίδια κεφάλαια δεν διαφέρουν σημαντικά. Σε όλες τις περιπτώσεις $df = 6,27$, η δοκιμή HSD σε $P = 0.05$ (ολικοί απόγονοι $F=2.6$; $P=0.050$, ζωντανοί απόγονοι κριθάρι $F=6.6$; $P=<0,001$). Πριν από την ανάλυση, όλα τα σύνολα δεδομένων υποβλήθηκαν ξεχωριστά για να εξετασθεί η ομοιογένεια των διαφορών (ζωντανοί απόγονοι *R. dominica* στο κριθάρι δοκιμή Brown-Forsythe: $F = 1.4$; $P = 0.27$ για τον ολικό απόγονο δοκιμή Brown-Forsythe: $F = 1.21$; 0.34).



6. Συζήτηση

Σε διάφορα μέρη του κόσμου, δόθηκε προσοχή στην εκμετάλλευση φυτικών προϊόντων ως νέων εντομοκτόνων στην φυτοπροστασία. Η δημοτικότητα των βοτανικών εντομοκτόνων αυξάνεται και ορισμένα φυτικά προϊόντα χρησιμοποιούνται παγκοσμίως ως βιολογικά φυτοφάρμακα. Βιοχημικές μελέτες έχουν δείξει την παρουσία δευτερογενών μεταβολιτών γνωστών για την εντομοκτόνο δράση τους και τοξικών αλκαλοειδών στο κοινό ζιζάνιο *Solanum elaeagnifolium*. Στην μελέτη των Hamouda et al. (2015) αποκαλύφθηκε πως τα μεθανολικά εκχυλίσματα από τους σπόρους και τα φύλλα του *S. elaeagnifolium* έδειξαν εντομοκτόνο δράση έναντι του *T. castaneum*. Αυτή η δραστηριότητα αποδίδεται κυρίως στα γλυκοαλκαλοειδή που προκαλούν θνησιμότητα, μέσω στομάχου, αλλά και ως αποτρεπτικά βρώσεις. Αυτό δείχνει ότι οι δραστικές ουσίες που υπάρχουν στο φυτό αυτό αναστέλλουν τη συμπεριφορά τροφοδοσίας του εντόμου ή καθιστούν το τρόφιμο δυσάρεστο ή οι ουσίες επηρεάζουν άμεσα την απόθεση των εντόμων από την τροφή. Επιπλέον, στη μελέτη των Wang et al. (2006) αξιολογήθηκαν οι πιθανές απωθητικές και καπνιστικές επιδράσεις των αιθέριων ελαίων που εξάγονται από φύλλα *Artemisia vulgaris* στο *T. castaneum*. Το έλαιο έδειξε ότι είχε απωθητική δράση και φάνηκε αποτελεσματικό και έχει ισχυρή υποκαπνιστική δράση ενάντια στα ακμαία και τις προνύμφες και ειδικά τα αυγά του *T. castaneum*, με καλά επίπεδα θνησιμότητας.

Στην παρούσα εργασία διαπιστώσαμε πως τόσο για το *R. dominica* όσο και για το *Sitophilus oryzae* δεν υπήρχε παραγωγή απογόνων όταν η παρουσία του ζιζανίου ήταν 100% επί της συνολικής ποσότητας των σπόρων. Επίσης η παραγωγή απογόνων αυξήθηκε σημαντικά με τη μείωση της παρουσίας του ζιζανίου και για τα δυο δημητριακά. Για το *R. dominica*, η παραγωγή απόγονων ήταν γενικά μεγαλύτερη στο σιτάρι σε σχέση με το κριθάρι ενώ στο *S. oryzae* η παραγωγή απογόνων ήταν μεγαλύτερη στο κριθάρι από ότι το σιτάρι. Τα δεδομένα αυτά πιθανόν

να δείχνουν και σαφείς τροφικές προτιμήσεις, αν και τα δύο είδη αναπτύσσονται ταχύτατα και στα δύο είδη δημητριακών (Hagstrum and Subramanyam, 2009). Έτσι, είναι πιθανόν οι όποιες διαφορές να οφείλονται και σε διάφορες άλλες βιοτικές ή αβιοτικές συνθήκες, όπως η ποικιλία, η υγρασία κα. Επιπροσθέτως, στο *S. oryzae* επιπλέον τα νεκρά έντομα ήταν αρκετά περισσότερα από ότι στο *R. dominica*, γεγονός που πιθανόν να σχετίζεται και με το γεγονός ότι το πρώτο είδος γενικά είναι πιο ευαίσθητο σε αλλαγές συνθηκών και ενδιαιτημάτων, ακόμα και μεταξύ δημητριακών (Athanassiou et al., 2017).

Σε παρόμοιες μελέτες, όπως αυτή των Cao et al. (2019) βρέθηκε πως πλούσια σε πινένιο αιθέρια έλαια από το *Haplophyllum dauricum* (Sapindales: Rutaceae) παρουσιάζουν δράση ενάντια στα έντομα *T. castaneum* και *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae). Τα αιθέρια έλαια εμφάνισαν ισχυρή δράση εναντίον των ακμαίων, λόγω των κύριων συστατικών του αιθέριου ελαίου σε α-πινένιο, β-πινένιο, β-φελανδρένιο, 3-καρένη και λιμονένιο, καθώς και σε δευτερεύουσες οξυγονούχες ενώσεις ως πιθανά συνερίστηκα συστατικά. Αυτά τα ευρήματα δείχνουν ότι τα μείγματα των κύριων ενώσεων είναι πολλά υποσχόμενα ώστε να γίνει ανάπτυξη οικολογικών φιλικών αποτελεσματικών εντομοκτόνων, συμπεριλαμβανομένου του νανογαλακτώματος των αιθέριων ελαίων. Ακόμα ένα παράδειγμα είναι η έρευνα των Cao et al. (2018) όπου το αιθέριο έλαιο εξήχθη από τους καρπούς του *Evodia lenticellata* και αξιολογήθηκε ως προς τη καπνιστική του τοξικότητα, καθώς και η αποθητικότητα έναντι τριών ειδών εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων, των *T. castaneum*, *L. serricorne* και *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae). Τα αποτελέσματα της δοκιμής αυτής έδειξαν ότι το αιθέριο έλαιο και οι δοκιμαστικές ενώσεις της είχαν ενδο-ειδική τοξικότητα και αποθητική δράση. Για αυτό το λόγο, θα μπορούσε να αναμένεται ότι το αιθέριο έλαιο που εξάγεται από τους καρπούς του *E. lenticellata* θα μπορούσε να αναπτυχθεί σε ένα νέο είδος οικολογικού

φυσικού εντομοκτόνου ή απωθητικού για τον έλεγχο των εντόμων αποθηκών. Αντιλαμβανόμαστε πως η χρήση φυτικών προϊόντων στην φυτοπροστασία είναι εφικτή, αποτελεσματική και τα αιθέρια έλαια, θα μπορούσαν να είναι πιθανές εναλλακτικές λύσεις έναντι των σημερινών απολυμαντικών αποθηκευμένων σπορών λόγω της χαμηλής τοξικότητάς τους στα θερμόαιμα θηλαστικά και της υψηλής πτητικότητάς τους.

Στην μελέτη αυτή, τα δημητριακά που χρησιμοποιήθηκαν είναι το σιτάρι και το κριθάρι. Για αυτό το λόγο, σε αυτή την ενότητα, θα διερευνήσουμε την δυναμική που έχουν με διάφορα ζιζάνια. Το σιτάρι είναι από τις σημαντικότερες καλλιέργειες δημητριακών και τροφίμων παγκοσμίως και καλλιεργείται σχεδόν σε όλα τα μέρη του κόσμου. Είναι ένα βασικό διατροφικό στοιχείο για ένα μεγάλο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού. Οποιαδήποτε μείωση της απόδοσης του σίτου από βιοτικούς ή αβιοτικούς παράγοντες μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια. Τα ζιζάνια είναι το πιο επιβλαβές παράσιτο του σίτου που προκαλεί συνολικά 24% απώλειες στην απόδοση των σιτηρών σίτου (Jabran et al. 2017). Πρέπει πάντα να γίνεται αποφυγή εισόδου ζιζανίων στα συστήματα καλλιέργειας. Οι καλλιέργειες σίτου μολύνονται σε μεγάλο βαθμό μέσω της εισαγωγής σπόρων ζιζανίων από διαφορετικές πηγές. Τα ζιζάνια που ταυτίζονται με την καλλιέργεια όσον αφορά τις αναπτυξιακές συνήθειες, τον κύκλο ζωής και την περίοδο παραγωγής σπόρων, είναι τα πιο προβληματικά. Για παράδειγμα, τα *Lolium rigidum* (Poales: Poaceae) και *Raphanus raphanistrum* (Brassicales: Brassicaceae) ωριμάζουν ταυτόχρονα με την καλλιέργεια σιταριού και οι σπόροι τους ενδέχεται να μολύνουν τους συγκομισμένους σπόρους του σίτου (Walsh et al. 2013). Όσον αφορά το κριθάρι, παράγεται σε ποικίλο κλίμα και σε αρδευόμενες και ξηρές περιοχές παραγωγής. Το κριθάρι καλλιεργείται σε περίπου 57 εκατομμύρια εκτάρια, από τα οποία 32 εκατομμύρια εκτάρια βρίσκονται στις αναπτυσσόμενες χώρες, συμπεριλαμβανομένων εκείνων της Κεντρικής Ασίας

και του Καυκάσου (Grando and McPherson, 2005). Πολλά πλατύφυλλα ζιζάνια προσβάλλουν την καλλιέργεια κριθαριού και μπορούν να μειώσουν τις αποδόσεις ανάλογα με την πυκνότητα των ζιζανίων και το στάδιο της καλλιέργειας. Αρκετές μελέτες ανέφεραν ότι ένας αγώνας για την καταπολέμηση των ζιζανίων κατά τη διάρκεια μιας σεζόν μείωσε τις αποδόσεις κριθαριού κατά 28,1% στην Ινδία και κατά 6-79% στον Καναδά. Η παρέμβαση 55-70 φυτών *Avena fatua* (Poales: Poaceae) ανά m² μείωσε την απόδοση του κριθαριού κατά 14-22% στον Καναδά και κατά 25% στην Αργεντινή και μια μελέτη στη Γερμανία ανέφερε ότι πυκνότητες *Cirsium arvense* (Asterales: Asteraceae) και *A. fatua* υψηλότερες από 5 φυτά ανά m² μείωσαν την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και το μέγεθος των κόκκων σε μεγάλο βαθμό (Bhullar et al. 2013). Καταλαβαίνουμε λοιπόν, ποσό σημαντική είναι η καταπολέμηση των ζιζανίων. Η υιοθέτηση στρατηγικών διαχείρισης σοβαρών ζιζανίων μπορεί να βοηθήσει στην καταπολέμηση τους και να αποφύγουμε τις απώλειες απόδοσης.

Στην μελέτη αυτή παρατηρούμε την ανάπτυξη των πληθυσμών των εντόμων *R. dominica* και *S. oryzae* τα οποία είναι καταστρεπτικά αν αφεθούν ανεξέλεγκτα και μπορούν να καταστρέψουν τεράστιες ποσότητες των αποθηκευμένων προϊόντων. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι η παρουσία του *S. marianum* έχει θετικά αποτελέσματα ως προς τον έλεγχο του πληθυσμού ανάπτυξης των εντομών αυτών, αποτελέσματα πολύ «καλοδεχόμενα» καθώς δεν χρησιμοποιήσαμε συνθετικά εντομοκτόνα. Παρόμοιες μελέτες για έλεγχο ανάπτυξης πληθυσμού έχουν γίνει για τα έντομα αυτά. Η μελέτη των Carvalho et al. (2012) αναφέρει την αποτελεσματικότητα της χρήσης CO₂ έναντι του *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) και του *S. oryzae* ως εναλλακτική θεραπεία για τον υποκαπνισμό του ρυζιού που φυλάσσεται σε μύλο ρυζιού στην Πορτογαλία. Η θεραπεία κατέστειλε τα αυγά, τις νεαρές προνύμφες και τα ακμαία *Sitophilus* spp. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι η χρήση υψηλής συγκέντρωσης CO₂

σε ένα αεροστεγές σιλό και σε ερμητικά σφραγισμένους μεγάλους σάκους είναι μια εφικτή εναλλακτική λύση για τον έλεγχο της εμφάνισης επιβλαβών οργανισμών κατά την αποθήκευση του ρυζιού. Τα επίπεδα CO₂ στις ερμητικά σφραγισμένες μεγάλες σακούλες και σιλό παρέμειναν σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια της έκθεσης και η αποτελεσματικότητα ελέγχου επαληθεύθηκε σε όλες τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες και η αισθητηριακή ποιότητα του επεξεργασμένου με CO₂ ρυζιού που αξιολογήθηκε μετά το μαγείρεμα δεν αποκάλυψαν διαφορές μεταξύ του επεξεργασμένου και του μη επεξεργασμένου ρυζιού. Επιπλέον στην μελέτη των Velasquez et al. (2017) έγινε η αξιολόγηση της τοξικότητας και των φυσιολογικών και αντιδράσεων συμπεριφοράς πέντε πληθυσμών του *R. dominica* που εκτίθενται σε αέριο όζοντος. Βρέθηκε πως η ευαισθησία ήταν ιδιαίτερα υψηλή, ανεξάρτητα από τον πληθυσμό.

Παρόλα τα παραπάνω, ο απώτερος σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η επισήμανση της δυνατότητας ανάπτυξης των υπό εξέταση εντόμων αποθηκών σε σπόρους του ζιζανίου, όταν αυτοί βρίσκονται μόνοι τους, ή όταν υπάρχει και κάποιο δημητριακό διαθέσιμο. Με βάση τα δεδομένα της παρούσας μελέτης, τα ως άνω έντομα δεν μπορούν να αναπτυχθούν στους σπόρους του ζιζανίου, ενώ και η παραμικρή παρουσία των σπόρων αυτών στο σιτάρι και το κριθάρι, μείωση την παραγωγή απογόνων. Παρόλο που κάποια από τα είδη αυτά μπορούν να αναπτυχθούν, οριακά, σε διάφορα είδη ζιζανίων (Hagstrum and Subramanyam, 2009), εν τούτοις θα πρέπει να τονίσουμε ότι τα ενδιαιτήματα αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν ως πρωτεύοντα, κυρίως λόγω της παρουσίας ουσιών οι οποίες είναι βλαβερές ή αποτρεπτικές για τα έντομα αποθηκών. Τα *R. dominica* και *S. oryzae* λοιπόν, τόσο στο σιτάρι όσο και στο κριθάρι, δεν ευνοούνται από την ταυτόχρονη παρουσία σπόρων του *S. marianum*. Αναμφίβολα, τα ποσοστά τα οποία εξετάστηκαν εδώ ήταν ιδιαίτερα υψηλά και δεν αντιστοιχούν συνήθως στα ποσοστά

σπόρων ζιζανίων σε πραγματικές συνθήκες μετά τη συγκομιδή. Η δράση αυτή όμως, θα πρέπει να εξεταστεί και σε άλλα ζιζάνια, όπως τα αγρωστώδη, για τα οποία ενδεχομένως τα ποσοστά να είναι υψηλότερα σε πραγματικές συνθήκες.

7. Συμπεράσματα

Η δημοτικότητα των βοτανικών παρασιτοκτόνων αυξάνεται και ορισμένα φυτικά προϊόντα χρησιμοποιούνται παγκοσμίως ως βιολογικά φυτοφάρμακα. Στην μελέτη αυτή παρόλο οι ποσότητες του ζιζανίου που εξετάστηκαν ήταν υψηλές, η παρουσία σπόρων ζιζανίων στα δημητριακά είναι πιθανή και έχει σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη των εντόμων αποθηκών. Βρήκαμε πως τόσο για το *R. dominica* όσο και για το *S. oryzae* δεν υπήρχε παραγωγή απογόνων όταν η παρουσία του ζιζανίου ήταν 100% επί της συνολικής ποσότητας των σπόρων καθώς και ότι η παραγωγή απογόνων αυξήθηκε σημαντικά με τη μείωση της παρουσίας του ζιζανίου και για τα δυο δημητριακά. Θα χρειαστούν περαιτέρω μελέτες, έτσι ώστε να βρεθούν και οι παράγοντες εκείνοι που σχετίζονται με την παρουσία του *S. marianum* και την εντομοκτόνο ιδιότητά του.

8. Βιβλιογραφία

Alanko, K., Tuomi, T., Vanhanen, M., Pajari-Backas, M., Kanerva, L., Havu, K., Saarinen, K., Bruynzeel, D.P., 2000. Occupational IgE-mediated allergy to *Tribolium confusum* (confused flour beetle). *Allergy* 55, 879-82.

Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Campbell, J.F., 2017. Competition of three species of *Sitophilus* on rice and maize. *PLoS One* 12(3): e0173377.

Bajwa, A.A., Nguyen. T., Navie, S., O'Donnell, C., Adkins, S., 2018. Weed seed spread and its prevention: The role of roadside wash down. *Journal of Environmental Management*. 208, 8-14.

Beti, J.A., Phillips, T.W., Smalley, E.B., 1995. Effect of maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on production of aflatoxin B1 by *Aspergillus flavus* instored corn. *Journal of Economic Entomology*. 88, 1776-1782.

Bhullar, M.S., Kaur, S., Kaur, T., Singh, T., Singh, M., Jhala, A-J., 2013. Control of broadleaf weeds with post-emergence herbicides in four barley (*Hordeum* spp.) cultivars. *Crop Protection*. 43, 216-222.

Borzoui, E., Naseri B., 2016. Wheat cultivars affecting life history and digestive amyolytic activity of *Sitotroga cerealella* Olivier (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bulletin of Entomological Research*. 106, 464-473.

Cao, J-Q., Guo, S-S., Wang, Y., Pang, X., Geng, Z-F., Du, S-S., 2018. Toxicity and repellency of essential oil from *Evodia lenticellata* Huang fruits and its major monoterpenes against three stored-product insects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 160, 342-348.

- Cao, J-q., Pang, X., Guo, S-s., Wang, Y., Geng, Z-f., Sang, Y-l., Guo, P-j., Du, S-s., 2019.** Pinene-rich essential oils from *Haplophyllum dauricum* (L.) G. Don display anti-insect activity on two stored-product insects. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 140, 1-8.
- Carvalho, M.O., Pires, I., Barbosa, A., Barros, G., Riudavets, J., Garcia, A.C., Brites, C., Navarro, S., 2012.** The use of modified atmospheres to control *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* on stored rice in Portugal *Journal of Stored Products Research*. 50, 49-56.
- Champ, B.R. Dyte, C.E., 1976.** Global survey of pesticide susceptibility of stored grains pests. *FAO Plant Protection Science*, NO. 5 FAG, Rome.
- Cordain, L., 1999.** Cereal grains: humanity's double-edged sword, *World Rev. Nutr. Diet*. 84, 19-73.
- Edde, P.A., 2012.** A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *Journal of Stored Products Research*. 48, 1-18.
- El-Mofty, M.M., Khudoley, V.V., Sakr, S.A., Fathala, N.G., 1992.** Flour infested with *Tribolium castaneum*, biscuits made of this flour, induce neoplastic lesions in Swiss albino mice. *Journal Nutrition and Cancer*. 17, 97-104.
- Gazak, R., Svobodova, A., Psotova, A., 2004.** Oxidized derivatives of silybin and their antiradical and antioxidant activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 12, 5677.
- Grando, S., Mcpherson, H.G. (Eds.), 2005.** Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge. In: *Proc. International Workshop on Food Barley Improvement*. 14–17, 56.
- Guo, L., Qiu, J., Li L-F., Lu, B., Olsen, K., Fan, L., 2018.** Genomic Clues for Crop–Weed Interactions and Evolution, 1102-1115.

Hagstrum, D.W., Subramanyam Bh., 2009. Stored-product Insect Resource. AACC International, St. Paul, Minnesota.

Hamouda, A.B., Chaieb, I., Zarrad, K., Laarif, A., 2015. Insecticidal activity of methanolic extract of Silverleaf nightshade against *Tribolium castaneum*. International Journal of Entomological Research. 03 (01), 23-28.

Hussain, N., Abbasi, T., Abbasi, S.A., 2018. Evaluating the fertilizer and pesticidal value of vermicompost generated from a toxic and allelopathic weed ipomoea. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.

Jabran, K., Mahmood, K., Melander, B., Bajwa, A-A., Kudsk, P., 2017. Chapter Three - Weed Dynamics and Management in Wheat. Advances in Agronomy. 145, 97-166.

Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadou, A., 2011. Cultivation of milk thistle (*Silybum marianum* L. Gaertn.), a medicinal weed. Industrial Crops and Products. 34 (2011) 825– 830.

Katiyar, S., 2005. Silymarin and skin cancer prevention: anti-inflammatory, antioxidant and immunomodulatory effects (review). International Journal of Oncology. 26, 169.3

Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Boukouvala, M.C., Tsekos, G.T., 2019. Influence of different non-grain commodities on the population growth of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). Journal of Stored Products Research. 81, 31-39.

Medical Economics Company, 2000. Milk Thistle (*Silybum marianum*) in PDR for Herbal Medicines. Med. Econom. Comp., Montvale, NJ. 516–520.

Perez-Mendoza, J., Throne, J.E., Maghirang, E.B., Dowell, F.E., Baker, J.E., 2005. Insect fragments in flour: relationship to lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae) infestation level

in wheat and rapid detection using near-infrared spectroscopy. *Journal of Economic Entomology*. 98, 2282-2291.

Rainone, F., 2005. Milk thistle. *Am. Family Phys.* 72, 1285.

Ramasamy, K., Agarwal, R., 2008. Multitargeted therapy of cancer by silymarin mini-review. *Cancer Letters*. 269, 352-362.

Seitz, L.M., Sauer, D.B., 1996. Volatile compounds and odors in grain sorghum infested with common storage insects. *Cereal Chem.* 73, 744-750.

Streit, E., Schatzmayr, G., Tassis, P., Tzika, E., Marin, D., Taranu, I., Tabuc, C., Nicolau, A., Aprodu, I., Puel, O., Oswald I.P., 2012. Current situation of mycotoxin contamination and co-occurrence in animal feed-focus on Europe. *Toxins (Basel)*. 4, 788-809.

Velasquez, L.P.G., Faroni, L.R.D'A., Pimentel, M.A.G., Heleno, F.F., Prates, L.H.F., 2017. Behavioral and physiological responses induced by ozone in five Brazilian populations of *Rhyzopertha dominica*. *Journal of Stored Products Research Volume*. 72, 111-116.

Walsh, M., Newman, P., Powles, S.B., 2013. Targeting weed seeds in-crop: a new weed control paradigm for global agriculture. *Weed Technology*. 27, 431-436.

Wang, J., Zhu, F., Zhou, X.M., Niu, C.Y., Lei, C.L., 2006. Repellent and fumigant activity of essential oil from *Artemisia vulgaris* to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 42, 339-347.

Weston, P.A., Barney, R.J., Sedlacek, J.D., 1993. Planting date influences preharvest infestation of dent corn by Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*. 86, 174-180.

Σταμόπουλος, Δ., 2008. Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών.

Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1: Εργαστηρίου Εντομολογίας Σχολής

Εικόνα 2: Εργαστηρίου Εντομολογίας Σχολής

Εικόνα 3: Εργαστηρίου Εντομολογίας Σχολής

Εικόνα 4: Σημειώσεις Μαθήματος Προστασία Αποθηκευμένων Προϊόντων

Εικόνα 5: Εργαστηρίου Εντομολογίας Σχολής

Εικόνα 6: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 7: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 8: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 9: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 10: Προσωπικό αρχείο