



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Επίδραση του επιεφυμενιδικού υλικού του φυτού *Dittrichia viscosa* σε  
έντομα αποθηκευμένων προϊόντων».**

**Λαμπίρη Ευαγγελία**

**Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Λεβίζου Ευθυμία**

**Βόλος, 2018**

**Επίδραση του επιεφυμενιδικού υλικού του φυτού *Dittrichia viscosa* σε έντομα  
αποθηκευμένων προϊόντων**

**Λαμπήρη Ευαγγελία**

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

**Λεβίζου Ευθυμία**

Επίκουρη Καθηγήτρια Φυσιολογίας Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής  
και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

**Αθανασίου Χρήστος**

Καθηγητής Εντομολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Νάκας Χρήστος**

Αναπληρωτής Καθηγητής Βιομετρίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και  
Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ζιζανιολογίας, υπό την επίβλεψη της Επίκουρης Καθηγήτριας κας Λεβίζου Ευθυμίας. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω θερμά για την υποστήριξη και εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας, για τις σημαντικές συμβουλές που μου έδωσε καθώς και για την ευκαιρία να εντρυφήσω περισσότερο στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Αθανασίου, για την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλη την πορεία της πτυχιακής μου διατριβής καθώς και για τον χρόνο που μου αφιέρωσε αλλά και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Νάκα που συμμετείχε στην αξιολόγηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Θα ήταν παράλειψή μου να μην ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα του εργαστηρίου Εντομολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Αγραφιώτη Παρασκευή για τη βοήθεια που μου χάρισε και την καθοδήγηση της στο αντίστοιχο Εργαστήριο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις καρδιακές μου φίλες και ξαδέρφες, Πόπη και Έλλη που είναι πάντα δίπλα μου.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου και ειδικότερα την μητέρα μου που δε έπαψε ποτέ να πιστεύει σε μένα και στις δυνατότητες μου.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
1.Εισαγωγή.....	7
1.1 <i>Dittrichia viscosa</i> : Επιεφυμενιδικό υλικό και χρήσεις .....	7
1.2 Τα έντομα αποθηκών και η αντιμετώπισή τους .....	8
1.3 Φυτικής προέλευσης εντομοκτόνα .....	12
1.4 Σκοπός παρούσας εργασίας.....	14
2. Υλικά και Μέθοδοι .....	14
2.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά του φυτού <i>Dittrichia viscosa</i> .....	14
2.2 Έντομα .....	14
2.3 Συλλογή και προετοιμασία του επιεφυμενιδικού υλικού του φυτού <i>Dittrichia viscosa</i> .....	18
2.4 Χημική σύσταση λυοφιλωμένου επιεφυμενιδικού εκκρίματος του φυτού <i>Dittrichia viscosa</i> .....	19
2.5 Αξιολόγηση της εντομοκτόνου δράσης του σκευάσματος .....	20
2.6 Στατιστική ανάλυση.....	21
3. Αποτελέσματα .....	21
4. Συζήτηση.....	26
5.Συμπεράσματα .....	30
Βιβλιογραφία .....	31

## Περίληψη

Το επιεφυμενιδικό υλικό του αυτοφυούς φυτού *Dittrichia viscosa* αποτελεί ένα υδατοδιαλυτό μίγμα φλαβονοειδών και σεσκιτερπενίων με έντονη αλληλοπαθητική δράση έναντι άλλων φυτικών ειδών. Επίσης, παρέχει στο φυτό αυξημένη προστασία από την υπερϊώδη ακτινοβολία και περιορίζει την απώλεια νερού από την επιφάνεια των φύλλων. Εκχυλίσματα από αποξηραμένους φυτικούς ιστούς του φυτού *D. viscosa* έχουν δείξει παρεμποδιστική δράση έναντι πολλών φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών. Στη παρούσα πτυχιακή διατριβή έγινε έλεγχος της αποτελεσματικότητας του λυοφιλιωμένου υδατικού εκπλύματος φύλλων του *D. viscosa* σε τέσσερα είδη εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα και επιφέρουν μετασυλλεκτικές απώλειες. Ακόμη, αξιολογήθηκε η ικανότητα του φυτικής προέλευσης σκευάσματος (λυοφιλιωμένο επιεφυμενιδικό υλικό) να καταστείλει την παραγωγή απογόνων των εξετασθέντων εντόμων. Το υδατοδιαλυτό φυτικό έκκριμα λήφθηκε από φυτά που συλλέχθηκαν τον Σεπτέμβριο του 2016 και ακολούθησε η λυοφιλίωση του. Στις δοκιμές που έλαβαν μέρος, το έκπλυμα εφαρμόστηκε σε τρεις δόσεις των 1000, 3000 και 5000 ppm. Μετρήθηκε η θνησιμότητα των ατόμων κατά τις ημέρες 1, 3, 7, 14 και 21 από την εφαρμογή. Όσο αφορά την παραγωγή απογόνων, η μέτρηση πραγματοποιήθηκε την 65<sup>η</sup> ημέρα από την τελευταία ημέρα καταγραφής των ποσοστών θνησιμότητας των εντόμων (21<sup>η</sup> μέρα από την εφαρμογή). Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η αποτελεσματικότητα του επιεφυμενιδικού υλικού εμφανίζει μια δοσο-εξαρτώμενη κλιμάκωση και σχετίζεται με το είδος του εντόμου. Μεγαλύτερη ευαισθησία στο σκεύασμα επέδειξε το *Oryzaephilus surinamensis*, με επόμενα τα *Tribolium confusum* και *Sitophilus oryzae*, ενώ μικρότερη ευαισθησία είχε το *Rhyzopertha dominica*. Κάθε είδος εντόμου έλαβε το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας σε διαφορετική συγκέντρωση φυτικής προέλευσης σκευάσματος. Η παραγωγή απογόνων ήταν ιδιαίτερα μειωμένη για όλα τα είδη εντόμων σε σχέση με το μάρτυρα. Για παράδειγμα, σε κάποιες από τις επεμβάσεις για το *O. surinamensis*, βρέθηκαν μόλις 0.2 ακμαία ανά φιαλίδιο, ενώ στους αντίστοιχους μάρτυρες καταγράφηκαν πάνω από 40 ακμαία ανά φιαλίδιο. Παρότι τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι ενθαρυντικά ως προς τη χρήση του επιεφυμενιδικού υλικού του φυτού *D. viscosa* ως φυτοπροστατευτικού προϊόντος, περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη προκειμένου να ανακαλυφθούν και να εξεταστούν πιο διεξοδικά οι παράγοντες που επιδρούν στην εντομοκτόνο της δράση.

## Summary

The epicuticular material of the ruderal species *Dittrichia viscosa* is a water-soluble mixture of flavonoids and sesquiterpenes with well documented allelopathic activity against other plant species. It also provides the plant with increased protection against the ultraviolet radiation and reduces the water loss from the leaves' surface. *Dittrichia viscosa* dried plant tissue extracts have been shown to inhibit many phytopathogenic microorganisms. This dissertation examined the effectiveness of this epicuticular material in four major stored-product beetle species. Furthermore, the potential of the botanical formulation (lyophilized epicuticular material) to suppress the progeny production of the tested insects was also evaluated. The water-soluble plant extract was derived from plants harvested in September 2016, followed by freeze-drying. In the tests that took place, the solution was applied in three doses: 1000, 3000 and 5000 ppm. The mortality of individuals was measured at 1, 3, 7, 14 and 21 days after the application. Moreover, progeny production capacity in the treated substrate was recorded 65 days after the last day of recording the insect mortality rates (21st day after application). The results demonstrate that the efficacy of the epicuticular material exhibits a dose-dependent response which is related with the target species. *Oryzaephilus surinamensis* showed the highest susceptibility to the formulation, followed by *Tribolium confusum* and *Sitophilus oryzae*, while *Rhyzopertha dominica* was the least susceptible. Progeny production was particularly reduced for all species relative to the controls. Indicatively, for *O. surinamensis*, at the highest dose rate, there were only 0.2 adults per vial, while the respective figures for the control exceeded 40 adults per vial. Although our results are promising for the future use of this epicuticular material as a plant protection product, further investigation is necessary, in order to evaluate further the factors that affect its insecticidal activity.

## 1.Εισαγωγή

### 1.1 *Dittrichia viscosa* : Επιεφυμενιδικό υλικό και χρήσεις

Το *Dittrichia viscosa* L. (W. Greuther) είναι ένα αυτοφυές ανθοφόρο φυτό της οικογένειας των Asteraceae, το οποίο αναφέρεται κοινώς ως ακονιζιά. Τα υπέργεια όργανα του φυτού καλύπτονται από τρίχωμα, αποτελούμενο από αδενώδεις και μη αδενώδεις τρίχες. Οι αδενώδεις τρίχες είναι υπεύθυνες για την εκκριτική λειτουργία του τριχώματος, καθώς από τα κύτταρα της κεφαλής των τριχών εκκρίνονται πληθώρα λιπόφιλων συστατικών (όπως λιπίδια), πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες (Parolin et al., 2014). Το λιπόφιλο αυτό έκκριμα, καλείται επιεφυμενιδικό, διότι είναι προσκολλημένο στην κηρώδη επιφάνεια της εφυμενίδας (Σταυριανάκου, 2009) και προσδίδει κολλώδη και ιξώδη χαρακτήρα στα φυτικά όργανα του φυτού *D. viscosa* (Καββάδας, 1956). Με την μέθοδο της φασματοφωτομετρίας διαπιστώθηκε ότι το επιεφυμενιδικό μίγμα είναι υδατοδιαλυτό σε ποσοστό 75% και αυξομειώνεται ανάλογα με την εποχή (Stephanou και Manetas, 1997a). Έπειτα από χημική ανάλυση του λυοφιλωμένου υδατικού εκπλύματος του επιεφυμενιδικού υλικού του φυτού απομονώθηκαν 7 φλαβονοειδή και 8 σεσκιτερπένια (Σταυριανάκου, 2009).

Η χρήση του φυτού *D. viscosa* είτε ως εκχύλισμα από τους φυτικούς ιστούς είτε ως αιθέριο έλαιο παρουσιάζει αυξανόμενο ενδιαφέρον από γεωπονικής πλευράς, καθώς οι σύγχρονες τάσεις στην φυτοπροστασία και στην ολοκληρωμένη διαχείριση των καλλιεργειών επιτάσσουν την εφαρμογή βιολογικών σκευασμάτων, προερχόμενων από φυσικές πηγές. Συγκεκριμένα, σε μελέτες που έχουν διεξαχθεί, εκχυλίσματα και αιθέρια έλαια προερχόμενα από το φυτό παρουσιάζουν μυκητοστατική και αντιμυκητιακή δράση έναντι πολλών μυκήτων, οι οποίοι είναι υπαίτιοι για τις σημαντικές ασθένειες των καλλιεργειών. Σε αυτούς συγκαταλέγονται οι *Fusarium moniliforme* (Hypocreales: Nectriaceae), *Sclerotinia sclerotiorum* (Helotiales: Sclerotiniaceae), *Rhizoctonia solani* (Cantharellales: Ceratobasidiaceae) και *Phytophthora capsici* (Peronosporales: Peronosporaceae) (Yegen et al., 1992). Ακόμα, δρα ως απωθητικό ή ακαρεοκτόνο κατά του ακάρεως *Tetranychus cinnabarinus* (D.) (Arachnida: Tetranychidae) (Topakci et al., 2005), ενώ είναι και αποτελεσματικό έναντι ορισμένων νηματωδών, με πιο ευπαθή τον *Meloidogyne javanica* (Tylenchida: Heteroderidae) (Oka et al., 2001). Επίσης, η εφαρμογή του σε αποθηκευμένο καλάμποκι που έχει προσβληθεί από συγκεκριμένα είδη εντόμων αποθηκών, έδειξε ότι ήταν αποτρεπτικό βρώσης (Daniewski et al., 1986).

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του επιεφυμενιδικού υλικού είναι και η αλληλοπαθητική επίδραση έναντι της φύτευσης σπόρων άλλων γειτονικών ειδών, χωρίς να παρεμποδίζει την φύτευση σπερμάτων του ίδιου είδους (Stephanou και Manetas, 1997a; Stavrianakou et al., 2004). Το επιεφυμενιδικό μίγμα προσφέρει επιπλέον πλεονεκτήματα στο φυτό, όπως η μειωμένη απώλεια νερού από την κηρώδη επιφάνεια της εφυμενίδας, καθώς και η προστασία του φυτού από την υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς το έκκριμα χαρακτηρίζεται από ισχυρή απορρόφηση σε αυτή (Parolin et al., 2014).

Τέλος, στις χώρες της λεκάνης της Μεσογείου το φυτό *D. viscosa* είναι γνωστό για τις πολυάριθμες φαρμακευτικές της ιδιότητες. Εκχυλίσματα του φυτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επούλωτικό πληγών, αναλγητικό και αντιπυρετικό, ενώ υπάρχουν αναφορές για την αντιμυκητιακή και αντιμικροβιακή δράση του (Parolin et al., 2014). Στο Ισραήλ και στο Μαρόκο, γίνεται χρήση του φυτού σε διαβητικούς αλλά και για την θεραπεία καρδιακών νοσημάτων (Σταυριανάκου, 2009).

## 1.2 Τα έντομα αποθηκών και η αντιμετώπισή τους

Ως «έντομο αποθηκών» χαρακτηρίζεται κάθε είδος εντόμου που προσβάλλει και ζημιώνει ένα προϊόν και δύναται να αναπτυχθεί και αναπαραχθεί σε χώρους που αποθηκεύονται γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα για αρκετό χρονικό διάστημα (Μπουχέλος, 1996). Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι κάθε είδος εντόμου μπορεί να προκαλέσει υποβάθμιση και να αποδειχθεί επικίνδυνο για την αγροτική παραγωγή, διαδικασία που εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, το είδος αλλά και την επάρκεια τροφής (Aitken, 1975).

Τα έντομα αποθηκών είναι υπεύθυνα για απώλειες κατά την αποθήκευση δημητριακών της τάξεως του 59% επί των συνολικών απωλειών (Aitken, 1975), σε μία περίοδο όπου 842 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως υποσιτίζονται (Food & Agricultural Organization, 2013). Η ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των γεωργικών προϊόντων εξαιτίας των εντόμων έχει και οικονομικό αντίκτυπο, τόσο για τους ίδιους τους παραγωγούς (μείωση κερδών) όσο και για τους καταναλωτές, λόγω των υψηλών τιμών που λαμβάνουν τα προϊόντα, από την μειωμένη διάθεσή τους στην αγορά.

Η παρουσία των εντόμων στα αποθηκευμένα προϊόντα και τρόφιμα έχει και άμεσες ή έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία. Στις άμεσες



αρνητικές επιπτώσεις συγκαταλέγονται η υποβάθμιση του προϊόντος από τεμαχίδια εντόμων, οι χημικές ουσίες και τα αλλεργιογόνα που παράγονται από αρθρόποδα, ο παρασιτισμός ανθρωπίνων οργάνων, αλλά και οι ψυχολογικές επιδράσεις όπως φοβίες και πανικός (Hubert et al., 2018). Συγκεκριμένα, έρευνα που διεξήχθη σε 75 μύλους των ΗΠΑ όπου συλλέχθηκαν 5.081 δείγματα αλεύρου έδειξε τα εξής ποσοστά μολυσμάτων: τεμαχίδια εντόμων 83%, τρίχες τρωκτικών 18%, πούπουλα 3%, τεμαχίδια εντόμων από εκδύματα κεφαλής 1,3%, ακάρεα 0,6%, προνύμφες 0,3% και θυσάνουρα 0,2%. Επίσης, από πολλά κολεόπτερα αποθηκευμένων προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των *Tribolium* sp., παράγονται ουσίες όπως οι κινόνες που είναι καρκινογόνες και προκαλούν συχνά στον άνθρωπο αλλεργίες, δερματίτιδα, οφθαλμικές διαταραχές και ανάπτυξη εξανθημάτων (Hubert et al., 2018). Κύριοι παραγωγοί αλλεργιογόνων είναι τα ακάρεα των αποθηκευμένων προϊόντων, με το μεγαλύτερο ποσοστό αλλεργιογόνων να εντοπίζεται στα κόπρανά τους αλλά και σε κόπρανα εντόμων. Έμμεσα, τα έντομα μπορούν να τροποποιήσουν τις συνθήκες αποθήκευσης των προϊόντων (θερμοκρασία, υγρασία), δημιουργώντας ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη μυκήτων και βακτηρίων, πολλά από τα οποία είναι παθογόνα. Σε αυτό το περιβάλλον, τα αρθρόποδα είναι ικανά να μεταφέρουν πληθώρα μυκήτων και βακτηρίων στις πεπτικές τους οδούς και να συμβάλουν ενεργά στην διασπορά τους. Η παρουσία τους στα αποθηκευμένα τρόφιμα μπορεί ακόμα να αποτελέσει προσελκυστικό για αρπακτικά και παρασιτοειδή, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν περαιτέρω επιβλαβείς επιδράσεις (αλλεργικές αντιδράσεις, μολύνσεις) στον ανθρώπινο οργανισμό (Hubert et al., 2018).

Δεδομένων όλων των παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι ο έλεγχος και η αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών αποτελεί επιτακτική ανάγκη για την μείωση των απωλειών προϊόντων αλλά και για την εξασφάλιση της υγείας των καταναλωτών. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος καταπολέμησης των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων είναι τα χημικά εντομοκτόνα, τα οποία διακρίνονται κυρίως σε εντομοκτόνα επαφής και σε καπνιστικά ή αέρια εντομοκτόνα, όπως είναι ο υποκαπνισμός με φωσφίνη και το βρωμιούχο μεθύλιο (Σταμόπουλος, 2013).

Τα πιο κοινά εντομοκτόνα επαφής που χρησιμοποιούνται σήμερα ανήκουν στην ομάδα των οργανοφωσφορικών, πυρεθροειδών και νεονικοτινοειδών (Σταμόπουλος, 2013). Χρησιμοποιούνται είτε για προληπτικούς λόγους ως προστατευτικά, για την αποφυγή προσβολής των σπόρων από έντομα, για την αντιμετώπιση μιας ήδη υπάρχουσας προσβολής καθώς και για την αποτροπή

επανεμφάνισης και εξάπλωσης των εντόμων στο αποθηκευμένο προϊόν. Η εφαρμογή τους γίνεται συνήθως με ψεκασμούς στις συσκευασίες των προϊόντων, σε δάπεδα, τοίχους και οροφές αποθηκών ή σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων. Είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα λόγω των άμεσων αποτελεσμάτων τους και της υψηλής δραστηριότητάς τους ακόμη και σε μικρές δόσεις (Ogendo et al., 2012).

Κύριοι εκπρόσωποι των καπνιστικών εντομοκτόνων είναι φωσφίνη και το βρωμιούχο μεθύλιο. Η φωσφίνη ( $\text{PH}_3$ ) σε καθαρή μορφή είναι ένα αέριο υψηλής αναφλεκτικότητας, τοξικότητας, διαβρωτικό μεταλλικών επιφανειών και ιδιαίτερα πτητικό (Σταμόπουλος, 2013). Χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα για απεντομώσεις και μυοκτονίες, με εφαρμογή τόσο στα ίδια τα προϊόντα όσο και σε συσκευασίες, σιλό, μέσα μεταφοράς και αμπάρια πλοίων (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Προτιμάται έναντι των υπόλοιπων συνθετικών εντομοκτόνων λόγω της ταχείας διείσδυσης στο χώρο και στα προϊόντα καθώς και για το ευρύ φάσμα δράσης του που περιλαμβάνει πολλά είδη εντόμων, τρωκτικών, ακάρεων σε οποιοδήποτε στάδιο ανάπτυξης και αν βρίσκονται (Σταμόπουλος, 2013).

Το βρωμιούχο μεθύλιο είναι και αυτό ένα υποκαπνιστικό εντομοκτόνο, το οποίο θανατώνει αρθρόποδα αποθηκευμένων προϊόντων σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Παρόλα αυτά, είναι ένα αέριο που έχει χαρακτηριστεί ως επιβλαβές για το όζον και έχει αποσυρθεί από την αγορά ήδη από το 2005 από τις ανεπτυγμένες χώρες (Ogendo et al., 2012).

Παρά τα όποια θετικά αποτελέσματα μπορεί να επιφέρουν τα συμβατικά χημικά εντομοκτόνα στον έλεγχο των εντόμων αποθηκών, τις τελευταίες δεκαετίες πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στις αρνητικές συνέπειες που μπορεί να επιφέρουν στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Η αλόγιστη χρήση τους από τους παραγωγούς και τις βιομηχανίες έχει οδηγήσει σε επιδείνωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης και είναι υπεύθυνη για αρνητικές επιδράσεις στο βιολογικό κύκλο πολλών «οργανισμών μη-στόχων» (Dubey et al., 2010). Ακόμη, ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δοθεί στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας των εντόμων σε πολλά συμβατικά εντομοκτόνα, όπως έχει ήδη αναφερθεί για την περίπτωση της φωσφίνης (Taylor, 1989, Opit et al., 2012, Cato et al., 2017). Μείζον ζήτημα αποτελεί επίσης το κόστος αγοράς και εφαρμογής των εντομοκτόνων αυτών.

Έτσι, οι επιστήμονες έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στην ανακάλυψη νέων μεθόδων έλεγχου των εντόμων, περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον, που δεν θα διαταράσσουν την οικολογική ισορροπία, μη τοξικών προς τον άνθρωπο και τα

θερμόαιμα και οικονομικότερων συγκριτικά με τις χημικές μεθόδους. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά συγκεντρώνονται στην ομάδα των φυσικών ουσιών που αριθμεί πολλούς διαφορετικούς βιολογικούς παράγοντες με εντομοκτόνες ιδιότητες όπως αναλύεται παρακάτω (Dubey et al., 2010).

Τα μικροβιακά εντομοκτόνα, είναι αυτά που διαθέτουν ως δραστικά συστατικά διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως εντομοπαθογόνους μύκητες, βακτήρια, ιούς, πρωτόζωα ή νηματώδεις, ενώ στο πλαίσιο της βιολογικής καταπολέμησης χρησιμοποιούνται και ωφέλιμα παρασιτοειδή (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Οι μικροοργανισμοί αυτοί έχουν απομονωθεί από προσβεβλημένα έντομα. Έχουν αναφερθεί 400 είδη μυκήτων και πάνω από 90 είδη βακτηρίων με εντομοπαθογόνες ιδιότητες (Ogendo et al., 2012). Το πιο γνωστό εντομοκτόνο αυτής της κατηγορίας είναι ο *Bacillus thuringiensis* (Bt), ο οποίος είναι εντομοπαθογόνο βακτήριο και χρησιμοποιείται ευρύτατα για την καταπολέμηση προνυμφών Λεπιδοπτέρων και Διπτέρων, αλλά και Κολεοπτέρων (Σταμόπουλος, 2013). Η εντομοκτόνος δράση του Bt οφείλεται στην παραγωγή ενδοτοξινών που έχουν την δυνατότητα να θανατώνουν τα έντομα, ακόμη και με την απουσία του βακτηρίου (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Στην Ελλάδα έχει την έγκριση για χρήση του σε προγράμματα ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας, σε αποθηκευμένα προϊόντα και σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων (Σταμόπουλος, 2013).

Ρυθμιστές ανάπτυξης (Insect Growth Regulators, IGRs) καλούνται οι εντομοκτόνες ουσίες, οι οποίες επηρεάζουν την ομαλή ανάπτυξη και εξέλιξη των σταδίων των εντόμων. Ανάλογα με τον μηχανισμό δράσης τους διακρίνονται σε παρεμποδιστές βιοσύνθεσης της χιτίνης και μιμητές της νεανικής ορμόνης (Ζιώγας & Μαρκόγλου, 2010). Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη στα συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης εντόμων και έχουν δοκιμαστεί ενάντια σε έντομα αποθηκών, όπως τα *Tribolium* sp., *Oryzaephilus* sp. και *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae), με απευθείας ψεκάσμό των αποθηκευμένων σπόρων (Σταμόπουλος, 2013).

Η γη διατόμων είναι απολιθωμένα πυριτικά υπολείμματα από μικροσκοπικά υδρόβια φυτά (μονοκύτταρα φύκη- διάτομα). Βασικό συστατικό αυτών είναι το διοξείδιο του πυριτίου (silicon dioxide), ενώ σε μικρότερες ποσότητες ακολουθούν οξείδια κυρίως αλουμινίου, μαγνησίου και νατρίου (Subramanyam and Roesli, 2000). Η γη διατόμων δρα στον κηρώδη εξωσκελετό των εντόμων, σχηματίζοντας ρωγμές στην επιφάνεια του, με αποτέλεσμα την αφυδάτωση και εν συνεχεία το θάνατο του

εντόμου. Θετικά αποτελέσματα έχουν αναφερθεί σε διάφορα είδη κολεοπτέρων όπως: *Sitophilus* sp., *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) και *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) σε σιτηρά (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Κάποια από τα κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι: η μείωση του ειδικού βάρους των σπόρων και η μειωμένη απόδοση παρουσία υγρασίας. Παρόλα αυτά έρευνες έχουν δώσει πολύ καλά αποτελέσματα όταν η γη διατόμων συνδυαστεί με εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών (Fields et al., 1997), με συνθετικά εντομοκτόνα (Athanassiou, 2006) ή με φυτικά εντομοκτόνα (Athanassiou και Korunic, 2007).

Τα φυτικής προέλευσης εντομοκτόνα (σκόνες, εκχυλίσματα, αιθέρια έλαια) είναι αυτά τα οποία μπορούν να παρασκευαστούν από διάφορα φυτικά μέρη (σπόροι, φύλλα κ.α.). Στις τροπικές χώρες, οι παραγωγοί χρησιμοποιούν εδώ και καιρό τέτοιου είδους πρακτικές προκειμένου να μειώσουν τους πληθυσμούς των εντόμων που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα (Isman, 2006). Περισσότερα για τα φυτικής προέλευσης εντομοκτόνα αναλύονται διεξοδικά στο επόμενο υποκεφάλαιο.

### 1.3 Φυτικής προέλευσης εντομοκτόνα

Η εφαρμογή των φυτικών παραγώγων στην φυτοπροστασία προηγείται της χρήσης των συνθετικών εντομοκτόνων (Isman, 2006). Από τα πρώτα εντομοκτόνα θεωρούνται η νικοτίνη, οι πυρεθρίνες και η ροτενόνη, ουσίες προερχόμενες από φυτά (Ogendo et al., 2012). Στην σημερινή εποχή, τα φυτικά προϊόντα αφορούν μικρό μόνο ποσοστό της παραγωγής φυτοπροστατευτικών ουσιών, καθώς η συλλογή και ο τρόπος εφαρμογής τους είναι διαδικασίες ιδιαίτερα επίπονες και οικονομικά ασύμφορες. Η επιτακτική όμως, ανάγκη για την ανακάλυψη σύγχρονων μεθόδων αντιμετώπισης των ζωικών εχθρών, οι οποίες δε θα έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στον άνθρωπο, την άγρια πανίδα και το περιβάλλον ενώ δε θα παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε διάφορα είδη παρασίτων, έφερε στο προσκήνιο τα φυτικής προέλευσης εντομοκτόνα. Νέες έρευνες επικεντρώνονται στην δημιουργία ισχυρά αποτελεσματικών και οικονομικών φυτοφαρμάκων με πρώτη ύλη τα φυτά. Οικογένειες φυτών όπως οι Euphorbiaceae, Asteraceae, Labiatae, Fabaceae, Meliaceae και Solanaceae έχουν αποδειχθεί ότι έχουν εντομοκτόνο δράση (Garcia et al., 2004).

Τέσσερις είναι οι βασικοί τύποι των φυτικής προέλευσης προϊόντων που είναι γνωστοί και σε αυτούς κατατάσσονται η πυρεθρίνη, η ροτενόνη, η αζαντιραχτίνη, τα αιθέρια έλαια καθώς και τα επιμέρους συστατικά αυτών. Οι συγκεκριμένες ουσίες, χρησιμοποιούνται στο έλεγχο των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων δρώντας με διάφορους τρόπους, και ταξινομούνται έτσι σε εντομοκτόνες, εντομοαπωθητικές, αντιτροφικές ή ανασταλτικές της ανάπτυξης των εντόμων (Su and Scheffrahn, 1990).

Τα αιθέρια έλαια πολλών φυτών αποτελούν μίγματα τερπενίων και διαθέτουν αντισηπτικές και εντομοκτόνες ιδιότητες (Huang et al., 2000). Είναι έντονα πτητικές ουσίες και απομονώνονται από διάφορα φυτικά μέρη του φυτού, μέσω ατμού ή υδροαποστάξεως (Batish et al., 2008). Έχουν επιδείξει εντομοκτόνο δράση έναντι πολλών εντόμων αποθηκών. Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα των αιθέριων ελαίων που παραλαμβάνονται από τα φυτά *Elletaria cardmomum* (Zingiberales: Zingiberaceae), *Lavandula hybrid* (Lamiales: Lamiaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiales: Lamiaceae), *Mentha microphylla* (Lamiales: Lamiaceae), *Mentha viridis* (Lamiales: Lamiaceae) και *Eucalyptus globules* (Myrtales: Myrtaceae) ενάντια στα έντομα *Sitophilus* spp., *Callosobruchus* spp., *T.ribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) και *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) (Huang et al., 2000). Τα φυτικά εκχυλίσματα, οι σκόνες και τα αιθέρια έλαια ορισμένων βιοδραστικών φυτών έχουν αποδειχθεί ως απωθητικά εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων. Μελέτες απέδειξαν ότι έλαια που προέρχονται από τα φυτά *Ocimum americana* (L.) (Lamiales: Lamiaceae), *Lantana camara* (L.) (Lamiales: Verbenaceae) και *Tephrosia vogelli* (H.) (Fabales: Fabaceae) είναι αποτρεπτικά για τα ακμαία των *T. castaneum*, *R. dominica*, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) (Ogendo, et al., 2012).

Αποτελέσματα ερευνών ανέδειξαν ότι ορισμένα αιθέρια έλαια ή και εκχυλίσματα από φυτικούς ιστούς τα οποία είχαν εφαρμοστεί σε σπόρους σιτηρών επέφεραν ελάττωση της ωοτοκίας και της εκόλλαψης των προνυμφών από τα ωά και αναστολή της ανάπτυξης και παραγωγής των απογόνων (Rajendran and Sriranjini, 2008). Οι Ogendo et al., (2012) αναφέρουν ότι σε σπόρους, στους οποίους έγινε ψεκάσμος με φυτικά εκχυλίσματα παρεμποδίστηκε η αύξηση του αριθμού των ατόμων του *S. oryzae*.

## 1.4 Σκοπός παρούσας εργασίας

Το *D. viscosa* έχει κερδίσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών, λόγω των πολλών ιδιοτήτων του επιεφυμενιδικού του μίγματος. Υπάρχουν πολλές μελέτες που επιβεβαιώνουν την αντιμυκητιακή δράση του φυτού έναντι διαφόρων φυτοπαθογόνων μυκήτων, ελάχιστες όμως για την επίδραση του σε επιβλαβή έντομα και ιδίως σε έντομα αποθηκευμένων προϊόντων και τροφίμων. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο έλεγχος της εντομοκτόνου δράσης του επιεφυμενιδικού υλικού του *D. viscosa* σε τέσσερα είδη εντόμων αποθηκών και συγκεκριμένα στα *T. confusum*, *R. dominica*, *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Sylvanidae) και *S. oryzae*. Για το σκοπό αυτό, εξετάστηκε η επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων του λυοφιλιωμένου υδατικού εκπλύματος του επιεφυμενιδικού υλικού στη θνησιμότητα κάθε είδους εντόμου και στην ικανότητα παραγωγής απογόνων.

## 2. Υλικά και Μέθοδοι

### 2.1 Βοτανικά χαρακτηριστικά του φυτού *Dittrichia viscosa*

Χαρακτηρίζεται ως ευθυτενής, αειθαλής και πολυετής θάμνος με πλούσιο κολλώδες φύλλωμα και έντονη οσμή. Ο βλαστός του φυτού έχει ιδιαίτερη μορφολογία, καθώς είναι ξυλοποιημένος σε όλο το μήκος του, εκτός της βάσης (Σταυριανάκου, 2009). Απαντάται με σχήμα φύλλου είτε λογχοειδές είτε αντίστροφα λογχοειδές, με οξύ άκρο. Τα άνθη είναι ακτινωτά, κιτρινωπά με γλωσσίδα και βράκτια ενώ χαρακτηριστικές είναι οι διατεταγμένες ταξιανθίες σε φόβη ή ελεύθερο βότρυ. Ο καρπός είναι αιχάinio, με υφή χνουδωτή και αδενώδης. Ο καφετής πάππος είναι τραχύς και φέρει ενωμένες τρίχες στην βάση τους, δίνοντας την όψη κυπέλλου (Parolin et al., 2014).

### 2.2 Έντομα

Τα έντομα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα *T. confusum*, *R. dominica*, *O. surinamensis* και *S.oryzae*. Το *O. surinamensis* (saw toothed grain beetle) κν. «ψείρα του σιταριού» ανήκει στην οικογένεια Silvanidae της τάξης Coleoptera (Εικόνα 1). Έχει μικρό μήκος σώματος (2,5-3 mm), είναι πεπλατυσμένο, καστανής απόχρωσης και διαθέτει θώρακα με 6 χαρακτηριστικές ακανθώδεις αποφύσεις σε κάθε πλευρά

(Σταμόπουλος, 2013). Οι προνύμφες του είναι λευκές, επιμήκεις, πεπλατυσμένες και μήκους 4-5 mm.

Δύο είναι τα πιο κοινά είδη του γένους *Oryzaephilus*, το *O. surinamensis* και το *Oryzaephilus mercator* (L.) (Coleoptera: Sylvanidae) τα οποία είναι παρόμοια μορφολογικά αλλά διαφέρουν σημαντικά βιολογικά. Έχει παρατηρηθεί ότι το *O. surinamensis* αποτελεί περισσότερο κοσμοπολίτικο είδος σε αντίθεση με το *O. mercator* που προτιμά τις πιο θερμές χώρες. Το *O. surinamensis* είναι ένα σημαντικό έντομο των σιτηρών, ενώ το *O. mercator* απαντάται πιο συχνά στους ελαιούχους σπόρους, και λιγότερο συχνά στα δημητριακά. Και τα δύο είδη μπορούν να βρεθούν σε μπαχαρικά και ξηρούς καρπούς.

Το *O. surinamensis* επικρατεί στο άσπρο ρύζι σε σχέση με το *O. mercator* που εντοπίζεται στο καστανό ρύζι και σε πίτουρο ρυζιού (Haines, 1991). Επίσης, οι Trematerra et al., (2000) αναφέρουν για το *O. surinamensis* ότι το σιτάρι που έχει προηγουμένως μολυνθεί από *Tribolium* spp. αποτελεί πιο ελκυστική τροφή από ότι οι μηχανικά σπασμένοι κόκκοι σιταριού.

Όταν πηγή τροφής για το *O. surinamensis* αποτελεί το σιτάρι η διάρκεια ζωής του ορίζεται περίπου στις 20 έως 80 μέρες σε ένα εύρος θερμοκρασιών 17.5 – 37.5°C και 10-90% ΣΥ, αντίστοιχα. Οι ιδανικές συνθήκες για την βέλτιστη ανάπτυξη είναι 30 – 35°C και 70-90% ΣΥ. Γενικά, έχει αποδειχθεί ότι τα ενήλικα άτομα του *O. surinamensis* είναι πιο ανεκτικά σε ακραίες θερμοκρασίες και υγρασίες σε σχέση με το *O. mercator* (Howe, 1956).



**Εικόνα 1:** Ακαμίο *O. surinamensis*

[http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize\\_pests/key/maize\\_pests/Media/Html/Oryzaephilus\\_surinamensis \(Linnaeus 1758\) - Saw-toothed Grain Beetle.htm](http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/Oryzaephilus_surinamensis_(Linnaeus_1758)_-Saw-toothed_Grain_Beetle.htm)

Το *T. confusum* (confused flour beetle) ανήκει στην οικογένεια Tenebrionidae και στην τάξη Coleoptera (Εικόνα 2). Το ακμίο του έχει μήκος που δε ξεπερνά τα 3-4 mm και χρώμα ερυθροκαστανό (Σταμόπουλος, 2013). Συχνά, συγχέεται με το

παρόμοιο και συγγενικό του είδος *T. castaneum* διαφέρουν όμως στο γεγονός ότι το *T. castaneum* έχει περισσότερο πεπλατυσμένα τα 3 τελευταία άκρα των κεραιών του σε σχέση με το *T. confusum* και έχει την ικανότητα πτήσης. Οι προνύμφες των αρχικών σταδίων έχουν υπόλευκο χρωματισμό και μήκος σώματος 3 έως 16 mm, ενώ οι πλήρως ανάπτυξης είναι κιτρινωπές (Howe, 1960).

Τα ωά που γεννούν τα θηλυκά είναι μικρά, άσπρα και πολλές φορές φέρουν υπολείμματα αλεύρων στην επιφάνεια τους. Ο αριθμός τους κυμαίνεται από 500 με 800 αυγά ανά θηλυκό ανά έτος. Οι βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης είναι στους 28-30 °C με 70-80% σχετική υγρασία (ΣΥ) (Howe, 1960). Σύμφωνα με το Walter (1990), το *T. confusum* είναι μακρόβιο έντομο και τα ακμαία μπορούν να ξεπεράσουν τα 3 χρόνια ζωής.

Το συγκεκριμένο είδος εντόμου προσβάλλει αποθηκευμένα προϊόντα όπως το αλεύρι, σιτάρι, σιμιγδάλι, δημητριακά, ζυμαρικά, ξηρούς καρπούς και αποξηραμένα φρούτα, σοκολάτα, ακόμη και μουσειακά εκθέματα (Weston και Rattlingourd, 2000). Έρευνες δείχνουν ότι παρά τους μεγάλους πληθυσμούς του εντόμου που συναντάμε σε αποθηκευμένα προϊόντα που έχουν ήδη προσβληθεί από κάποιο πρωτεύον είδος ή η μάζα τους αποτελείται από σπόρους μηχανικά σπασμένους, το *T. confusum* είναι ανίκανο να προσβάλλει ακέραιους και μη προσβεβλημένους σπόρους (Walter, 1990).



**Εικόνα 2:** Ακμαίο *T. confusum*

<http://www.ozanimals.com/image/albums/australia/Insect/Tribolium-confusum-1.jpg>

Το *S. oryzae* (rice weevil) συγκαταλέγεται στην οικογένεια Curculionidae της τάξης των Κολεοπτέρων (Εικόνα 3). Το ενήλικο έχει μέγεθος 2,5 – 4 mm και διαθέτει έλυτρα με αυλακώσεις και 4 ερυθροκαστανές κηλίδες. Όλα τα στάδια ανάπτυξης του εντόμου, πλην του ακμαίου, τρέφονται και αναπτύσσονται στο εσωτερικό των κόκκων του προϊόντος σε βοθρία- σήραγγες, και σπάνια είναι ορατά (Haines, 1991).

Το είδος αυτό είναι σχετικά μακρόβιο αφού ζει περίπου για 8 μήνες. Κάθε θηλυκό μπορεί να εναποθέσει έως και 150 αυγά σε μικρές κοιλότητες, που το ίδιο



ανοίγει και σφραγίζει, σε σπόρους σιτηρών. Τα ποσοστά ωτοκίας είναι σημαντικά χαμηλά σε θερμοκρασίες κάτω των 20 και πάνω από 32<sup>0</sup>C (βέλτιστη θερμοκρασία 25<sup>0</sup>C) και ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σπόρων κάτω από 12%. Τα χρονικά διαστήματα για πλήρη ενηλικίωση κυμαίνονται στις 35 ημέρες σε ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης και 110 ημέρες σε αντίξοες (Birch, 1944).

Το *S. oryzae* προσβάλλει ποικιλία αποθηκευμένων δημητριακών όπως σιτάρι, κριθάρι, ρύζι, σόργο κ.α., σε υποτροπικές, τροπικές και εύκρατες περιοχές (Σταμόπουλος, 2013). Το τέλειο έχει την ικανότητα να πετά, σε αντίθεση με το συγγενικό του είδος *S. granarius*, γεγονός που εξηγεί την προσβολή των προϊόντων από τον αγρό.



**Εικόνα 3:** Ακμαίο *S. oryzae*

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/80/Sitophilus\\_oryzae\\_%28Linn%C3%A9%2C\\_1763%29\\_%283546202126%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/80/Sitophilus_oryzae_%28Linn%C3%A9%2C_1763%29_%283546202126%29.jpg)

Το *R. dominica* (lesser grain borer) ή αλλιώς «σκαθάρι του ρυζιού» είναι ξυλοφάγο έντομο και ανήκει στην οικογένεια Bostrychidae, στην τάξη Coleoptera (Εικόνα 4). Το ακμαίο είναι μικρό σε μέγεθος (2,5-3 mm), διαθέτει κυλινδρικό σώμα και η κεφαλή του είναι στραμμένη προς τον προθώρακα με αποτελέσματα να μην είναι εμφανής όταν κάποιος παρατηρεί το έντομο από το πάνω (νωτιαίο) μέρος. Το πρόνωτο περιβάλλεται από εξογκώματα που μοιάζουν με μικρά δόντια ή άγκιστρα (Ogendo et al., 2012).

Είναι έντομο που αναπαράγεται με αργούς ρυθμούς και έχει πιο έντονη πληθυσμιακή αύξηση όταν οι σπόροι, με τους οποίους τρέφεται παραμείνουν αδιατάρακτοι για αρκετό χρονικό διάστημα (Σταμόπουλος, 2013). Ανάλογα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τα θηλυκά γεννούν το καθένα 244 με 418 αυγά, στους 25<sup>0</sup>C και 34<sup>0</sup>C, αντίστοιχα (Haines, 1991). Η ανάπτυξη του *R. dominica* γίνεται στο εσωτερικό των σπόρων, όμως οι προνύμφες έχουν την ικανότητα να μετακινούνται από τον ένα σπόρο στον άλλο (NRI, 2001).

Έχει εντοπιστεί κυρίως σε περιοχές με θερμό ή ξηρό κλίμα, ή και στις δύο (NRI, 2001). Αποτελεί πρωτεύον έντομο και διαθέτει μια ευρεία γκάμα τροφικών προτιμήσεων που περιλαμβάνει σπόρους σιταριού, ρύζι και παραπροϊόντα αυτού καθώς και ελαιούχους πλακούντες (Σταμόπουλος, 2013).



**Εικόνα 4:** Ακμαίο *R. dominica*

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/CSIRO\\_ScienceImage\\_10792\\_Rhyzopertha\\_dominica\\_Lesser\\_Grain\\_Borer.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/CSIRO_ScienceImage_10792_Rhyzopertha_dominica_Lesser_Grain_Borer.jpg)

Για τα τέσσερα είδη που αναλύθηκαν παραπάνω, έλαβαν χώρα εκτροφές στους 25 °C και 65% σχετική υγρασία (ΣΥ) σε συνεχές σκοτάδι, στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Από τα ανωτέρω είδη, τα *S. oryzae* και *R. dominica* εκτράφηκαν σε σπόρους σιταριού, το *O. surinamensis* σε νιφάδες βρώμης και το *T. confusum* σε αλεύρι. Τα ενήλικα συλλέχθηκαν με κοσκίνισμα (κόσκινο 3 mm), ώστε να γίνει διαχωρισμός από τα ανήλικα στάδια και από το υπόστρωμα εκτροφής. Τα ακμαία παρέμειναν στην επιφάνεια του κόσκινου και παρελήφθησαν άμεσα για τον πειραματισμό.

### **2.3 Συλλογή και προετοιμασία του επιεφυμενιδικού υλικού του φυτού *Dittrichia viscosa***

Η συλλογή του φυτικού υλικού έγινε από τις περιοχές Πευκάκια στις Αλυκές Βόλου και Αγριάς Βόλου στις 28-29/9/2016. Το υλικό που συγκεντρώθηκε εμβαπτίσθηκε σε νερό, όπου και παρέμεινε για 3 ώρες με ανακίνησή του κάθε 30 λεπτά. Στη συνέχεια το φυτικό υλικό απομακρύνθηκε και συλλέχθηκε το υδατικό διάλυμα που περιείχε το επιεφυμενιδικό υλικό. Ακολούθησε ήπια φυγοκέντρηση για την απομάκρυνση των ξένων υλών και στη συνέχεια το νέο διάλυμα φωτομετρήθηκε με καταμέτρηση της απορρόφησης στα 290 nm (OD<sub>290</sub>). Η OD<sub>290</sub> του διαλύματος ήταν 25, επομένως αντιστοιχούσε σε μία συγκέντρωση επιεφυμενιδικού υλικού

τριπλάσια της φυσικής πάνω στο φύλλο. Προκειμένου να διευκολυνθεί η λυοφιλίωση του εκχυλίσματος, το διάλυμα παρέμεινε σε υπερκαταψύκτη ( $-80^{\circ}\text{C}$ ) για 12 ώρες. Έπειτα, ακολούθησε λυοφιλίωση (freeze-drying) με συμπυκνωτή κενού (Telstar) σε θερμοκρασία  $-50^{\circ}\text{C}$  και κενό 0.02 mBar (Εικόνα 5). Συγκεκριμένα, το συνολικό διάλυμα ισομοιράστηκε σε σφαιρικές γυάλινες φιάλες και παρέμεινε στη συσκευή λυοφιλίωσης για 36 ώρες με συνεχή αλλαγή κάθε 12 ώρες. Τέλος, συλλέχθηκε η σκόνη σε ποτήρι ζέσεως, ζυγίστηκε (15,507 g) και ψύχθηκε στους  $4^{\circ}\text{C}$  μέχρι την χρήση της.



Εικόνα 5: Διαδικασία λυοφιλίωσης του υδατικού εκχυλίσματος της *D. viscosa*

## 2.4 Χημική σύσταση λυοφιλωμένου επιεφυμενιδικού εκκρίματος του φυτού *Dittrichia viscosa*

Τα κύρια συστατικά του υδατικού εκπλύματος του φυτού *D. viscosa* είναι από τα φλαβονοειδή, ο 7-μεθυλαιθέρας της αρωμαδενδρίνης, ενώ από την κατηγορία των σεσκιτερπενίων, η τομεντοσίνη (Πίνακας 1). Οι ενώσεις 3,7-διμεθυλαιθέρας της 6-υδροξυκαμπφερόλης και 3α-υδροξυ-ευδεσμα-4-εν-12,6β-ολίδιο καταγράφηκαν πρώτη φορά ως συστατικά του συγκεκριμένου φυτού από την Σταυριανάκου (2009).

Πίνακας 1: Χημική ανάλυση του λυοφιλιωμένου υδατικού εκπλύματος του επιεφυμενιδικού υλικού του φυτού *Dittrichia viscosa* (Σταυριανάκου, 2009).

<u>Φλαβονοειδή</u>		<u>Σεσκιτερπένια</u>	
Φλαβόνες	Ισπιντουλίνη	Ευδεσμανικά οξέα	Ιλικικό οξύ
Φλαβονόλες	6-μεθοξυκαμπερόλη		Κοσπικό οξύ
	3,7-διμεθυλαιθέρας της 6-υδροξυκαμπερόλης		Ισοκοστικό οξύ
	3,3'-διμεθυλαιθέρας της κερκετίνης	Ευδεσμανολίδια	3α-υδροξυ-ευδεσμα-4-εν-12,6β-ολίδιο
Δυδροφλαβονόλες	7-μεθυλαιθέρας της αρωμαδενδρίνης	Γουαϊανολίδια	Ινουβισκολίδιο
	3-ακέτυλο-αρωμαδενδρίνη		8-επι-ινουβισκολίδιο
	3-ακέτυλο-7-μεθυλαιθέρας της αρωμαδενδρίνης	Ξανθανολίδια	Τομεντοσίνη
			4Η-τομεντοσίνη

## 2.5 Αξιολόγηση της εντομοκτόνου δράσης του σκευάσματος

Στην πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ποσότητα μαλακού σιταριού που διέθετε το Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, το οποίο προηγουμένως είχε παραμείνει στην κατάψυξη (- 20 °C) τουλάχιστον 2 εβδομάδες για την εξάλειψη πιθανών εντόμων. Παρτίδες των 500 g σιταριού τοποθετήθηκαν σε γυάλινα βάζα και επιπάστηκαν με το σκεύασμα σε 3 δόσεις: 1000, 3000, 5000 ppm. Μία επιπλέον σειρά παρτίδων με σιτάρι στο οποίο δεν είχε εφαρμοστεί το σκεύασμα, χρησίμευσε ως μάρτυρας. Στη συνέχεια, τα βάζα ανακινήθηκαν για 5 λεπτά, ώστε να υπάρξει ισοκατανομή του σκευάσματος σε όλη τη μάζα του σιταριού. Πειραματικές μονάδες για τις δοκιμές αποτέλεσαν τα πλαστικά κυλινδρικά φιαλίδια (διαμέτρου 3 cm, ύψους 8 cm). Το άνω ένα τέταρτο του εσωτερικού μέρους του εσωτερικού κάθε φιαλιδίου καλύπτονταν από Fluon (polytetrafluoroethylene; Northern Products, Woonsocket, USA) για την αποφυγή διαφυγής των εντόμων. Κάθε φιαλίδιο περιείχε 20 g σιταριού και έπειτα τοποθετήθηκαν 20 ενήλικα άτομα σε κάθε φιαλίδιο, με ξεχωριστά φιαλίδια για κάθε είδος. Όλες οι παρτίδες σιταριού (επιπασμένες και μάρτυρας) διατηρήθηκαν στους 26 °C και σε 55% ΣΥ. Η θνησιμότητα των εκτεθειμένων εντόμων υπολογίστηκε μετά από 1, 3, 7, 14 και 21 ημέρες για όλα τα είδη των εντόμων (Εικόνα 6). Μετά το πέρας του διαστήματος αυτού, όλα τα ενήλικα άτομα (νεκρά, ζωντανά και ημιθανή) απομακρύνθηκαν από τα φιαλίδια και τα φιαλίδια παρέμειναν στις ίδιες συνθήκες για 65 ημέρες. Στη συνέχεια έγινε η καταμέτρηση των απογόνων των ακμίων ατόμων που υπήρχαν μέσα στα φιαλίδια. Η

ίδια διαδικασία (επανάληψεις τριών φιαλιδίων) επαναλήφθηκε τρεις φορές (τρεις σειρές φιαλιδίων) με την παρασκευή διαφορετικών παρτίδων επιπασμένου και μη επιπασμένου σιταριού κάθε φορά (3 x 3 φιαλίδια για κάθε μεταχείριση = 9 επαναλήψεις).



**Εικόνα 6:** *O. surinamensis*: χωρίς σκεύασμα (αριστερά) και με σκεύασμα (δεξιά)

## 2.6 Στατιστική ανάλυση

Η θνησιμότητα των εντόμων αναλύθηκε με την Ανάλυση της Διασποράς Επαναλαμβανόμενων Μετρήσεων (MANOVA- Fit με Wilk's Lambda) με την χρήση του λογισμικού JMP (Sall et al., 2001), με την συγκέντρωση και το χρόνο έκθεσης ως παράγοντες. Ομοίως, στην περίπτωση των απογόνων, τα δεδομένα αναλύθηκαν με Ανάλυση της διασποράς, ως προς τη δόση. Όλες οι αναλύσεις έγιναν ξεχωριστά για το κάθε είδος. Οι μέσοι όροι συγκρίθηκαν με το κριτήριο των Tukey-Kramer (HSD test) σε επίπεδο 0.05 (Sokal και Rohlf, 1995).

## 3. Αποτελέσματα

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα θνησιμότητας καθώς επίσης και η παραγωγή των απογόνων στα είδη εντόμων *O. surinamensis*, *T. confusum*, *S. oryzae* και *R. dominica*.

### 3.1 Θνησιμότητα

Παρακάτω παρατίθενται, οι παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της MANOVA για τα εξεταζόμενα είδη. Η ανάλυση έδειξε ότι τόσο η δόση, όσο και η αλληλεπίδρασή της με το χρόνο έκθεσης, ήταν σημαντικές για τα *O. surinamensis*, *T. confusum* και *S. oryzae* (Πίνακας 2). Αντιθέτως, δεν είχαν σημαντική επίδραση στη θνησιμότητα των ακμαίων του *R. dominica*.

Πίνακας 2. Παράμετροι της Ανάλυσης της Διασποράς (για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις) για τη θνησιμότητα του κάθε είδους (με βαθμούς ελευθερίας: 32).

	<i>O. surinamensis</i>		<i>T. confusum</i>		<i>S. oryzae</i>		<i>R. dominica</i>		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Μεταξύ των μεταβλητών	3	69.56	<0.01	17.08	<0.01	4.33	0.01	0.37	0.77
Τιμή αποκοπής	1	264.68	<0.01	85.15	<0.01	56.67	<0.01	11.81	<0.0
Δόση	3	69.56	<0.01	17.08	<0.01	4.33	0.01	0.37	0.77
Μέσα στις μεταβλητές	12	8.88*	<0.01	8.0*	<0.01	2.40*	0.01	0.97*	0.47
Χρόνος έκθεσης	4	61.19	<0.01	43.90	<0.01	23.74	<0.01	5.08	<0.0
Χρόνος έκθεσης x Δόση	12	8.88*	<0.01	8.0*	<0.01	2.40*	0.01	0.97*	0.47

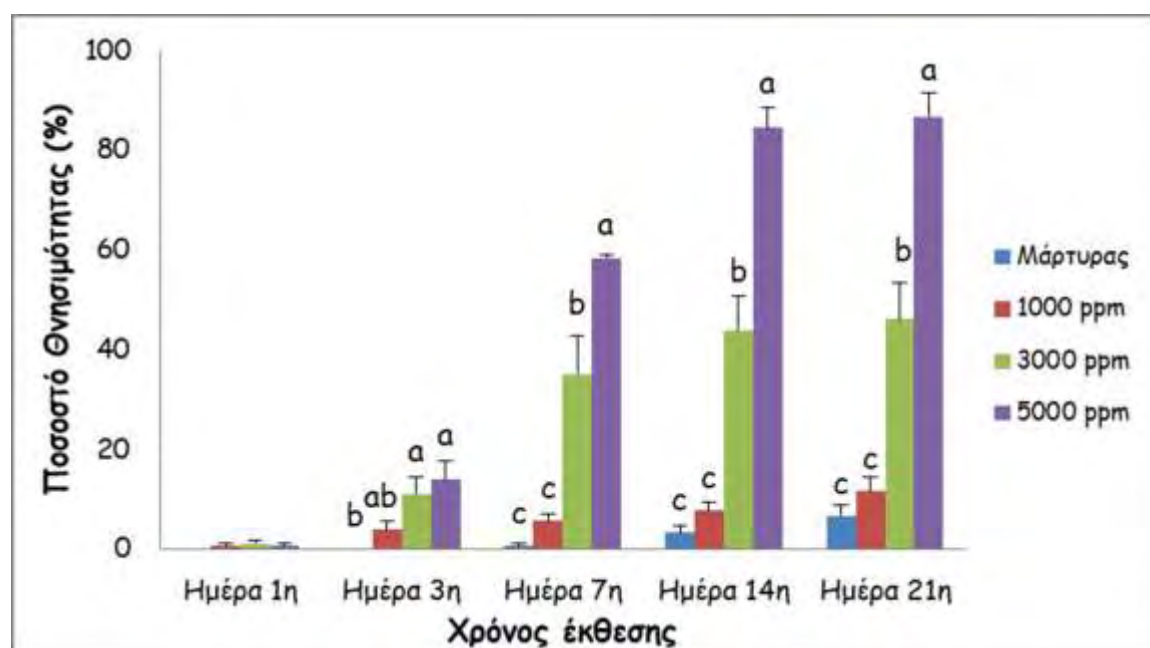
\* Wilks' Lamda approximate *F* value

Το ποσοστό θνησιμότητας στο *O. surinamensis* την 1<sup>η</sup> ημέρα ήταν πολύ χαμηλό ανεξαρτήτως της δόσης εφαρμογής, ενώ ήταν συγκρίσιμο με αυτό του μάρτυρα (Σχήμα 1). Η θνησιμότητα παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα και κατά την 3<sup>η</sup> ημέρα, παρά τις όποιες διαφορές ανάμεσα στις δόσεις. Κατά την 7<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης καταγράφηκε περαιτέρω αύξηση της θνησιμότητας, η οποία ανήλθε στο 35 και 58% για τα 3000 και 5000 ppm, αντίστοιχα. Επτά ημέρες αργότερα, η θνησιμότητα στα 5000 ppm ανήλθε στο 84%, ενώ κατά την 21<sup>η</sup> υπήρχε μόνο μια μικρή αύξηση

Την 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> ημέρα μέτρησης της θνησιμότητας του *T. confusum*, τα ποσοστά ήταν ιδιαίτερα χαμηλά και δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά από αυτό του μάρτυρα (Σχήμα 2). Την 7<sup>η</sup> ημέρα από την εφαρμογή του σκευάσματος, η θνησιμότητα ήταν ακόμα σε χαμηλά επίπεδα και δεν ξεπέρασε το 7 % για καμιά από

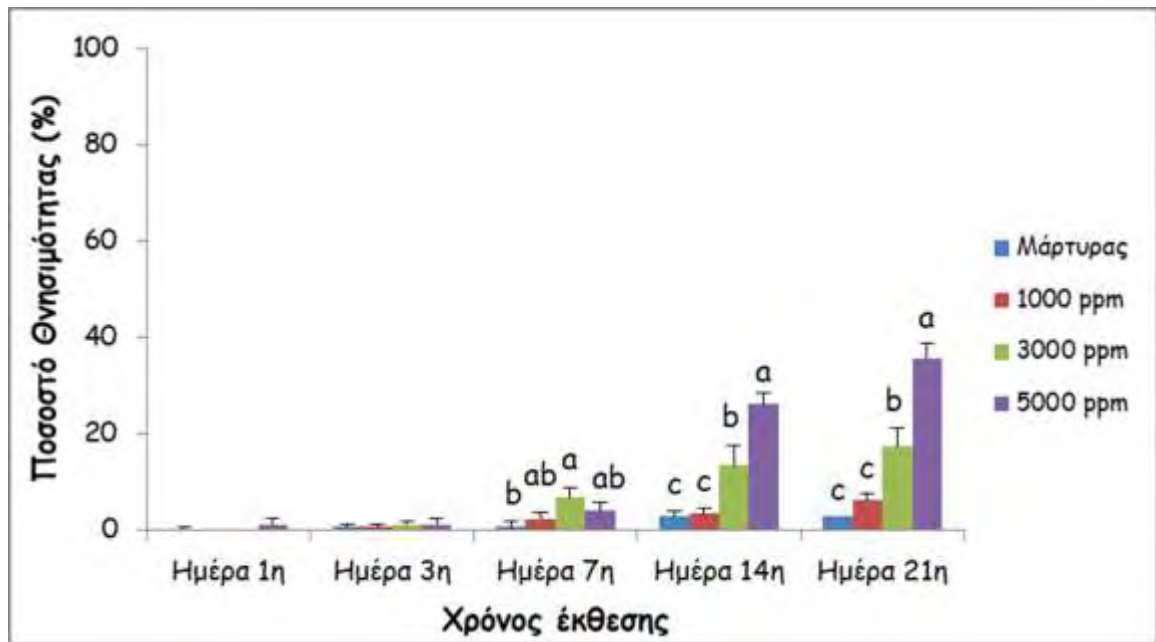
τις δόσεις. Στις 7 ημέρες, η θνησιμότητα ήταν 26 % στη μεγαλύτερη δόση. Γενικά, και στις επόμενες εκθέσεις, η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 36 % στη μεγαλύτερη δόση.

Την 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> ημέρα καταγραφής των ποσοστών θνησιμότητας για το *S. oryzae*, βρέθηκαν πολύ λίγα ακμαία νεκρά (Σχήμα 3). Παρόλα αυτά, κατά την 7<sup>η</sup> ημέρα υπήρξε μια σημαντική αύξηση της θνησιμότητας, ιδιαίτερα στις δύο υψηλότερες δόσεις, αλλά και στην περίπτωση αυτή, περίπου το ένα τέταρτο των εκτεθέντων ακμαίων ήταν ζωντανά. Ομοίως, κατά την 14<sup>η</sup> και 21<sup>η</sup> ημέρα παρατηρήθηκαν μικρές μόνο αυξήσεις της θνησιμότητας. Για το *R. dominica* τα ποσοστά θνησιμότητας, ανεξαρτήτως δόσης εφαρμογής δε διέφεραν σημαντικά από το μάρτυρα σε καμία ημέρα μέτρησης και γενικά δεν ξεπέρασαν το 12 % ανεξάρτητα από το χρόνο έκθεσης και τη δόση (Σχήμα 4).

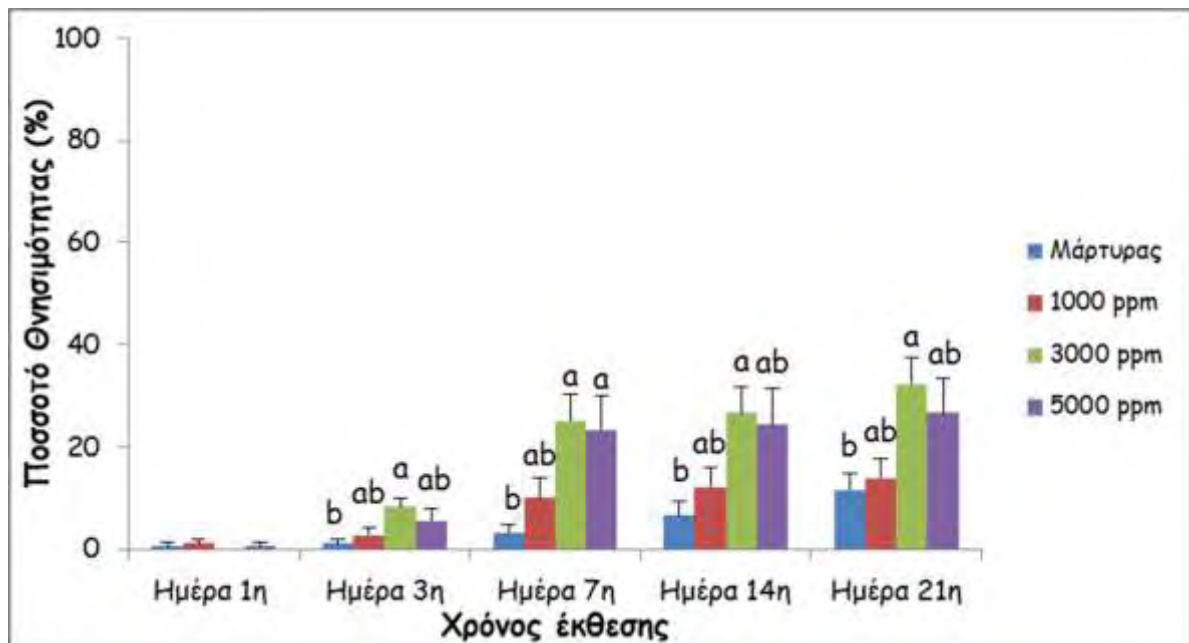


**Σχήμα 1:** Μέσος όρος θνησιμότητας (% ± τυπικό σφάλμα) ενηλίκων ατόμων *O. surinamensis* μετά από 1, 3, 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης σε τρεις δόσεις 1000, 3000 και 5000 ppm. Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα στην κάθε ημέρα, δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο Tukey-Kramer HSD test σε 0.05. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά (με βαθμούς ελευθερίας 35).



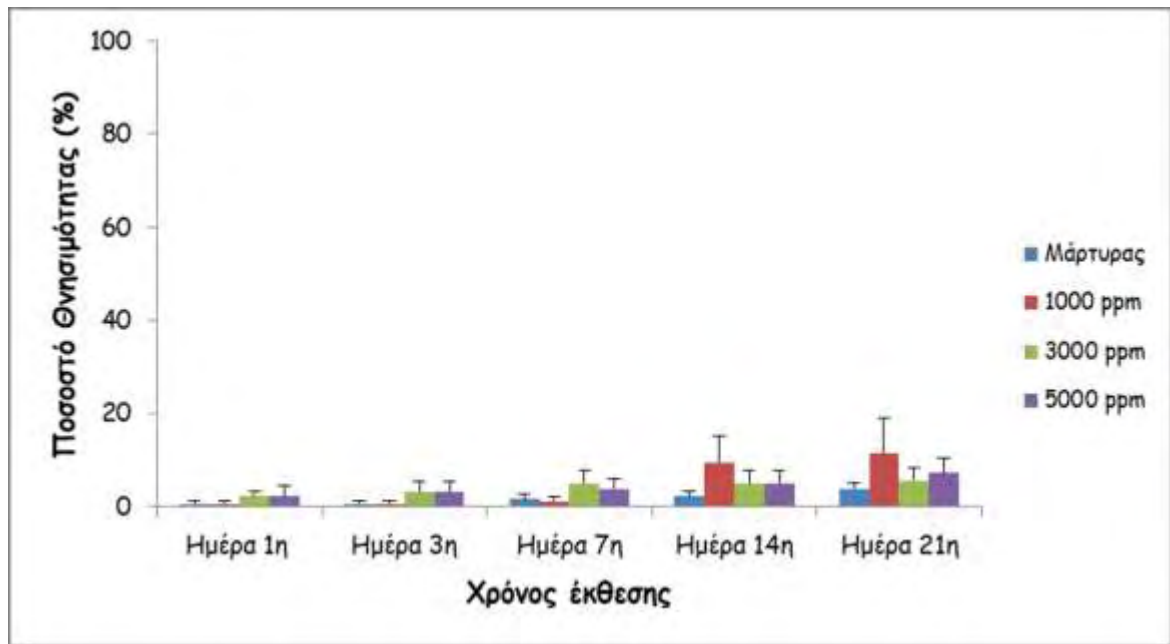


**Σχήμα 2:** Μέσος όρος θνησιμότητας (% ± τυπικό σφάλμα) ενηλίκων ατόμων *T. confusum* μετά από 1, 3, 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης σε τρεις δόσεις 1000, 3000 και 5000 ppm. Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα στην ημέρα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο Tukey-Kramer HSD test με  $P = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά (με βαθμούς ελευθερίας 35)



**Σχήμα 3:** Μέσος όρος θνησιμότητας (% ± τυπικό σφάλμα) ενηλίκων ατόμων *S. oryzae* μετά από 1, 3, 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης σε τρεις δόσεις 1000, 3000 και 5000 ppm. Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα στην κάθε ημέρα, δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο Tukey-Kramer HSD test με  $P = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά (με βαθμούς ελευθερίας 35).





**Σχήμα 4:** Μέσος όρος θνησιμότητας (%  $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων ατόμων *R. dominica* μετά από 1, 3, 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης σε τρεις δόσεις των 1000, 3000 και 5000 ppm. Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα στην κάθε ημέρα, δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο Tukey-Kramer HSD test με  $P = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά ( με βαθμούς ελευθερίας 35).

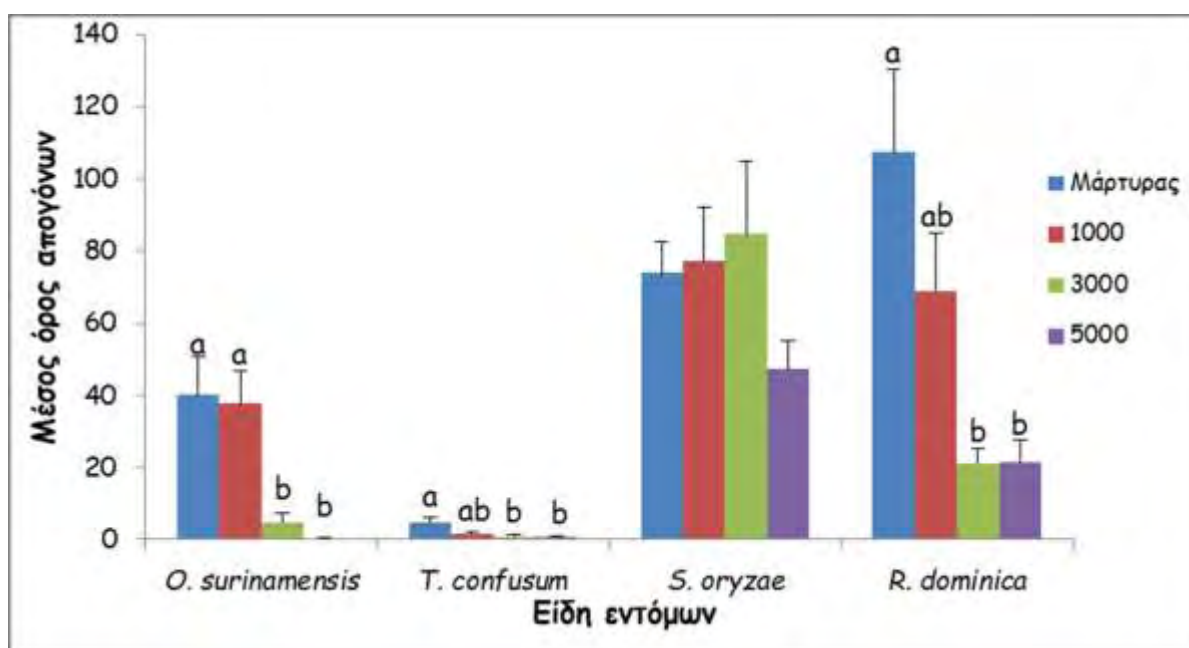
### 3.2 Παραγωγή απογόνων

Στην συνέχεια, αναλύονται οι παράμετροι της ανάλυσης της διασποράς ANOVA για τους απογόνους των εξεταζόμενων εντόμων. Όσον αφορά την παραγωγή απογόνων, σε όλα τα είδη βρέθηκε σημαντική επίδραση της δόσης, με εξαίρεση το *S. oryzae* (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Παράμετροι της ανάλυσης της διασποράς ANOVA για τις μετρήσεις των απογόνων για τα *O. surinamensis*, *T. confusum*, *S. oryzae* και *R. dominica* (με βαθμούς ελευθερίας :32).

	<i>O. surinamensis</i>		<i>T. confusum</i>		<i>S. oryzae</i>		<i>R. dominica</i>		
	Df	F	P	F	P	F	P	F	P
Μοντέλο	3	8.78	<0.01	3.96	0.01	1.36	0.27	8.33	<0.01
Τιμή αποκοπής	1	33.95	<0.01	18.46	<0.01	102.4	<0.01	57.28	<0.01
Δόση	3	8.78	<0.01	3.96	<0.01	1.36	0.27	8.33	<0.01

Σε όλα τα είδη εντόμων που εξετάστηκαν οποιαδήποτε δόση εφαρμογής επέφερε μείωση της παραγωγής απογόνων σε σχέση με το μάρτυρα, με εξαίρεση το *S. oryzae* (Σχήμα 5). Ειδικότερα, για το *O. surinamensis* η παραγωγή απογόνων ήταν ιδιαίτερα χαμηλή στις δόσεις 3000 (4.9 ακμαία/φιαλίδιο) και 5000 ppm (0.2 ακμαία/φιαλίδιο). Όσον αφορά την παραγωγή απογόνων για το *T. confusum*, δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δόσεις, αλλά οι απόγονοι ήταν σημαντικά μειωμένοι σε σχέση με το μάρτυρα. Τέλος, για το *R. dominica* ο αριθμός απογόνων διαφέρει σε όλες τις δόσεις από το μάρτυρα εκτός από την δόση των 1000 ppm, ενώ οι απόγονοι ανήλθαν στα 21 ακμαία ανά φιαλίδιο τόσο στα 3000 όσο και στα 5000 ppm.



**Σχήμα 5:** Μέσος όρος απογόνων (αριθμός ακμαίων ανά φιαλίδιο  $\pm$  τυπικό σφάλμα) των *O. surinamensis*, *T. confusum*, *S. oryzae* και *R. dominica* μετά από 65 ημέρες έκθεσης στις δόσεις 1000, 3000 και 5000 ppm. Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα μέσα στην κάθε ημέρα, δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το κριτήριο Tukey-Kramer HSD test με  $P = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά.

#### 4. Συζήτηση

Με βάση την κριτική επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, η παρούσα μελέτη αποτελεί μία από τις πρώτες έρευνες που έχει διεξαχθεί για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του αυτοφυούς φυτού *D. viscosa* στην διαχείριση των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων και τροφίμων. Το συγκεκριμένο φυτό, έχει

αναλυθεί πιο διεξοδικά για τις αντιμυκητιακές και αντιβακτηριακές του ιδιότητες έναντι πολλών παθογόνων (Parolin et al., 2014).

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα που δύναται να παρέχουν τα φυτικής προέλευσης φυτοπροστατευτικά προϊόντα στον γεωργικό τομέα και την ευρεία εφαρμογή τους σε πολλές χώρες από εκατοντάδες χρόνια πριν (Isman, 2006), η χρήση τους επί του παρόντος περιορίζεται σε μικρή κλίμακα, κυρίως στις χώρες της σαχάριας και υποσάχαριας Αφρικής (Adarkwah et al., 2017), καθώς τα χημικά σκευάσματα έχουν κυριαρχήσει στην παγκόσμια αγορά των εντομοκτόνων για τα μετασυλλεκτικά στάδια των αγροτικών προϊόντων. Στην παρούσα μελέτη, ελέγχθηκε η αποτελεσματικότητα του λυοφυλιωμένου υδατικού εκπλύματος του υπέργειου τμήματος του *D. viscosa* έναντι των *O. surinamensis*, *T. confusum*, *S. oryzae* και *R. dominica*, τα οποία έδειξαν διαφορετική ευαισθησία.

Οι Hernandez-Lambrano et al. (2015), επιβεβαίωσαν ότι το *O. surinamensis* είναι πιο ευαίσθητο από το *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), όταν αυτά εκτέθηκαν στα αιθέρια έλαια τριών φυτών του γένους *Cymbopogon*, τα οποία έδρασαν στα έντομα τόσο τοξικά όσο και αποθητικά. Στην παρούσα έρευνα επίσης αξιολογήθηκε και η ικανότητα του επεφυμενιδικού υλικού του *D. viscosa* να καταστείλει την παραγωγή απογόνων των τεσσάρων αυτών ειδών. Βρέθηκε να υπάρχει καταστολή της παραγωγής απογόνων σε όλα τα είδη εντόμων, ενώ ιδιαίτερα ισχυρή ήταν στα *O. surinamensis* και *T. confusum* και μικρότερη στο *R. dominica* (αλλά με σημαντική διαφορά από το μάρτυρα) και στο *S. oryzae*. Η μικρή καταστολή της παραγωγής απογόνων στα *R. dominica* και *S. oryzae* πιθανώς οφείλεται, σύμφωνα με τους Ukeh et al. (2007), στο γεγονός ότι η εφαρμογή σκευασμάτων με την μορφή σκόνης για την επίπαση των σπόρων δεν επηρεάζει τα έντομα αποθηκών των οποίων τα ατελή στάδια ανάπτυξης βρίσκονται εσωτερικά του σπόρου, γεγονός που χαρακτηρίζει τη βιολογία και των δύο αυτών ειδών. Παραδόξως, τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι παρόλο που, στην περίπτωση του *R. dominica*, η θνησιμότητα ήταν χαμηλή, ο αριθμός των απογόνων τελικά μειώθηκε σημαντικά σε σχέση με το μάρτυρα, γεγονός που υποδηλώνει και μια έμμεση δράση του σκευάσματος στα ατελή στάδια του είδους, ή στην ωοτοκία.

Από τις δόσεις που χρησιμοποιήθηκαν (1000, 3000 και 5000 ppm) στα έντομα αποθηκών που εξετάστηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα, ικανές να φέρουν αποτέλεσμα στην πλειοψηφία των (ειδών εντόμων) είναι οι δόσεις των 3000 και 5000 ppm. Ειδικότερα, για το *O. surinamensis* και *T. confusum* τη μέγιστη θνησιμότητα

επέφερε η δόση των 5000 ppm, για το *S. oryzae* τα 3000 ppm, ενώ για την *R. dominica* τα 1000 ppm. Αντιλαμβανόμαστε επομένως, ότι οι επιδράσεις του επιεφουμενιδικού υλικού του *D. viscosa* είναι ισχυρά δοσο-εξαρτώμενες αλλά και είδο-εξαρτώμενες. Οι δόσεις που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από αυτές που χρησιμοποιούνται στα συνθετικά εντομοκτόνα. Όπως προκύπτει από έρευνα των Rumbos et al. (2018), όπου εφαρμόστηκαν οι δόσεις 0.25 και 0.5 ppm του συνθετικού σκευάσματος spinetoram και οι δόσεις 1, 2 και 5 ppm του thiamethoxam, καθώς και ο συνδυασμός τους έναντι των *S. granarius*, *S. oryzae*, *T. castaneum*, *T. confusum*, *O. surinamensis* και *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Laemophloeidae). Όπως είναι προφανές, οι δόσεις της δικής μας έρευνας (1000, 3000 και 5000 ppm) δεν είναι συγκρίσιμες με τις αντίστοιχες των συνθετικών εντομοκτόνων (0.25, 0.5, 1, 2 και 5 ppm) οι οποίες είναι ιδιαίτερα χαμηλές στα εξετομένα είδη εντόμων αποθηκών.

Οι συγκεντρώσεις του σκευάσματος (1, 3 και 5g/kg) που δοκιμάστηκαν στο πείραμα που διεξάγαμε, δύναται να συγκριθούν με παρόμοιες μελέτες που έχουν δημοσιευτεί και αφορούν τις αδρανείς σκόνες και πιο ειδικά την γη διατόμων. Αυτό επιβεβαιώνεται από το πείραμα των Doumbia et al. (2014), όπου χρησιμοποιήθηκαν 4 δόσεις γης διατόμων 1.5, 3, 4.5 και 6 g/kg κατά των *S. zeamais*, *T. castaneum* και *Palorus subdepressus* (Coleoptera: Tenebrionidae) με το ποσοστό θνησιμότητας να καταμετράται μετά από 1, 2, 4, 7 και 14 μέρες από την εφαρμογή. Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι ο χρόνος από την εφαρμογή του σκευάσματος σε συνδυασμό με την συγκέντρωσή του ήταν παράγοντες καθοριστικοί για την θνησιμότητα των εξεταζόμενων εντόμων. Πιο αναλυτικά, θνησιμότητα 100% παρατηρήθηκε στα είδη *S. zeamais* (την 4<sup>η</sup> μέρα από την εφαρμογή με την δόση των 3 g/kg) και *P. subdepressus* (την 2<sup>η</sup> μέρα από την εφαρμογή με την δόση των 6 g/kg και την 7<sup>η</sup> μέρα από την εφαρμογή με την δόση των 1.5 g/kg) ενώ στο *T. castaneum* το υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας (99 %) καταγράφηκε την 14<sup>η</sup> μέρα με την δόση των 6 g / kg. Όπως αποδεικνύεται, οι δόσεις της δικής μας έρευνας (1, 3 και 5 g/kg), είναι συγκρίσιμες με αυτές της γης διατόμων της παραπάνω έρευνας, καθώς κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα.

Οι δόσεις εφαρμογής της παρούσας μελέτης είναι συγκρίσιμες με άλλα φυτικής προέλευσης εντομοκτόνα, όπως αναδεικνύεται και από τους Tofel et al. (2017), οι οποίοι εξέτασαν τα ποσοστά θνησιμότητας των εντόμων *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) και *S. zeamais*, ύστερα από έκθεσή τους σε

σκόνες προερχόμενες από διάφορους φυτικούς ιστούς των φυτών των *Azadirachta indica* και *Plectranthus glandulosus* (Lamiales: Lamiaceae). Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν σκόνη που παρέλαβαν ύστερα από ξήρανση των φύλλων του *P. glandulosus*, καθώς και των σπόρων του *A. indica*. Οι δόσεις που εφάρμοσαν ήταν 5, 10, 20, 30 και τέλος 40g/kg. Τα ποσοστά θνησιμότητας για το *S. zeamais* στην δόση των 5 g/kg (που αποτελεί την μέγιστη δόση που εμείς χρησιμοποιήσαμε) ήταν 22 % στο σπόρο. Όσον αφορά το *C. maculatus*, στην δόση των 5 g/kg δεν εμφανίστηκε θνησιμότητα. Η σκόνη από τα φύλλα του *P. glandulosus*, έδωσε στην δόση των 5 g/kg 30 και 5%, για το *S. zeamais* και *C. maculatus*, αντίστοιχα. Σημαντικό σε αυτό το σημείο, θα ήταν να υπογραμμισθεί ότι τα ποσοστά θνησιμότητας σε όλες τις μεταχειρίσεις ήταν σημαντικά αυξημένα στην μέγιστη δόση (40 g/kg). Παρόλα αυτά, οι δόσεις αυτές θεωρούνται ιδιαίτερα υψηλές για ευρύτερη εφαρμογή σε πρακτικό επίπεδο.

Τα σκευάσματα φυτικής προέλευσης συνιστούν μια κατηγορία φυτοπροστατευτικών προϊόντων με σημαντική αποτελεσματικότητα αλλά και φιλική στο περιβάλλον και στον άνθρωπο αφού βιοδιασπώνται ταχύτατα στο έδαφος χωρίς να αφήνουν τοξικά υπολείμματα, δρουν μόνο ενάντια στους εχθρούς-στόχους και είναι σχετικά οικονομικά. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να εξεταστεί και η περίπτωση των αρνητικών επιδράσεων της χρήσης τους. Τα φυτικής προέλευσης εντομοκτόνα είναι ασταθή κάτω από συνθήκες ηλιακού φωτός και ιδιαίτερα υπεριώδους ακτινοβολίας, υγρασίας και βροχοπτώσεων, ενώ χαρακτηριστικό τους είναι και η αργή δράση τους. Λόγω της ταχείας αποικοδόμησής τους, αναγκαίες θεωρούνται οι επαναληπτικές εφαρμογές τους. Επίσης, ορισμένα από αυτά τα φυσικά παράγωγα ενδέχεται να είναι πιο τοξικά για τον άνθρωπο, συγκρινόμενα με συνθετικά εντομοκτόνα. Σε αρκετές περιπτώσεις διαθέτουν φυσικές ενώσεις με περίπλοκες δομές, οι οποίες δύσκολα τυποποιούνται ή το κόστος παραγωγής τους είναι υψηλό έως μη εμπορικό. Τέλος, ένας ακόμη περιοριστικός παράγοντας για την εμπορευματοποίηση των σκευασμάτων αυτών, είναι η εποχιακή συλλογή της πρώτης ύλης (Rozman, 2015).

Το φυτό *D. viscosa* έχει αποτελέσει πολλές φορές το αντικείμενο ερευνών, λόγω των πολλαπλών ιδιοτήτων των συστατικών του επιεφυμενιδικού της υλικού. Η Σταυριανάκου (2009) ασχολήθηκε με την χρωματογραφία στήλης υπό κενό του λυοφιλιωμένου υδατικού εκπλύματος του *D. viscosa*, προκειμένου να πραγματοποιηθεί απομόνωση και ταυτοποίηση των κύριων συστατικών του. Το αποτέλεσμα που έλαβε ήταν ένα μίγμα 7 φλαβονοειδών και 8 σεσκιτερπενίων

(Πίνακας 1). Χρωματογραφικό διαχωρισμό του επιεφυμενιδικού μίγματος του ίδιου φυτού ακολούθησαν και οι Daniewski et al. (1986), ώστε να παραληφθούν τα συστατικά ιλικό οξύ, 2α-υδροξυισοκοστικό οξύ και μεθυλεστέρας του ιλικού οξέος και να μελετηθεί η δράση τους ως αποτρεπτικά τροφής για τα έντομα αποθηκών *T. confusum* και *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) στο στάδιο του ακμαίου και της προνύμφης, καθώς και στα ακμαία του *S. granarius*. Η έρευνα έδειξε ότι τα συστατικά 2α-υδροξυισοκοστικό οξύ και μεθυλεστέρας του ιλικού οξέος είχαν υψηλή αποτελεσματικότητα ως αποτρεπτικά τροφής για τα ενήλικα άτομα του *S. granarius*, ενώ το ιλικό οξύ και ο μεθυλεστέρας του ιλικού οξέος είχαν υψηλή αποτελεσματικότητα στις προνύμφες του *T. confusum*. Ως μέτρια μπορεί να χαρακτηριστεί η επίδραση των συστατικών 2α-υδροξυισοκοστικού οξέος και μεθυλεστέρα του ιλικού οξέος σε σχέση με την καταστολή της διατροφής των ακμαίων του *T. confusum*. Το λιγότερο ευαίσθητο στάδιο που εξετάστηκε ήταν οι προνύμφες του *T. granarium*, καθώς επιρεάστηκαν λιγότερο από το σύνολο των συστατικών του επιεφυμενιδικού υλικού. Από την παραπάνω έρευνα προκύπτει ότι το συστατικό με την μεγαλύτερη κατασταλτική δράση είναι το 2α-υδροξυισοκοστικό οξύ, με επόμενο το μεθυλεστέρα του ιλικού οξέος και λιγότερο αποτελεσματικό το ιλικό οξύ.

## 5. Συμπεράσματα

Το λυοφιλωμένο έκπλυμα του επιεφυμενιδικού υλικού του αυτοφυούς φυτού *D. viscosa*, δύναται να θεωρηθεί αποτελεσματικός παράγοντας φυτοπροστασίας έναντι κάποιων εκ των εντόμων αποθηκών που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία. Η ευαισθησία των εντόμων έναντι του σκευάσματος, εκφρασμένη ως ποσοστό θνησιμότητας και η απόκριση της κρίσιμης διαδικασίας παραγωγής απογόνων ήταν στενά συνυφασμένες με τις δόσεις. Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά ως προς τη χρήση του επιεφυμενιδικού υλικού του *D. viscosa* για τον έλεγχο των εντόμων αποθηκών, εντούτοις περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη, πιθανώς και με διαφορετικούς πειραματικούς σχεδιασμούς. Ενδιαφέρουσες προτάσεις θα ήταν η απομόνωση αιθέριων ελαίων από τα υπέργεια τμήματα του φυτού, η εφαρμογή του σε διαφορετικές επιφάνειες (π.χ τσιμέντο) και η ανάμειξη ποσότητας του σκευάσματος με αδρανείς κόνεις (π.χ. γη διατόμων).

## Βιβλιογραφία

Adarkwah, C., Obeng-Ofori, D., Prozell, S., Asante, V., Hörmann, V., Ulrichs, C., Scholler, M. 2017. Toxicity and protectant potential of *Piper guineense* (Piperaceae) and *Senna siamea* (Fabaceae) mixed with diatomaceous earth for the management of three major stored product beetle pests. *International Journal of Pest Management*, pp. 1-13

Aitken A. 1975. Insect Travelers, I: Coleoptera, Techn. Bull. 31, H.M.S.O. London.

Athanassiou CG, Korunic Z. 2007. Evaluation of two new diatomaceous earth formulations, enhanced with abamectin and bitterbarkomycin, against four stored grain beetle species. *Journal of Stored Production Research*. **43**:468–473.

Athanassiou CG. 2006. Toxicity of beta cyfluthrin applied alone or in combination with diatomaceous earth against adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* DuVal (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat. *Crop Protection Journal*, **25**:788–794.

Aulický, R., Stejskal, V. 2015. Efficacy and limitations of phosphine “spot-fumigation” against five Coleoptera species of stored product pests in wheat in a grain store – short note. *Plant Protection Science*, **51**: 33–38.

Batish, D.R., Singh, H.P., Kohli, R.K., Kaur, S. 2008. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*, **256**:2166–2174

Birch, L.C. 1944. Two strains of *Calandra oryzae* L. (Coleoptera). *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*, **22**:271-275

Cato, A.J., Elliot. B., Nayak, M.K., Phillips, T.W., 2017. Geographic variation in phosphine resistance among North American Populations of the Red Flour Beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, **110**:1359-1365.

Collins, P.J., Daglish, G.J., Pavic, H., Lambkin, T.M., Kapittke, R. 2002. Combating storing resistance to phosphine in stored grain pests in Australia. *CSIRO Stored Grain Research Laboratory*, pp. 109–112.

Daniewski, W.M., Kroszczyński, W., Bloszyk, E., Drozd, B., Nawrot, J., Rychlewska, U., Budesinsky, M., Holub, M. 1986. On terpenes. 294.

Sesquiterpenoids from *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter. Their structure and deterrent activity. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*, **51**:1710-1721

Doumbia, M., Douan, B.G., Kwadjo, K.E., Kra, D.K., Martel, V., Dagnogo, M. 2014. Effectiveness of diatomaceous earth for control of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* and *Palorus subdepressus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, **57**:1-5

Dubey, N.K., Shukla, R., Kulmar, A., Singh, P., Prakash, B. 2010. Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculture. *Current Science*, **98(4)**:479–480

Fields, P.G., Dowdy, A., Marcotte, M. 1997. Structural pest control: The use of an enhanced diatomaceous earth product combined with heat treatment for the control of insect pests in food processing facilities. Ottawa: Environment Bureau, Agriculture and Agri-Food Canada and the United States Department of Agriculture

Fields, P.G., Dowdy, A., Marcotte, M. 1997. Structural pest control: The use of an enhanced diatomaceous earth product combined with heat treatment for the control of insect pests in food processing facilities. Ottawa: Environment Bureau, Agriculture and Agri-Food Canada and the United States Department of Agriculture

Garcia, M.R., Perez, P.R., Rodriguez, H.C.Y., Soto, H.M. 2004. Toxicidad de alcaloides de *Eythrina americana* en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, **27**:297–303

Haines, C.P. 1991. Insects and Arachnids of Tropical Stored Products: Their Biology and Identification (A Training Manual), *Natural Resources Institute*, Ed. 2, pp. 246

Hernandez-Lambrano, R., Pajaro-Castro, N., Caballero-Gallardo, K. Stashenko, E., Olivero-Verbel, J. 2015. Essential oils from plants of the genus *Cymbopogon* as natural insecticides to control stored product pests. *Journal of Stored Products Research*, **62**: 81-83

Howe, R.W. 1956. Η βιολογία των δύο κοινών ειδών αποθεματοποίησης του *Oryzaephilus* (Coleoptera, Cucujidae). *Annals of Applied Biology*, **44 (2)**: 341-355



- Howe, R.W., 1960. The effects of temperature and humidity on the rate of development and the mortality of *Tribolium confusum* (Duval). *Annals of Applied Biology*, **48(2)**: 363-376
- Huang, Y., Lam, S.L., Ho, S.H. 2000. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, **36**:107–117.
- Hubert, J., Stejskal, V., Athanassiou, C.G., Throne, J.E. 2018. Health Hazards Associated with Arthropod Infestation of Stored Products. *Annual Review of Entomology*, **63**:553–73
- Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, **51**:45–66
- Natural Research Institute (NRI) 2001. Course 2: Biodeterioration Factors and Their Control. Grain Storage Management PGDip/MSc. Natural Research Institute, Chatham.
- Ogendo, J.O., Deng, A.L., Birech, R.J., Bett, K.P. 2012. Plant-Based Products as Control Agents of Stored-Product Insect Pests in the Tropics. *Progress in Food Preservation*, **27**: 583-599
- Oka, Y., Ben-Daniel, B.-H., Cohen, Y. 2001. Nematicidal activity of powder and extracts of *Inula viscosa*. *Nematology*, **3**:735-742
- Opit, G.P., Phillips, T.W., Aikins, M.J., Hasan, M.M., 2012. Phosphine resistance in *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica* from stored wheat in Oklahoma. *Journal of Economic Entomology*, **105**: 1107-1114.
- Parolin P., Ion Scotta M., Bresch C. 2014. Biology of *Dittrichia viscosa*, a Mediterranean ruderal plant. *International Journal of Experimental Botany (Phyton)* **83**.
- Rajendran, S., Sriranjini, V. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control – a review. *Journal of Stored Products Research*. **44(2)**:126–135.

- Rozman, V. 2015. Control of stored products pests by natural products. *Integrated Protection of Stored Products*, **111**:295- 299
- Rumbos, C.I., Dutton A.C., Athanassiou, C.G. 2018 Insecticidal effect of spinetoram and thiamethoxam applied alone or in combination for the control of major stored-product beetle species. *Journal of Stored Products Research*, **75**:56-63
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J. 1995. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. *Stony Brook University*
- Stavrianakou, S., Liakoura, V., Levizou, E., Karageorgou, P., Delis, C., Liakopoulos, G., Karabourniotis, G., Manetas, Y. 2004. Allelopathic effects of water-soluble leaf epicuticular material of *Dittrichia viscosa* on seed germination of crops and weeds. *Allelopathy Journal*, **14**:35-42
- Stephanou, M., Manetas, Y. 1997a. Seasonal variations in UV-B absorbing capacity and allelopathic potential of *Dittrichia viscosa* leaf rinsates. *Canadian Journal of Botany*, **75**:1371-1374
- Su, N., Scheffrahn, R.H. 1990. Efficacy of sulfuryl fluoride against four beetle pests of museums (Coleoptera: Dermestidae, Anobiidae). *Journal of Economic Entomology*, **83**(3):879–882.
- Subramanyam, B., Roesli R. 2000. Inert dusts. In: Subramanyam Bh, Hagstrum, DW. editors. Alternatives to pesticides in stored product IPM. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 321–380.
- Taylor, T.A. 1989. Organization and management. constraints in the development and implementation of sustainable pest control in Africa. In Proceedings of the 3rd Conference and Workshop of the UTA: Biological Control: A Sustainable Solution to Crop Pest Problems in Africa, Yaninek, J.S., Herren, H.R. (eds). IITA, Ibadan, pp. 84–96.
- Tofel, K.H., Kosma, P., Stahler, M., Adler, C., Nukenine, E.N. 2017. Insecticidal products from *Azadirachta indica* and *Plectranthus glandulosus* growing in Cameroon for the protection of stored cowpea and maize against their major insect pests. *Industrial Crops and Products*, **110**:58–64

Topakci, N., Ikten, C., Gosmen, H. 2005. A research on some effects of *Inula viscosa* (L.) Ait. (Asteraceae) leaf extract on carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* (Boisd.) (Acari: Tetranychidae). *Akdeniz Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi*, **18**:411-415

Trematerra, P., Sciarreta, A., Tamasi, E. 2000. Behavioural responses of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* to naturally and artificially damaged durum wheat kernels. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **94(2)**:195-200

Trematerra, P., Sciarreta, A., Tamasi, E. 2000. Behavioural responses of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* to naturally and artificially damaged durum wheat kernels. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **94(2)**:195-200

Ukeh, D.A., Emosairue, S.O., Udo, I.A., Ofem, U.A. 2007. Field evaluation of neem *Azadirachta indica* A. Juss products for the management of Lepidopteron stem borers of maize *Zea mays* L. in Calabar Nigeria. *Journal of Applied Sciences Research*, **2(6)**: 653-658

Walter VE. 1990. Stored product pests. In *Handbook of Pest Control* Story K, Moreland D. (editors). Franzak & Foster Co., Cleveland, OH. pp. 526-529

Weston PA, Rattlingourd PL. 2000. Progeny production by *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) on maize previously infested by *Sitotroga cerealla* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Economic Entomology*, **93**: 533-536.

Yegen, O., Berger, B., Heitefuss, R. 1992. Untersuchungen zur fungitoxischen Wirkung der Extrakte sechs ausgewählter Pflanzen aus der Türkei auf phytopathogene Pilze. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, **99**:349-359

Ζιώγας Β., Μαρκόγλου Α. Γεωργική Φαρμακολογία, Βιοχημεία, Φυσιολογία, Μηχανισμοί Δράσης και Χρήσεις των Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων, 2<sup>η</sup> Έκδοση 2010.

Καββάδας, Δ.Σ. 1956. Εικονοφραφημένον Βοτανικόν – Φυτολογικόν Λεξικόν. Αθήνα: Εκδόσεις Γ.Π. Ξένου, σελ. 45-84

Μπουχέλος Κ. 1996. Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Σταμόπουλος, Δ. Κ. 2013. Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Σταυριανάκου, Σ.Β. 2009. Χημική Σύσταση του επεφυμενιδικού εκκρίματος του φυτού *Dittrichia viscosa* και αξιολόγηση του φυτοπροστατευτικού δυναμικού του έναντι παθογόνων μικροοργανισμών (Διδακτορική διατριβή). Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.