



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Παραδοτέο έργου Π2.1. Έκθεση αναφοράς για την αποτελεσματικότητα της ΓΔ εναντίον των κυριότερων εντόμων αποθηκών, κάτω από τις ίδιες συνθήκες για όλα τα είδη και στάδια ανάπτυξης των εντόμων

Τύπος: Έκθεση

Υπο-παραδοτέο Π2.1.3 «Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της γης διατόμων εναντίον των κυριότερων εντόμων αποθηκών»



DiatomiteThem

DiatomiteThem

Τίτλος Έργου:

Προστασία των αποθηκευμένων δημητριακών με τη χρήση γης διατόμων

«Το έργο αυτό υλοποιείται στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου: Τ2ΕΔΚ-03532)»



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικά στοιχεία	3
2. Πρωτόκολλα βιοδοκιμών	5
3. Αποτελέσματα	14
4. Συζήτηση	28
5. Βιβλιογραφία	31



1. Εισαγωγικά στοιχεία

Η γη διατόμων παρουσιάζει διαφορετική εντομοκτόνο δράση ανάλογα το γένος του εντόμου – στόχου και αυτό έχει αποδειχθεί πολλάκις σε διάφορες έρευνες σε διαφορετικά γένη εντόμων – εχθρών αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων. Πράγματι, κατά γενικό κανόνα, άτομα του γένους *Cryptolestes* θεωρούνται αυτά που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη θνησιμότητα μετά από έκθεσή τους στην σκόνη, με τα γένη *Oryzaephilus*, *Sitophilus*, *Rhyzopertha* και *Tribolium* να ακολουθούν. Πολλοί είναι οι υποψήφιοι παράγοντες που συμβάλλουν στις διαφορετικές τιμές θνησιμότητας μεταξύ των γενών, όπως η ικανότητα του σώματος του εντόμου να κρατά την γη διατόμων προσκολλημένη πάνω του (Fields and Korunić, 2000), η διαφορετική αντοχή στην αφυδάτωση (Carlson and Ball, 1962), το μέγεθος του σώματός του και η αναλογία του όγκου του με την επιφάνειά του, οι ποσοτικές οι ποιοτικές διαφορές στα επιδερμικά λιπίδια του εκάστοτε γένους κ.α.

Η ικανότητα των εντόμων να ρυθμίζουν την απώλεια νερού του σώματός τους μέσω της ατμοσφαιρικής υγρασίας και της τροφής, σε συνδυασμό με την ιδιότητα της γης διατόμων να απορροφά την υγρασία του περιβάλλοντος χώρου με συνέπεια την εν μέρει, μείωση της εντομοκτόνου δράσης της (Subramanyam and Roesli, 2000), οδηγούν στην επισήμανση της ατμοσφαιρικής υγρασίας ως έναν καθοριστικό παράγοντα για την αποτελεσματικότητα τέτοιων σκευασμάτων εναντίον εντόμων αποθηκών. Απόδειξη αποτελεί η έρευνα των Athanassiou et al. (2011), όπου σε δυο επίπεδα υγρασίας, δηλ. 55 και 75%, η θνησιμότητα του *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) ήταν 80,2% και 75,4% αντίστοιχα. Νεότερες μελέτες έχουν αποδείξει ότι ακόμη και μια μικρή αλλαγή του επιπέδου σχετικής υγρασίας είναι ικανή να επηρεάσει την αποτελεσματικότητα της γης διατόμων, τόσο σε διάφορα δημητριακά, όσο και σε διάφορα είδη εντόμων.

Παράλληλα, η θερμοκρασία είναι ένας άλλος περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει την θνησιμότητα σε όλα τα είδη εντόμων αποθηκών, και αυτό γιατί σε υψηλότερα επίπεδα θερμοκρασιών τα έντομα παρουσιάζουν μεγαλύτερη κινητικότητα και άρα περισσότερη επαφή με τα διάτομα. Οι Vagias και Athanassiou (2004), κατά τη χρήση του εμπορικά διαθέσιμου σκευάσματος SilicoSec διαπίστωσαν ότι η θνησιμότητα



των ακμαίων του *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) αυξήθηκε παράλληλα με την αύξηση της θερμοκρασίας από 22 σε 32 °C. Δεδομένου του συγκεκριμένου τρόπου αντίδρασης των αδρανών σκονών στην αύξηση της θερμοκρασίας, η χρήση τους σε συνδυασμό με την θερμική απεντόμωση που εφαρμόζεται ως επί το πλείστον σε βιομηχανικές μονάδες και αποθήκες, μπορεί να είναι το κλειδί για μια επιτυχή απεντόμωση, σε σύντομο χρονικό διάστημα (Dowdy and Fields, 2002).

Έτσι, στην παρούσα ενότητα πραγματοποιήθηκε σειρά από βιοδοκιμές προκειμένου να αξιολογηθεί η ευπάθεια των σημαντικότερων εντομολογικών εχθρών των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων στα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας και σε διάφορα διαστήματα έκθεσης ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης των εντόμων, για την επισήμανση της τυχόν διαφορετικής ευαισθησίας στις επεμβάσεις, προκειμένου να γίνει κατανοητή η συμπεριφορά της μεθόδου σε μεγάλο εύρος συνθηκών.



2. Πρωτόκολλα βιοδοκιμών

Έντομα

Οι πληθυσμοί των ειδών εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της γης διατόμων, ελήφθησαν από τους εργαστηριακούς πληθυσμούς του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας (ΕΕΓΖ). Ειδικότερα, επιλέχθηκαν όλα τα στάδια ανάπτυξης (ακμαίο, νύμφη, προνύμφη και ωό) των ειδών *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), *Ephestia elutella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae), *T. confusum* και *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae). Η επιλογή των συγκεκριμένων ειδών έγινε δεδομένου ότι τα είδη αυτά έχουν αναγνωριστεί ως τα πιο κοινά είδη που προσβάλλουν έναν ευρύ κύκλο αποθηκευμένων τροφίμων στην Ελλάδα (Buchelos 1980, Buchelos and Athanassiou, 1993, Buchelos and Katorodis, 1995). Ταυτόχρονα, όλα τα ανωτέρω είδη εκτός του *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), βρέθηκαν στις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στους αποθηκευτικούς χώρους του συνεταιρισμού, γεγονός που επιβεβαιώνει την κυριαρχία τους στις αποθήκες. Δεδομένου ότι το είδος *E. cautella* δεν βρέθηκε σε καμιά από τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στις αποθήκες του συνεταιρισμού «ΘΕΣγη», αντικαταστάθηκε με το είδος *E. elutella*, ένα επίσης σύννηθες έντομο που βρέθηκε στις αποθήκες του συνεταιρισμού «ΘΕΣγη». Οι παραπάνω εκτροφές βρίσκονται σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών, σε θερμοκρασία 26°C και σχετική υγρασία 55%, και σε συνεχές σκότος, και εκτρέφονται σύμφωνα με τα πρωτόκολλα εκτροφής του ΕΕΓΖ που αναφέρονται στο Π1.2.3. Ο διαχωρισμός των ακμαίων, νυμφών και προνυμφών έγινε με την βοήθεια κόσκινων (Εικόνα 1). Για την συλλογή των ωών, 100 ακμαία άτομα ηλικίας μικρότερης των 7 ημερών, συλλέχθηκαν από τις εργαστηριακές εκτροφές και τοποθετήθηκαν σε ξεχωριστά γυάλινα βάζα ανά είδος μαζί με ποσότητα αλεσμένου αλευριού και αφήθηκαν για 4 ημέρες στους 25°C και 55% σχετική υγρασία, για ωοτοκία (Εικόνα 2, αριστερά). Μετά το πέρας των 4 ημερών, τα ακμαία αφαιρέθηκαν και το αλεύρι κοσκινίστηκε με σκοπό την συλλογή των ωών και την χρήση τους στις βιοδοκιμές (Εικόνα 2, δεξιά). Παράλληλα, παρόλο που το είδος *Tenebrio molitor* βρέθηκε σε ελάχιστους αριθμούς σε μόνο μια από τις αποθήκες που εξετάστηκαν, αποφασίστηκε να λάβει χώρα και μια ακόμα σειρά βιοδοκιμών με σκοπό



να αξιολογηθεί η ευαισθησία του είδους στην γη διατόμων, καθότι δεν υπάρχουν πολλά σχετικά δεδομένα σήμερα. Στις συγκεκριμένες βιοδοκιμές, αξιολογήθηκαν τα στάδια του ακμαίου και της προνύμφης, όπου αντίστοιχα άτομα συλλέχθηκαν με την χρήση κόσκινων όπως και στην προηγούμενη περίπτωση.



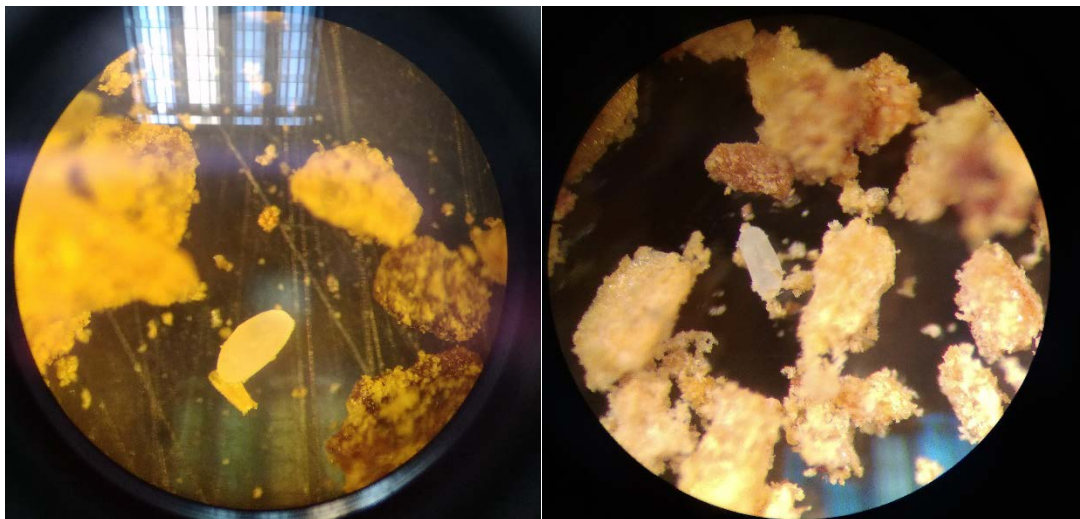
Εικόνα 1: Συλλογή ακμαίων *T. confusum* από τις εργαστηριακές εκτροφές με χρήση κόσκινου.



Εικόνα 2: Ακμαία *T. confusum* στα βάζα ωστοκίας με το αλεύρι (αριστερά) και *E. elutella* μετά την συλλογή τους από τα δοχεία ωστοκίας (δεξιά).



Εικόνα 3: Προνύμφες *E. elutella* κατά την συλλογή τους από τις εργαστηριακές εκτροφές.



Εικόνα 4: Ωά *T. confusum* ανάμεσα από κόκκους αλευριού, όπως φαίνονται από στερεοσκόπιο.

Βιοδοκιμές

Η διενέργεια των εργαστηριακών βιοδοκιμών αφορούσε την επισήμανση της επίδρασης της θερμοκρασίας και την σχετικής υγρασίας στην εντομοκτόνο δράση της γης διατόμων



της εταιρίας Detia Garda GmbH (Silicid, Γερμανία) (Εικόνα 5). Να σημειωθεί επίσης ότι το σκεύασμα αυτό δεν έχει έγκριση για εφαρμογή στη χώρα μας. Άτομα από όλα τα στάδια ανάπτυξης των παραπάνω ειδών εκτέθηκαν σε σπασμένο σιτάρι, στο οποίο είχε εφαρμοστεί η γη διατόμων της εταιρίας (Εικόνα 6), σε συγκεντρώσεις των 200, 500 και 1000 ppm (mg εντομοκτόνου/ Kg προϊόντος) (Εικόνα 7). Αντίστοιχα, ποσότητες σιταριού χωρίς καμιά μεταχείριση/εντομοκτόνο, χρησιμοποιήθηκαν ως «αρνητικοί μάρτυρες» (Εικόνα 8). Ποσότητες των 500 γρ σπασμένου σιταριού με υγρασία 13.5%, επιπασμένες με τις διάφορες δόσεις που προαναφέρθηκαν, προετοιμάστηκαν σε γυάλινα βάζα του ενός λίτρου (Εικόνα 9, αριστερά), ανακινήθηκαν μηχανικά με το χέρι για 2 λεπτά με σκοπό την ομοιόμορφη κατανομή της γης διατόμων στην μάζα του σιτηρού (Εικόνα 9, δεξιά) και δείγματα σιταριού των 10 γρ (Εικόνα 10), τοποθετήθηκαν σε κάθε ένα από τα τρία πλαστικά κυλινδρικά φιαλίδια μαζί με 10 άτομα ανά φιαλίδιο (Εικόνα 11), με ξεχωριστά φιαλίδια για κάθε είδος και στάδιο ανάπτυξης. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι όλα τα προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές, δεσμεύθηκαν από τον συνεταιρισμό, έπειτα από συνεννόηση με το ΕΕΓΖ, έτσι ώστε να διεξαχθούν βιοδοκιμές αποκλειστικά στα προϊόντα του συνεταιρισμού. Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στην ξεχωριστή αποθήκευση των συγκεκριμένων ποσοτήτων από την αρχή της συγκομιδής και την έναρξη της περιόδου αποθήκευσης, ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν θα γίνει κάποια εφαρμογή με εντομοκτόνο.

Η θνησιμότητα των ακμαίων αξιολογήθηκε μετά από 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης, των προνυμφών μετά από 1, 3 και 5 ημέρες έκθεσης και των νυμφών και των ωών μετά από 12, 24 και 48 ώρες, δεδομένου ότι διαφορετική χρονική περίοδο απαιτείται για την ολοκλήρωση ενός σταδίου του εντόμου, με το μικρότερο αυτού να αφορά την νύμφη και το ωό. Η όλη διαδικασία επαναλήφθηκε τρεις φορές, με την δημιουργία νέων βάζων με προϊόντα κάθε φορά. Έτσι, υπήρξαν δυο επαναλήψεις (βάζα) με τρεις υπο-επαναλήψεις (φιαλίδια), δηλαδή 6 φιαλίδια για κάθε έναν συνδυασμό δόσης σκευάσματος, είδους και σταδίου εντόμου. Οι βιοδοκιμές πραγματοποιήθηκαν στους θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών σε όλους τους συνδυασμούς διαφόρων επιπέδων θερμοκρασίας, δηλ. 15, 20, 25 και 30 °C, και σχετικής υγρασίας, δηλ. 55, 65 και 75% (Εικόνα 12), η θερμοκρασία καθοριζόταν σε επιθυμητές σταθερές τιμές με τη λειτουργία ενός συστήματος θερμοστατών και ασφαλειών και η υγρασία διατηρούνταν στα



επιθυμητά επίπεδα με τη συμβολή μιας συνδεσμολογίας ώσμωσης. Με βάση τα αποτελέσματα, συσχετίστηκε η θνησιμότητα των διαφορετικών σταδίων των εντόμων με το χρόνο έκθεσης για τα διάφορα θερμοκρασιακά επίπεδα σε συνάρτηση και με τη σχετική υγρασία (ανάλυση Probit για υπολογισμό του χρόνου έκθεσης που εξασφαλίζει τον θάνατο του 99.996% των ατόμων στις διάφορες θερμοκρασίες).

Στην περίπτωση του *Tenebrio molitor*, αξιολογήθηκαν δόσεις των 20, 50, 100, 250 και 1000 ppm του ίδιου σκευάσματος γης διατόμων σε σιτάρι, εναντίων των ακμαίων και των προνυμφών του είδους. Η διαδικασία πειραματισμού ήταν η ίδια όπως αναφέρεται και πιο πάνω, ωστόσο η θνησιμότητα των ακμαίων και των προνυμφών αξιολογήθηκε μετά από 7, 14 και 21 ημέρες και όλα τα φιαλίδια βρισκόνταν σε συνθήκες 26°C και 60% σχετικής υγρασίας καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος.



Εικόνα 5: Γη διατόμων της εταιρίας Detia Garda GmbH.



Εικόνα 6: Σιτάρι, επιπασμένο με γη διατομιτών.



Εικόνα 7: Ζύγισμα γης διατόμων στην ζυγαριά ακριβείας.



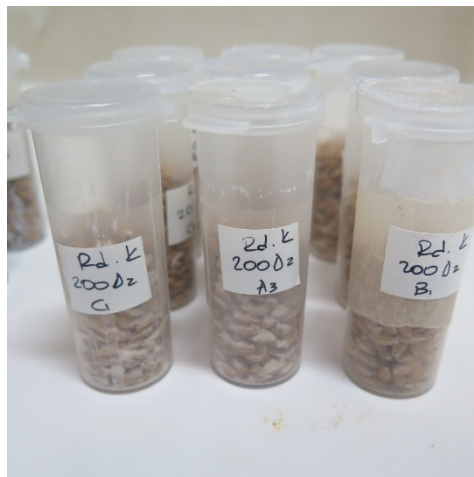
Εικόνα 8: Σιτάρι, επιπασμένο με γη διατομιτών (αριστερά) και μάρτυρας (δεξιά).



Εικόνα 9: Ποσότητες σιταριού, επιπασμένο με γη διατομιτών (αριστερά) και ανακίνηση των βάζων για 2' (δεξιά).



Εικόνα 10: Εισαγωγή σπόρων στα πλαστικά φιαλίδια.



Εικόνα 11: Πλαστικά κυλινδρικά φιαλίδια μαζί με 10 ακμαία άτομα ανά φιαλίδιο.



Εικόνα 12: Θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών στο ΕΕΓΖ.



3. Αποτελέσματα

Τα διαφορετικά είδη των εντόμων παρουσίασαν και διαφορετικά επίπεδα θνησιμότητας ανάλογα την δόση και τον χρόνο έκθεσης των σταδίων στη γη διατόμων. Κατά γενικό κανόνα, το *T. confusum* ήταν το πιο ανεκτικό στις εφαρμογές, με τα *O. surinamensis*, *C. ferrugineus*, *P. interpunctella*, *E. elutella*, *E. kuehniella* να ακολουθούν ως τα πιο ευαίσθητα. Το γεγονός αυτό είναι πιο ξεκάθαρο στα στάδια του ακμαίου και της προνύμφης, τα οποία αποτελούν και τα κινητά στάδια ανάπτυξης των υπό μελέτη ειδών. Τα ωά και οι νύμφες όλων των ειδών εντόμων παρουσίασαν τόσο μικρή θνησιμότητα, που δεν μπόρεσε να γίνει ανάλυση Probit, δηλ. δεν κατέστη δυνατό να υπολογιστούν οι παράμετροι της ανάλυσης (τιμές, διαστήματα εμπιστοσύνης, δοκιμασία σημαντικότητας).

Ο ρόλος της θερμοκρασίας και υγρασίας ήταν επίσης σημαντικός, αφού διαφορετικά ποσοστά θνησιμότητας παρατηρήθηκαν μεταξύ των συνδυασμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, όπως φαίνονται στους Πίνακες 1-4. Κατά γενικό κανόνα, η αύξηση της θερμοκρασίας οδήγησε σε αντίστοιχη αύξηση της θνησιμότητας σε όλα τα στάδια εκτός των ωών, αλλά μόνο στα χαμηλότερα επίπεδα σχετικής υγρασίας. Με την αύξηση της σχετικής υγρασίας από το 55 στο 75%, η θνησιμότητα επηρεάστηκε σημαντικά, ανεξαρτήτως θερμοκρασίας. Πλήρης καταπολέμηση (100% θνησιμότητα) όλων των ειδών εντόμων στο στάδιο του ακμαίου την 21 ημέρα έκθεσης επετεύχθη με την δόση των 1000 ppm, σε όλους τους συνδυασμούς των θερμοκρασιών με 55% σχετική υγρασία, στους 25 και 30°C με 65% σχετική υγρασία αλλά σε καμία από τις μεταχειρίσεις με 75% σχετική υγρασία, το οποίο είναι και ενδεικτικό για το σημαντικό ρόλο της υγρασίας (Πίνακας 1). Αντίστοιχα, για το στάδιο της προνύμφης, μόνο οι συνδυασμοί των 25 και 30 °C με 55% σχετική υγρασία, καταπολέμησαν το 100% όλων των ειδών εντόμων την 5^η ημέρα έκθεσης στα 1000 ppm (Πίνακας 3), ενώ καμία μεταχείριση δεν μπόρεσε να θανατώσει το 100% των ωών (Πίνακας 4) και νυμφών (Πίνακας 2) των ειδών εντόμων που αξιολογήθηκαν εδώ.

**Πίνακας 1:** Μέση θνησιμότητα (%) ανά φιαλίδιο των ακμιαίων ατόμων των έξι ειδών εντόμων που εξετάστηκαν, στους διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας και υγρασίας, μετά από 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης στις 4 διαφορετικές δόσεις γης διατόμων (0, 200, 500 και 1000 ppm).

Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία %	<i>T. confusum</i>			<i>C. ferrugineus</i>			<i>O. surinamensis</i>			<i>P. interpunctella</i>			<i>E. elutella</i>			<i>E. kuehniella</i>		
			7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21	7	14	21
0	15	55	0,0	0,0	0,0	1,7	3,3	3,3	1,7	1,7	1,7	10,0	20,0	100,0	1,7	5,0	100,0	5,0	8,3	96,7
200	15	55	0,0	0,0	5,0	23,3	30,0	40,0	8,3	25,0	43,3	10,0	31,7	100,0	1,9	23,9	100,0	3,3	6,7	100,0
500	15	55	0,0	3,3	10,0	63,3	70,0	75,0	28,3	50,0	50,0	23,3	48,3	100,0	25,0	36,7	100,0	5,0	13,3	100,0
1000	15	55	15,0	80,0	100,0	98,3	100,0	100,0	95,0	100,0	100,0	45,0	65,0	100,0	16,7	65,0	100,0	5,0	15,0	100,0
0	20	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	1,7	5,0	13,3	6,7	15,0	100,0	10,0	16,7	100,0	1,7	8,3	100,0
200	20	55	0,0	5,0	8,3	20,0	30,0	51,7	5,0	18,3	45,0	13,3	28,3	100,0	20,0	48,3	100,0	18,3	20,0	100,0
500	20	55	0,0	3,3	10,0	60,0	80,0	86,7	41,7	66,7	86,7	26,7	55,0	100,0	21,7	78,3	100,0	20,0	30,0	100,0
1000	20	55	46,7	88,3	98,3	91,7	95,0	100,0	100,0	100,0	100,0	65,0	80,0	100,0	10,0	35,0	100,0	20,0	58,3	100,0
0	25	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	8,3	15,0	20,0	100,0	10,0	21,7	100,0	5,0	8,3	98,3
200	25	55	1,7	5,0	10,0	51,7	75,0	83,3	0,0	18,3	31,7	10,0	16,7	100,0	20,0	53,3	100,0	1,7	10,0	100,0
500	25	55	1,7	21,7	43,3	76,7	95,0	100,0	45,0	80,0	100,0	8,3	8,3	100,0	25,0	66,7	100,0	23,3	36,7	100,0
1000	25	55	76,7	100,0	100,0	93,3	96,7	96,7	98,3	98,3	100,0	26,7	53,3	100,0	13,3	86,7	100,0	13,3	43,3	100,0
0	30	55	0,0	3,3	3,3	1,7	1,7	50,0	0,0	0,0	45,0	0,0	0,0	100,0	1,7	8,3	100,0	13,3	23,3	100,0
200	30	55	1,7	3,3	6,7	51,7	60,0	78,3	8,3	21,7	46,7	26,7	33,3	100,0	8,3	21,7	100,0	25,0	36,7	100,0
500	30	55	0,0	21,7	46,7	70,0	95,0	100,0	26,7	73,3	93,3	11,7	13,3	100,0	28,3	71,7	100,0	23,3	38,3	100,0
1000	30	55	83,3	100,0	100,0	93,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	48,3	73,3	100,0	13,3	86,7	100,0	26,7	46,7	100,0
0	15	65	3,3	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	16,7	100,0	1,7	15,0	100,0	25,0	40,0	100,0
200	15	65	1,7	3,3	6,7	8,3	18,3	30,0	10,0	50,0	58,3	13,3	16,7	100,0	21,7	38,3	100,0	13,3	28,3	100,0
500	15	65	1,7	3,3	10,0	48,3	55,0	66,7	28,3	45,0	48,3	11,7	31,7	100,0	26,7	76,7	100,0	41,7	65,0	100,0
1000	15	65	16,7	60,0	96,7	100,0	100,0	100,0	88,3	100,0	100,0	31,7	45,0	100,0	21,7	81,7	100,0	35,0	80,0	100,0
0	20	65	5,0	5,0	6,7	0,0	0,0	3,3	0,0	1,7	10,0	6,7	13,3	100,0	10,0	33,3	100,0	1,7	5,0	100,0
200	20	65	3,3	8,3	15,0	31,7	41,7	53,3	11,7	21,7	41,7	6,7	13,3	100,0	16,7	46,7	100,0	1,7	1,7	100,0
500	20	65	5,0	15,0	18,3	51,7	70,0	85,0	30,0	78,3	86,7	26,7	40,0	100,0	16,7	83,3	100,0	13,3	23,3	100,0
1000	20	65	61,7	91,7	98,3	78,3	96,7	100,0	100,0	100,0	100,0	36,7	50,0	100,0	18,3	100,0	100,0	16,7	45,0	100,0
0	25	65	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	10,0	11,7	6,7	10,0	100,0	6,7	11,7	100,0	13,3	25,0	98,3
200	25	65	1,7	1,7	8,3	23,3	43,3	68,3	0,0	31,7	41,7	11,7	16,7	100,0	18,3	38,3	100,0	10,0	26,7	100,0
500	25	65	5,0	16,7	43,3	56,7	90,0	100,0	73,3	88,3	100,0	15,0	36,7	100,0	13,3	43,3	100,0	35,0	65,0	100,0
1000	25	65	71,7	95,0	100,0	98,3	100,0	100,0	98,3	98,3	100,0	26,7	36,7	100,0	25,0	58,3	100,0	50,0	85,0	100,0
0	30	65	0,0	1,7	3,3	1,7	5,0	15,0	0,0	0,0	0,0	6,7	20,0	100,0	3,3	18,3	100,0	6,7	11,7	98,3
200	30	65	3,3	5,0	20,0	50,0	81,7	100,0	28,3	28,3	55,0	13,3	31,7	100,0	15,0	15,0	100,0	8,3	30,0	100,0
500	30	65	21,7	41,7	66,7	78,3	100,0	100,0	21,7	63,3	93,3	28,3	36,7	100,0	20,0	56,7	100,0	23,3	38,3	100,0
1000	30	65	88,3	100,0	100,0	88,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	33,3	51,7	100,0	33,3	76,7	100,0	23,3	50,0	100,0
0	15	75	1,7	3,3	3,3	3,3	0,0	1,7	0,0	1,7	10,0	15,0	28,3	100,0	8,3	20,0	100,0	3,3	15,0	100,0
200	15	75	1,7	1,7	1,7	43,3	80,0	85,0	3,3	45,0	66,7	21,7	28,3	100,0	6,7	15,0	100,0	6,7	11,7	100,0
500	15	75	0,0	3,3	11,7	65,0	85,0	100,0	40,0	61,7	65,0	28,3	66,7	100,0	25,0	70,0	100,0	21,7	36,7	100,0
1000	15	75	20,0	53,3	75,0	95,0	98,3	100,0	95,0	100,0	100,0	50,0	81,7	100,0	61,7	90,0	100,0	38,3	68,3	100,0
0	20	75	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	5,0	0,0	6,7	6,7	5,0	16,7	100,0	3,3	18,3	100,0	8,3	11,7	98,3
200	20	75	0,0	0,0	1,7	3,3	11,7	20,0	0,0	41,7	61,7	25,0	38,3	100,0	15,0	48,3	100,0	10,0	16,7	100,0
500	20	75	0,0	0,0	1,7	41,7	53,3	60,0	58,3	86,7	96,7	10,0	23,3	100,0	25,0	46,7	100,0	18,3	43,3	98,3
1000	20	75	38,3	78,3	96,7	80,0	93,3	93,3	98,3	100,0	100,0	16,7	41,7	100,0	56,7	78,3	100,0	31,7	63,3	100,0
0	25	75	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	18,3	1,7	1,7	8,3	10,0	11,7	100,0	8,3	20,0	100,0	3,3	8,3	100,0
200	25	75	0,0	1,7	3,3	1,7	8,3	35,0	1,7	35,0	55,0	15,0	26,7	100,0	63,3	75,0	100,0	0,0	3,3	100,0
500	25	75	0,0	0,0	8,3	46,7	85,0	95,0	23,3	43,3	63,3	36,7	58,3	100,0	66,7	80,0	100,0	28,3	51,7	100,0
1000	25	75	11,7	73,3	90,0	98,3	98,3	98,3	100,0	100,0	100,0	30,0	63,3	100,0	70,0	83,3	100,0	30,0	36,7	98,3
0	30	75	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	26,7	0,0	11,7	18,3	8,3	15,0	100,0	11,7	13,3	100,0	1,7	6,7	98,3
200	30	75	1,7	1,7	3,3	13,3	31,7	46,7	3,3	35,0	55,0	15,0	41,7	100,0	11,7	33,3	100,0	3,3	11,7	100,0
500	30	75	0,0	1,7	3,3	45,0	50,0	56,7	40,0	93,3	98,3	30,0	46,7	100,0	48,3	70,0	100,0	20,0	28,3	100,0
1000	30	75	11,7	68,3	83,3	93,3	93,3	95,0	98,3	100,0	100,0	51,7	70,0	100,0	51,7	83,3	100,0	25,0	55,0	100,0



Πίνακας 2: Μέση θνησιμότητα (%) ανά φιαλίδιο των νυμφών των έξι ειδών εντόμων που εξετάστηκαν, στους διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας και υγρασίας, μετά από 12, 24 και 48 ώρες έκθεσης στις 4 διαφορετικές δόσεις γης διατόμων (0, 200, 500 και 1000 ppm).

Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία %	<i>T. confusum</i>			<i>C. ferrugineus</i>			<i>O. surinamensis</i>			<i>P. interpunctella</i>			<i>E. elutella</i>			<i>E. kuehniella</i>		
			12	24	48	12	24	48	12	24	48	12	24	48	12	24	48	12	24	48
0	15	55	0,0	1,7	5,0	1,7	3,3	3,3	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	5,0	0,0	3,3	5,0	0,0	0,0	5,0
200	15	55	0,0	1,7	3,3	1,7	1,7	1,7	0,0	1,7	5,0	5,0	10,0	16,7	0,0	5,0	15,0	0,0	3,3	3,3
500	15	55	0,0	1,7	5,0	1,7	3,3	6,7	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0	0,0	3,3	5,0
1000	15	55	3,3	3,3	5,0	1,7	8,3	11,7	1,7	5,0	13,3	0,0	3,3	10,0	1,7	1,7	3,3	0,0	5,0	5,0
0	20	55	0,0	1,7	3,3	0,0	0,0	3,3	3,3	3,3	3,3	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	1,7
200	20	55	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	3,3	0,0	3,3	18,3
500	20	55	0,0	0,0	3,3	1,7	1,7	5,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	11,7	1,7	1,7	6,7	0,0	11,7	20,0
1000	20	55	1,7	1,7	13,3	1,7	15,0	18,3	5,0	5,0	11,7	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	20,0	0,0	5,0	20,0
0	25	55	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	3,3	0,0	1,7	15,0	0,0	0,0	16,7	0,0	3,3	5,0
200	25	55	0,0	0,0	3,3	1,7	1,7	6,7	1,7	1,7	10,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	3,3	0,0	3,3	1,7
500	25	55	0,0	0,0	23,3	0,0	3,3	6,7	0,0	0,0	1,7	1,7	1,7	13,3	0,0	0,0	6,7	0,0	16,7	23,3
1000	25	55	0,0	0,0	3,3	1,7	6,7	6,7	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	8,3	0,0	6,7	10,0
0	30	55	0,0	0,0	6,7	1,7	1,7	20,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	13,3	1,7	5,0	15,0	0,0	0,0	6,7
200	30	55	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	8,3	1,7	1,7	10,0	0,0	0,0	3,3	0,0	5,0	16,7
500	30	55	0,0	0,0	23,3	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	26,7	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	10,0	0,0	5,0	16,7
1000	30	55	0,0	0,0	26,7	1,7	8,3	8,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	20,0	0,0	3,3	13,3
0	15	65	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	10,0	0,0	0,0	8,3	1,7	3,3	13,3	0,0	6,7	25,0
200	15	65	0,0	0,0	13,3	3,3	3,3	13,3	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	16,7	0,0	6,7	13,3
500	15	65	0,0	0,0	41,7	0,0	1,7	10,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	18,3	0,0	11,7	25,0
1000	15	65	0,0	0,0	35,0	0,0	5,0	10,0	0,0	0,0	1,7	0,0	3,3	20,0	0,0	1,7	18,3	0,0	10,0	20,0
0	20	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	1,7	1,7	10,0	0,0	0,0	3,3	0,0	5,0	18,3	0,0	0,0	1,7
200	20	65	1,7	3,3	10,0	5,0	5,0	18,3	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	1,7
500	20	65	0,0	5,0	11,7	1,7	1,7	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	16,7	1,7	1,7	18,3	0,0	1,7	13,3
1000	20	65	8,3	8,3	16,7	1,7	3,3	3,3	1,7	1,7	8,3	6,7	6,7	10,0	0,0	0,0	10,0	0,0	6,7	6,7
0	25	65	6,7	6,7	13,3	1,7	1,7	1,7	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	13,3	0,0	3,3	11,7	0,0	1,7	5,0
200	25	65	0,0	6,7	10,0	1,7	1,7	10,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	28,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	10,0
500	25	65	1,7	3,3	15,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	23,3	0,0	0,0	10,0	0,0	18,3	26,7
1000	25	65	5,0	5,0	10,0	1,7	10,0	10,0	0,0	0,0	10,0	3,3	6,7	23,3	3,3	5,0	5,0	0,0	13,3	31,7
0	30	65	0,0	0,0	6,7	1,7	5,0	15,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	5,0	0,0	3,3	6,7
200	30	65	0,0	1,7	8,3	0,0	1,7	5,0	0,0	1,7	1,7	0,0	3,3	6,7	0,0	0,0	10,0	0,0	5,0	8,3
500	30	65	5,0	5,0	10,0	1,7	3,3	10,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	16,7	0,0	1,7	5,0	0,0	3,3	11,7
1000	30	65	5,0	5,0	23,3	0,0	5,0	5,0	0,0	0,0	1,7	0,0	5,0	16,7	3,3	3,3	20,0	0,0	15,0	23,3
0	15	75	3,3	6,7	10,0	3,3	0,0	1,7	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	3,3
200	15	75	0,0	1,7	5,0	3,3	3,3	8,3	0,0	0,0	5,0	1,7	1,7	13,3	0,0	0,0	18,3	0,0	1,7	6,7
500	15	75	1,7	3,3	11,7	1,7	1,7	6,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	13,3	0,0	5,0	18,3	0,0	15,0	21,7
1000	15	75	0,0	0,0	10,0	0,0	6,7	8,3	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	11,7	0,0	0,0	13,3	0,0	8,3	18,3
0	20	75	0,0	0,0	8,3	1,7	1,7	5,0	1,7	1,7	11,7	0,0	0,0	18,3	5,0	3,3	15,0	0,0	6,7	8,3
200	20	75	0,0	6,7	10,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	1,7	1,7	1,7	11,7	6,7	6,7	18,3	0,0	8,3	10,0
500	20	75	1,7	3,3	10,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	13,3	0,0	1,7	11,7	1,7	1,7	10,0	0,0	15,0	18,3
1000	20	75	3,3	6,7	13,3	1,7	5,0	6,7	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	25,0	0,0	10,0	20,0
0	25	75	0,0	1,7	3,3	1,7	1,7	18,3	0,0	0,0	1,7	0,0	3,3	20,0	0,0	0,0	18,3	0,0	1,7	3,3
200	25	75	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	13,3	0,0	1,7	1,7	3,3	3,3	13,3	1,7	1,7	18,3	0,0	0,0	0,0
500	25	75	3,3	3,3	16,7	3,3	6,7	10,0	0,0	0,0	11,7	0,0	1,7	5,0	0,0	0,0	18,3	0,0	6,7	13,3
1000	25	75	1,7	10,0	26,7	0,0	1,7	5,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	10,0	0,0	15,0	20,0
0	30	75	0,0	0,0	1,7	1,7	1,7	8,3	0,0	3,3	13,3	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	1,7
200	30	75	0,0	3,3	6,7	3,3	8,3	15,0	3,3	5,0	5,0	3,3	3,3	8,3	0,0	1,7	13,3	0,0	0,0	3,3
500	30	75	0,0	1,7	18,3	8,3	8,3	18,3	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	5,0	3,3	3,3	10,0	0,0	5,0	20,0
1000	30	75	1,7	3,3	10,0	1,7	6,7	11,7	0,0	0,0	1,7	1,7	3,3	3,3	1,7	1,7	8,3	0,0	8,3	25,0

**Πίνακας 3:** Μέση θνησιμότητα (%) ανα φιαλίδιο των προνυμφών των έξι ειδών εντόμων που εξετάστηκαν, στους διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας και υγρασίας, μετά από 1, 3 και 5 ημέρες έκθεσης στις 4 διαφορετικές δόσεις γης διατόμων (0, 200, 500 και 1000 ppm).

Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία %	<i>T. confusum</i>			<i>C. ferrugineus</i>			<i>O. surinamensis</i>			<i>P. interpunctella</i>			<i>E.elutella</i>			<i>E.kuehniella</i>		
			1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
0	15	55	0,0	5,0	6,7	1,7	3,3	3,3	1,7	1,7	1,7	0,0	0,0	10,0	0,0	1,7	1,7	1,7	1,7	5,0
200	15	55	0,0	1,7	13,3	16,7	26,7	36,7	25,0	43,3	61,7	10,0	30,0	41,7	25,0	55,0	81,7	6,7	38,3	51,7
500	15	55	5,0	13,3	20,0	56,7	73,3	100,0	50,0	68,3	75,0	13,3	31,7	56,7	31,7	63,3	83,3	13,3	58,3	75,0
1000	15	55	15,0	53,3	80,0	83,3	95,0	100,0	95,0	100,0	100,0	31,7	60,0	73,3	70,0	100,0	100,0	15,0	60,0	76,7
0	20	55	5,0	8,3	11,7	1,7	3,3	6,7	1,7	16,7	5,0	0,0	0,0	6,7	1,7	1,7	10,0	0,0	0,0	8,3
200	20	55	0,0	3,3	6,7	10,0	33,3	48,3	18,3	45,0	65,0	25,0	53,3	70,0	23,3	46,7	63,3	20,0	36,7	58,3
500	20	55	6,7	11,7	23,3	81,7	95,0	100,0	55,0	81,7	93,3	36,7	75,0	86,7	78,3	90,0	100,0	35,0	53,3	91,7
1000	20	55	46,7	66,7	88,3	73,3	88,3	100,0	85,0	98,3	100,0	76,7	93,3	96,7	71,7	100,0	100,0	48,3	78,3	95,0
0	25	55	8,3	8,3	8,3	0,0	6,7	11,7	0,0	8,3	10,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	8,3
200	25	55	3,3	3,3	8,3	21,7	41,7	58,3	18,3	31,7	55,0	28,3	41,7	63,3	13,3	48,3	70,0	20,0	51,7	71,7
500	25	55	10,0	23,3	31,7	26,7	65,0	90,0	68,3	86,7	100,0	28,3	51,7	70,0	25,0	75,0	86,7	36,7	78,3	90,0
1000	25	55	76,7	91,7	100,0	70,0	90,0	100,0	78,3	90,0	100,0	63,3	90,0	93,3	95,0	100,0	100,0	71,7	100,0	100,0
0	30	55	5,0	5,0	8,3	6,7	6,7	16,7	0,0	11,7	11,7	0,0	0,0	8,3	0,0	1,7	1,7	1,7	10,0	23,3
200	30	55	1,7	3,3	3,3	10,0	60,0	78,3	15,0	46,7	58,3	13,3	46,7	66,7	8,3	33,3	71,7	16,7	36,7	60,0
500	30	55	5,0	23,3	30,0	26,7	78,3	100,0	61,7	88,3	95,0	55,0	80,0	100,0	21,7	73,3	86,7	26,7	53,3	85,0
1000	30	55	83,3	95,0	100,0	71,7	90,0	100,0	96,7	98,3	100,0	76,7	93,3	100,0	93,3	93,3	100,0	46,7	90,0	100,0
0	15	65	3,3	3,3	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	1,7	5,0	10,0	15,0
200	15	65	3,3	5,0	8,3	8,3	18,3	30,0	23,3	41,7	58,3	35,0	48,3	61,7	16,7	28,3	38,3	23,3	50,0	70,0
500	15	65	3,3	8,3	10,0	55,0	76,7	100,0	45,0	48,3	48,3	35,0	58,3	73,3	41,7	65,0	80,0	65,0	80,0	85,0
1000	15	65	16,7	63,3	75,0	85,0	95,0	100,0	88,3	93,3	95,0	81,7	90,0	100,0	90,0	100,0	100,0	55,0	73,3	83,3
0	20	65	1,7	5,0	5,0	0,0	0,0	3,3	1,7	1,7	10,0	0,0	0,0	6,7	0,0	3,3	10,0	0,0	0,0	5,0
200	20	65	3,3	8,3	8,3	31,7	41,7	53,3	21,7	38,3	48,3	20,0	40,0	51,7	16,7	30,0	46,7	16,7	31,7	58,3
500	20	65	8,3	13,3	18,3	68,3	81,7	95,0	76,7	81,7	93,3	65,0	73,3	76,7	55,0	80,0	86,7	31,7	58,3	91,7
1000	20	65	61,7	81,7	91,7	76,7	86,7	100,0	85,0	100,0	100,0	71,7	90,0	100,0	95,0	95,0	100,0	35,0	71,7	96,7
0	25	65	3,3	3,3	6,7	1,7	1,7	6,7	0,0	6,7	11,7	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	6,7	5,0	5,0	6,7
200	25	65	3,3	15,0	25,0	43,3	63,3	76,7	8,3	33,3	46,7	31,7	53,3	81,7	26,7	63,3	80,0	13,3	43,3	61,7
500	25	65	5,0	13,3	16,7	63,3	88,3	96,7	88,3	100,0	100,0	43,3	61,7	100,0	38,3	65,0	85,0	48,3	66,7	85,0
1000	25	65	53,3	75,0	91,7	75,0	86,7	96,7	95,0	100,0	100,0	36,7	81,7	100,0	58,3	96,7	100,0	86,7	96,7	100,0
0	30	65	0,0	1,7	1,7	1,7	5,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	1,7	1,7	3,3	0,0	5,0	11,7
200	30	65	6,7	16,7	16,7	31,7	50,0	81,7	28,3	45,0	58,3	60,0	75,0	88,3	11,7	16,7	58,3	3,3	28,3	36,7
500	30	65	21,7	33,3	48,3	61,7	83,3	91,7	63,3	78,3	93,3	65,0	85,0	100,0	25,0	45,0	76,7	10,0	38,3	71,7
1000	30	65	41,7	76,7	95,0	70,0	81,7	96,7	95,0	100,0	100,0	76,7	100,0	100,0	93,3	98,3	98,3	16,7	51,7	96,7
0	15	75	1,7	1,7	3,3	3,3	3,3	6,7	1,7	1,7	10,0	0,0	5,0	15,0	0,0	0,0	8,3	0,0	3,3	6,7
200	15	75	1,7	3,3	10,0	26,7	55,0	60,0	45,0	56,7	66,7	11,7	35,0	61,7	6,7	26,7	70,0	11,7	33,3	56,7
500	15	75	5,0	16,7	21,7	71,7	76,7	95,0	50,0	96,7	98,3	63,3	88,3	100,0	66,7	76,7	93,3	33,3	60,0	70,0
1000	15	75	20,0	48,3	65,0	75,0	88,3	95,0	93,3	98,3	100,0	81,7	90,0	100,0	86,7	100,0	100,0	45,0	60,0	78,3
0	20	75	0,0	6,7	8,3	0,0	1,7	5,0	0,0	1,7	6,7	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	1,7
200	20	75	1,7	1,7	5,0	1,7	6,7	15,0	41,7	58,3	65,0	18,3	46,7	76,7	15,0	41,7	56,7	20,0	53,3	60,0
500	20	75	6,7	13,3	16,7	63,3	85,0	96,7	81,7	86,7	96,7	23,3	78,3	100,0	25,0	56,7	78,3	23,3	48,3	90,0
1000	20	75	38,3	70,0	85,0	51,7	80,0	100,0	95,0	95,0	98,3	41,7	93,3	100,0	71,7	90,0	100,0	16,7	63,3	83,3
0	25	75	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	11,7	1,7	1,7	1,7	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	8,3	5,0	6,7	8,3
200	25	75	3,3	13,3	15,0	1,7	8,3	25,0	35,0	43,3	60,0	41,7	65,0	88,3	25,0	56,7	80,0	18,3	41,7	61,7
500	25	75	18,3	25,0	36,7	51,7	73,3	100,0	78,3	88,3	95,0	53,3	78,3	100,0	48,3	70,0	78,3	31,7	51,7	100,0
1000	25	75	11,7	58,3	76,7	83,3	96,7	100,0	93,3	100,0	100,0	83,3	93,3	100,0	90,0	100,0	100,0	75,0	98,3	98,3
0	30	75	1,7	5,0	5,0	0,0	1,7	26,7	0,0	0,0	11,7	13,3	0,0	8,3	1,7	3,3	11,7	3,3	5,0	10,0
200	30	75	1,7	3,3	13,3	30,0	38,3	53,3	6,7	35,0	55,0	65,0	83,3	96,7	11,7	33,3	70,0	11,7	45,0	61,7
500	30	75	6,7	31,7	45,0	86,7	98,3	100,0	83,3	96,7	98,3	43,3	81,7	100,0	41,7	56,7	83,3	26,7	51,7	81,7
1000	30	75	11,7	65,0	68,3	83,3	96,7	100,0	100,0	100,0	100,0	60,0	95,0	100,0	85,0	100,0	100,0	55,0	93,3	100,0



Πίνακας 4: Μέση θνησιμότητα (%) ανά φιαλίδιο των ωών των έξι ειδών εντόμων που εξετάσθηκαν, στους διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας και υγρασίας, μετά από 12, 24 και 48 ώρες έκθεσης στις 4 διαφορετικές δόσεις γης διατόμων (0, 200, 500 και 1000 ppm).

Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία %	<i>T. confusum</i>			<i>C. ferrugineus</i>			<i>O. surinamensis</i>			<i>P. interpunctella</i>			<i>E. elutella</i>			<i>E. kuehniella</i>		
			12	24	48	12	24	48	12	24	48	12	24	48	12	24	48	12	24	48
0	15	55	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	5,0	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	11,7	3,3	3,3	6,7	0,0	1,7	1,7
200	15	55	5,0	6,7	10,0	0,0	6,7	16,7	0,0	3,3	5,0	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	10,0
500	15	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	8,3	5,0	6,7	11,7
1000	15	55	0,0	3,3	3,3	0,0	3,3	10,0	0,0	8,3	13,3	0,0	0,0	3,3	0,0	3,3	11,7	0,0	0,0	1,7
0	20	55	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	20,0	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7
200	20	55	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	16,7	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	1,7
500	20	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	1,7	6,7
1000	20	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	6,7	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	10,0
0	25	55	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	15,0	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	5,0	0,0	1,7	3,3
200	25	55	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	16,7	1,7	3,3	10,0	0,0	0,0	5,0	3,3	3,3	3,3	0,0	0,0	3,3
500	25	55	0,0	1,7	1,7	0,0	3,3	13,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	1,7
1000	25	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	3,3	11,7	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	13,3
0	30	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	3,3	10,0	0,0	0,0	23,3	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	5,0
200	30	55	0,0	0,0	1,7	0,0	3,3	10,0	0,0	8,3	8,3	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	1,7
500	30	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	26,7	26,7	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	1,7
1000	30	55	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	10,0	1,7	1,7	3,3	0,0	0,0	6,7
0	15	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	10,0	10,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	13,3	0,0	1,7	3,3
200	15	65	0,0	0,0	0,0	3,3	3,3	10,0	1,7	3,3	10,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	13,3
500	15	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	1,7
1000	15	65	0,0	0,0	3,3	0,0	3,3	20,0	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	8,3
0	20	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	6,7	10,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	3,3	0,0	1,7	10,0
200	20	65	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	8,3	0,0	5,0	6,7	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7
500	20	65	0,0	0,0	0,0	3,3	3,3	16,7	1,7	3,3	3,3	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7
1000	20	65	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	10,0	0,0	1,7	8,3	0,0	0,0	20,0	1,7	1,7	13,3	0,0	0,0	3,3
0	25	65	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	13,3	0,0	3,3	3,3	0,0	0,0	26,7	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	13,3
200	25	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,3	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	3,3
500	25	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,3	0,0	8,3	10,0	0,0	0,0	6,7	1,7	1,7	5,0	0,0	0,0	1,7
1000	25	65	0,0	0,0	6,7	6,7	6,7	23,3	0,0	1,7	10,0	0,0	0,0	21,7	0,0	0,0	11,7	0,0	1,7	1,7
0	30	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	13,3
200	30	65	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	10,0	0,0	1,7	6,7
500	30	65	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	1,7	3,3	0,0	0,0	6,7	0,0	1,7	11,7	0,0	0,0	3,3
1000	30	65	0,0	5,0	5,0	0,0	0,0	16,7	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	23,3	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	13,3
0	15	75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	1,7	13,3	13,3	0,0	0,0	10,0	0,0	3,3	5,0	0,0	0,0	3,3
200	15	75	0,0	1,7	1,7	0,0	1,7	13,3	0,0	3,3	5,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	1,7
500	15	75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	21,7	0,0	0,0	1,7
1000	15	75	0,0	0,0	1,7	5,0	6,7	11,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	13,3
0	20	75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,3	1,7	11,7	11,7	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	11,7	0,0	1,7	3,3
200	20	75	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	11,7	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	15,0	0,0	3,3	11,7	0,0	0,0	6,7
500	20	75	1,7	1,7	1,7	0,0	0,0	11,7	1,7	6,7	13,3	0,0	0,0	15,0	5,0	5,0	13,3	0,0	0,0	5,0
1000	20	75	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	8,3	0,0	1,7	5,0	0,0	0,0	5,0	5,0	8,3	16,7	0,0	0,0	8,3
0	25	75	0,0	0,0	3,3	3,3	3,3	20,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	16,7	3,3	3,3	11,7	1,7	3,3	13,3
200	25	75	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	13,3	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	1,7
500	25	75	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	5,0	0,0	3,3	11,7	0,0	0,0	11,7	1,7	1,7	10,0	0,0	0,0	3,3
1000	25	75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	13,3
0	30	75	0,0	0,0	0,0	13,3	13,3	25,0	0,0	11,7	13,3	0,0	0,0	15,0	0,0	1,7	10,0	0,0	0,0	3,3
200	30	75	0,0	0,0	3,3	3,3	3,3	8,3	0,0	3,3	5,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	11,7	0,0	1,7	1,7
500	30	75	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0	3,3	1,7	1,7	13,3	0,0	1,7	3,3
1000	30	75	1,7	1,7	3,3	1,7	1,7	3,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	10,0	1,7	1,7	5,0	1,7	3,3	11,7

Τα ποσοστά θνησιμότητας όπως υπολογίσθηκαν με την ανάλυση Probit για τα ακμαία και τις προνύμφες όλων των ειδών εντόμων παρουσιάζονται στους Πίνακες 5-15. Η τιμή LT99, φανερώνει τον χρόνο σε ημέρες που χρειάζεται η συγκεκριμένη δόση γης



διατόμων για να θανατώσει το 99% του πληθυσμού των εντόμων που εκτίθενται σε αυτή, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Από τον Πίνακα 5 δηλαδή, βλέπουμε ότι το 99% των ακμαίων *P. interpunctella* θα θανατωθεί μετά από 3,5 περίπου ημέρες έκθεσή τους στα 1000 ppm γης διατόμων στους 15°C με 55% σχετική υγρασία.

Σε γενική περίπτωση, τα είδη των λεπιδοπτέρων που αξιολογήθηκαν δεν εμφάνισαν διαφορές στον χρόνο θανάτωσης σε καμία από τις μεταχειρίσεις, ωστόσο οι προνύμφες φάνηκαν να είναι πιο ευαίσθητες σε σχέση με τα ακμαία και στα τρία είδη. Από την άλλη πλευρά, υπήρξαν διαφορές μεταξύ των ειδών των κολεοπτέρων με τα *O. surinamensis* και *C ferrugineus* να είναι πιο ευαίσθητα στην γη διατόμων από το *T. confusum* (Πίνακες 11-16). Ενδεικτικά, σχεδόν 1,5 ημέρα χρειάστηκε για να θανατωθεί το 99% των ακμαίων του *O. surinamensis* σε σύγκριση με τις 3,4 ημέρες του *T. confusum*, στα 1000 ppm γης διατόμων στους 15°C με 55% σχετική υγρασία. Σε αντίθεση με τα λεπιδόπτερα ωστόσο, οι προνύμφες των κολεοπτέρων φάνηκαν σε κάποιες από τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν λιγότερο ευαίσθητες στη γη διατόμων σε σύγκριση με τα αντίστοιχα ακμαία των ειδών.

Πίνακας 5: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των ακμαίων *P. interpunctella* μετά από 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για κάθε θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση (ppm)	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>P. interpunctella</i>	Ακμαίο	1000	15	55	3.5 (3.0-4.4)	141.2	-1.3	<0.001
				65	3.8 (3.3-4.8)		-1.8	
				75	3.2 (2.7-4.0)		-1.1	
			20	55	3.0 (2.5-3.7)	130.0	-0.9	<0.001
				65	3.6 (3.1-4.5)		-1.8	
				75	4.0 (3.4-4.8)		-2.1	
			25	55	3.6 (3.2-4.2)	103.8	-2.0	<0.001
				65	3.7 (3.3-4.4)		-2.2	
				75	3.4 (3.0-4.0)		-1.8	
			30	55	3.4 (2.9-4.2)	104.8	-1.2	<0.001



				65	3.8 (3.3-4.7)		-1.6	
				75	3.4 (2.9-4.2)		-1.2	

Πίνακας 6: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των προνυμφών *P. interpunctella* μετά από 1, 3 και 5 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση (ppm)	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>P. interpunctella</i>	Προνύμφες	1000	15	55	5.6 (4.7-7.2)	59.3	-1.0	0.174
				65	3.4 (2.8-4.3)		0.3	
				75	3.4 (2.8-4.3)		0.3	
			20	55	2.7 (2.2-3.7)	120.0	-0.4	<0.001
				65	2.8 (2.3-3.8)		-0.5	
				75	3.2 (2.6-4.3)		-0.9	
			25	55	3.3 (2.7-4.2)	94.7	-0.6	<0.001
				65	3.6 (3.1-4.7)		-1.0	
				75	2.6 (2.1-3.4)		-0.1	
			30	55	2.4 (2.0-2.8)	42.5	-0.7	0.764
				65	2.2 (1.8-2.7)		-0.5	
				75	2.6 (2.2-3.1)		-1.0	

Πίνακας 7: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των ακμαίων *E. kuehniella* μετά από 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση (ppm)	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>E. kuehniella</i>	Ακμαίο	1000	15	55	3.8 (3.5-4.3)	87.6	-3.3	0.001
				65	2.9 (2.6-3.3)		-2.0	
				75	3.0 (2.7-3.4)		-2.1	
			20	55	3.4 (3.1-3.8)	78.5	-2.3	0.006



				65	3.6 (3.2-4.0)		-2.5	
				75	3.2 (2.9-3.7)		-2.1	
				25	55		3.8 (3.3-4.6)	
			65		3.0 (2.5-3.7)	-1.3		
			75		3.7 (3.2-4.5)	-2.2		
			30	55	3.6 (3.2-4.1)	157.2	-2.2	<0.001
				65	3.6 (3.2-4.1)	85.6	-2.2	
				75	3.5 (3.1-4.0)	85.6	-2.1	

Πίνακας 8: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των προνυμφών *E. kuehniella* μετά από 1, 3 και 5 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση (ppm)	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>E. kuehniella</i>	Προνύμφες	1000	15	55	6.0 (4.9-8.2)	96.1	-1.1	<0.001
				65	5.0 (4.1-6.8)		-0.6	
				75	5.4 (4.5-7.5)		-0.8	
			20	55	3.5 (3.1-4.2)	91.0	-1.1	<0.001
				65	3.8 (3.3-4.5)		-1.3	
				75	4.3 (3.7-5.1)		-1.8	
			25	55	2.4 (1.9-3.7)	107.2	-0.3	<0.001
				65	2.2 (1.7-3.2)		-0.1	
				75	2.5 (2.0-3.7)		-0.4	
			30	55	2.1 (1.9-2.4)	27.8	-2.2	0.995
				65	2.1 (1.8-2.4)		-2.2	
				75	2.0 (1.8-2.3)		-2.0	

Πίνακας 9: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των ακμαίων *E. elutella* μετά από 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για κάθε θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).



Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>E. elutella</i>	Ακμώσιο	1000	15	55	3.2 (2.8-3.8)	136.3	-2.5	<0.001
				65	3.0 (2.6-3.6)		-2.2	
				75	2.4 (2.1-3.0)		-1.4	
			20	55	3.4 (3.1-4.1)	137.6	-3.2	<0.001
				65	2.7 (2.3-3.3)		-2.1	
				75	2.6 (2.2-3.1)		-1.8	
			25	55	3.1 (2.8-3.7)	94.7	-2.0	<0.001
				65	3.3 (2.9-3.9)		-2.3	
				75	2.6 (2.2-3.0)		-1.2	
			30	55	3.0 (2.6-3.6)	107.8	-2.2	<0.001
				65	2.9 (2.6-3.4)		-2.1	
				75	2.6 (2.3-3.1)		-1.7	

Πίνακας 10: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των προνυμφών *E. elutella* μετά από 1, 3 και 5 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση (ppm)	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>E. elutella</i>	Προνύμφες	1000	15	55	2.0 (1.7-2.6)	21.8	-1.2	1.0
				65	1.6 (1.3-2.2)		-0.4	
				75	1.7 (1.4-2.3)		-0.7	
			20	55	2.6 (2.1-3.6)	68.4	-0.2	0.043
				65	2.1 (1.6-2.8)		0.3	
				75	2.9 (2.4-3.9)		-0.5	
			25	55	1.4 (1.0-1.8)	29.1	0.1	0.992
				65	2.3 (1.9-2.9)		-1.4	
				75	1.6 (1.3-2.1)		-0.3	
			30	55	2.7 (2.0-4.8)	64.4	-0.7	0.083
				65	2.5 (1.8-4.3)		0.8	



				75	2.7 (2.0-4.9)		0.6	
--	--	--	--	----	---------------	--	-----	--

Πίνακας 11: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των ακμαίων *O. surinamensis* μετά από 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για κάθε θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>O. surinamensis</i>	Ακμαίο	1000	15	55	1.4 (1.1-3.2)	39.5	0.1	0.855
				65	1.8 (1.4-4.6)		-0.4	
				75	1.4 (1.1-3.2)		0.1	
			20	55	**	21.7	2.9	<0.001
				65	**		2.9	
				75	**		2.4	
			25	55	**	32.9	1.6	0.684
				65	**		1.7	
				75	**		2.5	
			30	55	2.1 (1.8-2.5)	51.5	2.3	0.413
				65	1.9 (1.6-2.4)		2.2	
				75	3.9 (3.5-4.5)		2.3	

** Δεν ήταν δυνατή η εκτίμηση των τιμών LT99.

Πίνακας 12: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των προνυμφών *O. surinamensis* μετά από 1, 3 και 5 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για θερμοκρασία (15,20,25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>O. surinamensis</i>	Προνύμφες	1000	15	55	2.1 (0.7-5.4)	63.6	1.4	0.094
				65	4.0 (2.8-11.3)		0.6	



				75	2.7 (1.6-6.9)		1.2	
		20		55	2.6 (1.8-5.7)	114.2	0.4	<0.001
			65	2.5 (1.7-5.5)	0.5			
			75	2.5 (1.7-5.1)	0.5			
		25		55	2.9 (2.4-3.6)	50.4	-0.2	0.454
			65	1.7 (1.1-2.5)	0.8			
			75	1.8 (1.3-2.7)	0.7			
		30		55	1.8 (1.2-8.4)	32.5	0.8	0.974
			65	1.7 (1.1-8.1)	0.9			
			75	0.3 (-10.5-3.2)	2.0			

Πίνακας 13: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των ακμαίων *T. confusum* μετά από 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για κάθε θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση ppm	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>T. confusum</i>	Ακμαίο	1000	15	55	3.4 (2.9-4.0)	80.4	-1.7	0.004
				65	3.7 (3.3-4.2)		-2.1	
				75	4.0 (4.0-4.5)		-2.4	
			20	55	3.2 (2.7-3.5)	77.0	-1.1	0.008
				65	2.9 (2.5-3.5)		-0.8	
				75	3.4 (3.0-4.1)		-1.4	
			25	55	2.2 (1.9-2.5)	44.7	-0.5	0.684
				65	2.4 (2.1-2.8)		-0.8	



				75	3.5 (3.2-4.0)		-2.2	
			30	55	2.1 (1.8-2.5)	45.4	-1.0	0.659
				65	1.9 (1.6-2.4)		-0.1	
				75	3.9 (3.5-4.5)		-2.2	

Πίνακας 14: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των προνυμφών *T. confusum* μετά από 1, 3 και 5 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>T. confusum</i>	Προνύμφες	1000	15	55	5.0 (4.4-6.0)	74.6	-1.3	0.001
				65	4.9 (4.3-5.9)		-1.3	
				75	5.2 (4.5-6.2)		-1.2	
			20	55	4.9 (4.1-6.4)	81.7	-0.7	0.003
				65	4.3 (3.6-5.6)		-0.4	
				75	5.1 (4.2-6.6)		-0.8	
			25	55	3.0 (2.5-3.7)	62.6	-0.1	0.109
				65	3.9 (3.4-4.7)		-0.9	
				75	4.9 (4.3-5.9)		-1.6	
			30	55	2.6 (2.1-3.3)	74.4	0.1	0.015
				65	3.9 (3.4-4.8)		-1.0	
				75	4.8 (4.2-5.9)		-1.8	

Πίνακας 15: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των ακμαίων *C. ferrugineus* μετά από 7, 14 και 21 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για κάθε θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>C. ferrugineus</i>	Ακμαίο	1000	15	55	**	54.0	2.5	0.325
				65	**		2.9	



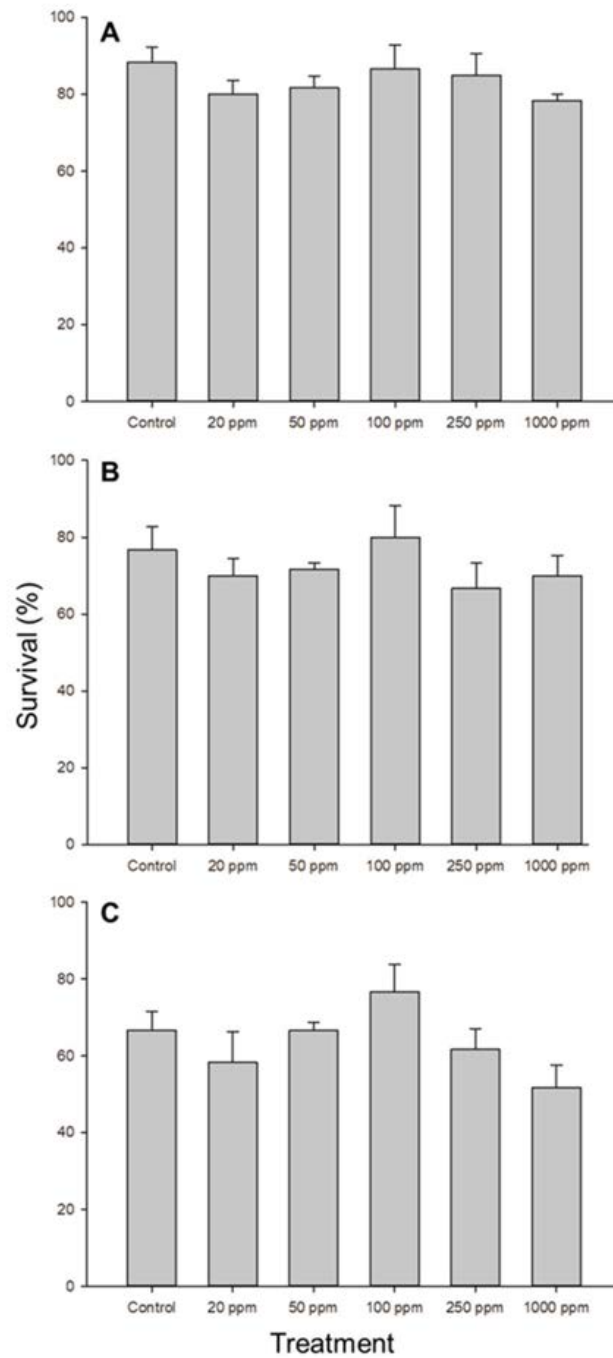
				75	**		1.5	
			20	55	2.8 (1.8-4.5)	1126.9	0.7	<0.001
				65	3.3 (2.4-7.0)		0.4	
				75	3.7 (2.7-7.8)		0.2	
			25	55	**	60.8	1.3	0.141
				65	**		2.2	
				75	**		1.9	
			30	55	2.3 (0.8-6.2)	99.3	1.2	<0.001
				65	2.9 (1.7-14.8)		1.0	
				75	3.6 (2.4-18.8)		0.7	
**Δεν ήταν δυνατή η εκτίμηση των τιμών LT99.								

Πίνακας 16: Ανάλυση Probit για την θνησιμότητα των προνυμφών *C. ferrugineus* μετά από 1, 3 και 5 ημέρες έκθεσης (LT99) στα 1000 ppm ξεχωριστά για θερμοκρασία (15, 20, 25 και 30 °C) σε συνάρτηση με τις τρεις διαφορετικές σχετικές υγρασίες που εξετάστηκαν (55, 65 και 75%).

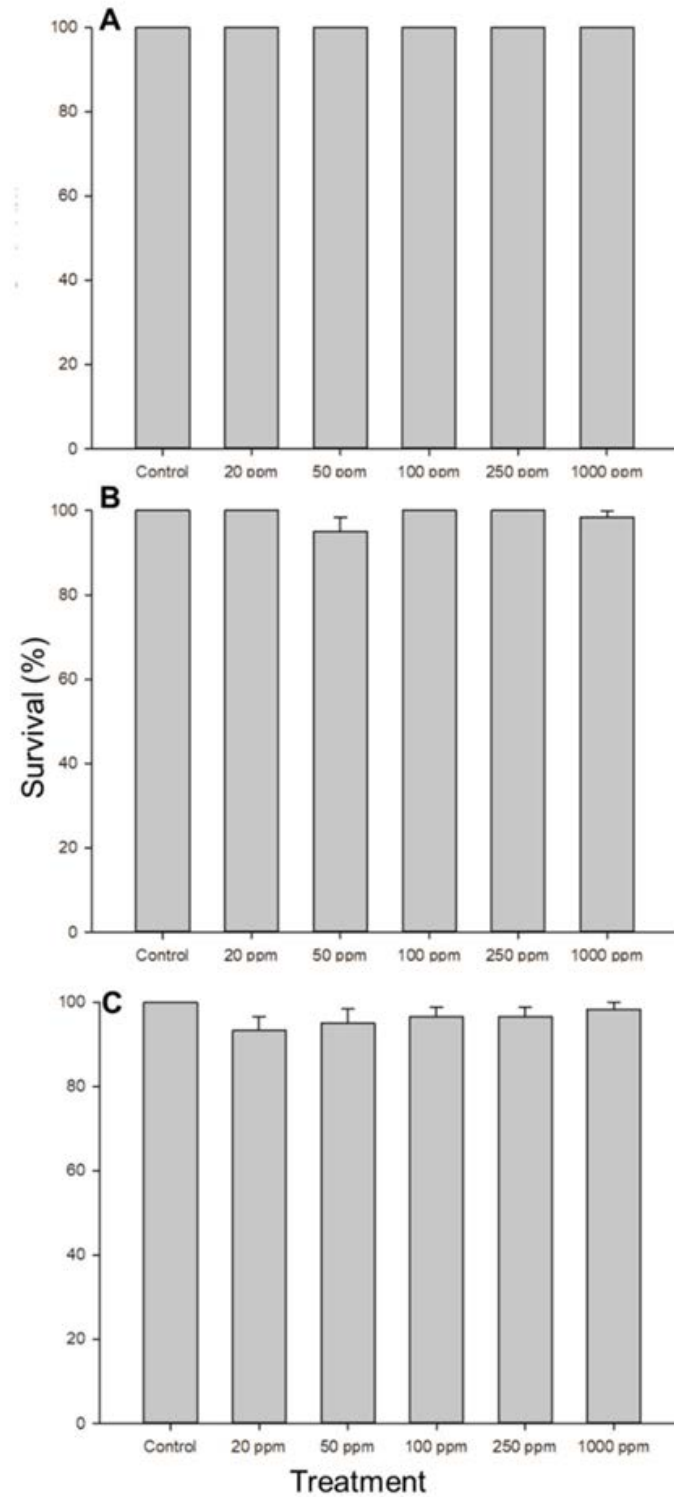
Είδος	Στάδιο ανάπτυξης	Δόση	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	LT99	X ²	Y	P
<i>C. ferrugineus</i>	Προνύμφες	1000	15	55	3.0 (2.5-4.1)	43.6	0.4	0.726
				65	3.0 (2.4-4.0)		0.4	
				75	3.7 (3.1-5.0)		-0.6	
			20	55	3.0 (2.6-3.6)3	53.3	-0.4	0.348
				65	3.0 (2.6-3.6)		-0.3	
				75	3.5 (3.1-4.2)		-0.8	
			25	55	3.3 (2.7-4.5)	72.6	-0.2	0.020
				65	3.4 (2.8-4.6)		-0.2	
				75	2.7 (2.1-3.7)		-0.3	
			30	55	3.2 (2.6-4.5)	81.8	-0.1	0.003
				65	3.6 (2.9-5.0)		-0.4	
				75	2.7 (2.1-3.8)		0.3	



Όσον αφορά τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών που έλαβαν χώρα με τον *Tenebrio molitor*, η θνησιμότητα των εντόμων φάνηκε να αυξάνεται με την αντίστοιχη αύξηση της περιόδου έκθεσης. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της επιβίωσης και των δόσεων εφαρμογής, ακόμα στην περίπτωση του μάρτυρα. Σε γενικό πλαίσιο, η θνησιμότητα τόσο των ακμαίων αλλά ακόμα περισσότερο των προνυμφών δεν ξεπέρασε το 52% και το 7% αντίστοιχα, γεγονός που φανερώνει την αναποτελεσματικότητα της γης διατόμων να καταπολεμήσουν το συγκεκριμένο είδος. Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών έχουν δημοσιευθεί σε έγκριτο διεθνές περιοδικό (βλέπε Gourgouta et al, 2022).



Διάγραμμα 1: Ποσοστό επιβίωσης των ακμαίων *Tenebrio molitor* μετά από έκθεσή τους στις έξι δόσεις της γης διατόμων για 7 ημέρες (Α) για 14 ημέρες (Β) και για 21 ημέρες (Γ).



Διάγραμμα 2: Ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών *Tenebrio molitor* μετά από έκθεσή τους στις έξι δόσεις της γης διατόμων για 7 ημέρες (A) για 14 ημέρες (B) και για 21 ημέρες (Γ).



4. Συζήτηση

Τα διαφορετικά ποσοστά θνησιμότητας που παρατηρήθηκαν μεταξύ όλων των ειδών εντόμων και των σταδίων ανάπτυξης αυτών που αξιολογήθηκαν στις βιοδοκιμές, μας οδήγησαν σε αρκετά σαφή συμπεράσματα όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της γης διατόμων σε ένα μεγάλο εύρος σεναρίων εφαρμογής. Κατά γενικό κανόνα, το γένος εντόμου φαίνεται να είναι καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της γης διατόμων. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, το *T. confusum* φάνηκε να είναι το ανεκτικότερο στην εφαρμογή σε σχέση με τα *C. ferrugineus* και *O. surinamensis*. Από την άλλη πλευρά, και δεδομένου ότι παρόμοια ποσοστά θνησιμότητας παρουσίασαν τα τρία διαφορετικά είδη λεπιδοπτέρων (*E. elutella*, *E. kuehniella* και *P. interpunctella*), είναι φανερό ότι ο χιτινισμένος εξωσκελετός των κολεοπτέρων είναι σε μεγάλο βαθμό αυτός που προσδιορίζει τον βαθμό ανεκτικότητας του εντόμου στην γη διατόμων. Συνεπώς, το *T. confusum* έχοντας σκληρότερο και άρα περισσότερο χιτινισμένο εξωσκελετό εμφάνισε και τα μικρότερα ποσοστά θνησιμότητας σε σχέση με κάποια από τα άλλα τα άλλα είδη κολεοπτέρων στις ίδιες μεταχειρίσεις και στην υψηλότερη δόση. Ομοίως, και η σχέση μήκος προς πλάτος (πάχος) του σώματος του εντόμου φαίνεται να είναι σημαντική, όπως έχει καταγραφεί στην περίπτωση του *C. ferrugineus* σε κάποια σκευάσματα (Subramanyam and Roesli 2000).

Άλλοι ερευνητές έχουν παρουσιάσει αντίστοιχα αποτελέσματα σχετικά με το θέμα. Για παράδειγμα, έχει αναφερθεί ότι ακμαία μίας ημέρας ή δύο ημερών ήταν πιο ευαίσθητα στην εφαρμογή της γης διατόμων σε σχέση με ακμαία μεγαλύτερης ηλικίας (π.χ. 7 ημερών). Είναι σημαντικό εδώ να αναφερθεί ότι τα νεαρά ακμαία δεν έχουν προλάβει να αναπτύξουν πλήρως τον εξωσκελετό τους (με συνέπεια να φέρουν μικρότερο ποσοστό χιτίνης σε αυτόν). Αντίστοιχα αποτελέσματα για την ευπάθεια των ακμαίων διαφορετικής ηλικίας έχουν αναφερθεί και για το είδος *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) (Losic and Korunić, 2018), ενώ σχετικά με την μορφολογία του εξωσκελετού και το πώς αυτή επηρεάζει την προσκόλληση των σωματιδίων της γης διατόμων πάνω σε αυτόν, έχουν αναφερθεί από τους Gowers και le Patourel (1984) για το είδος *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) και από τον Singh (1981) για το είδος *T. castaneum*. Τέλος, οι Vayias και Athanassiou (2004) έχουν αναφέρει



εκτενώς τα αποτελέσματά τους σχετικά με τα ακμαία και τις προνύμφες του *T. confusum*, τα οποία είναι αντίστοιχα με τα δεδομένα που αναφέρονται στην παρούσα σειρά βιοδοκιμών.

Από την άλλη πλευρά, τα ωά και οι νύμφες όλων των ειδών εντόμων παρουσίασαν τόσο μικρή θνησιμότητα, που δεν κατέστη δυνατό να γίνει ανάλυση Probit. Η μικρή αυτή θνησιμότητα ήταν αναμενόμενη, καθότι όπως περιγράφεται και στη Δράση 2.2 (βλέπε Π2.2.1), η κινητικότητα του ατόμου είναι μια κρίσιμη παράμετρος για την αποτελεσματικότητα της γης διατόμων, με το ακίνητο έντομο να θεωρείται ότι είναι λιγότερο ευαίσθητο, καθώς θα είναι μικρότερη η ποσότητα της γης διατόμων που θα προσκολληθεί στο σώμα του κατά τη διάρκεια της κίνησης του ανάμεσα στους σπόρους του προϊόντος που έχουν δεχθεί την εφαρμογή. Συνεπώς, εφόσον τα ωά και οι νύμφες δεν κινούνται, δεν επηρεάζονται και σημαντικά από την εντομοκτόνο δράση της γης διατόμων, πράγμα που φάνηκε και στις βιοδοκιμές. Σε γενικές γραμμές, τα σκευάσματα γης διατόμων δεν θεωρείται ότι έχουν ωοκτόνο δράση και η όποια θνησιμότητα λαμβάνει χώρα μετά την έξοδο των προνυμφών (Subramanyam and Roesli 2000). Μάλιστα, οι νεαρές προνύμφες είναι πιο ευαίσθητες σε σχέση με τις μεγαλύτερες, και κατά συνέπεια, οι νεοεκκολαφθείσες είναι δυνατό να θανατώνονται σχετικά άμεσα (Subramanyam and Roesli 2000, Vayias and Athanassiou 2004). Για τις νύμφες δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα, αλλά οι Vayias et al. (2006) έδειξαν ότι οι νύμφες του *T. confusum* δεν επηρεάστηκαν από την παρουσία της γης διατόμων, με τη θνησιμότητα των ακμαίων να λαμβάνει χώρα μετά την έξοδό τους. Αντιθέτως, όταν προστέθηκε και φυσικό πύρεθρο στη γη διατόμων, καταγράφηκε θνησιμότητα και στις νύμφες του είδους (Vayias et al. 2006).

Τέλος, σημαντική ήταν και η διακύμανση της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στην θνησιμότητα των εντόμων σε συνδυασμό με τις διαφορετικές δόσεις εφαρμογής. Στις περισσότερες των περιπτώσεων η αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση της υγρασίας οδηγούν στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της γης διατόμων, ανεξαρτήτως της δόσης εφαρμογής. Αυτό ήταν φανερό και από τα πειράματά μας, μιας και τα μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας στο πιο ανεκτικό είδος *T. confusum* παρουσιάστηκαν στην υψηλότερη θερμοκρασία (30°C) σε συνδυασμό με τις δυο χαμηλότερες σχετικές υγρασίες (55 και 65%) που εξετάστηκαν εδώ. Το γεγονός αυτό έρχεται σε συμφωνία με



τα αποτελέσματα αντίστοιχων ερευνών. Για παράδειγμα, παρατηρήθηκε ότι υπήρχε μια θετική συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων θνησιμότητας των εντόμων και της θερμοκρασίας όταν αξιολογήθηκε ένα εμπορικό σκεύασμα γης διατόμων σε σιτάρι για τον έλεγχο των ακμαίων *T. confusum* και *S. oryzae* (Vayias and Athanassiou, 2004, Athanassiou et al., 2005). Συγκεκριμένα, μετά από αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10 °C, τα επίπεδα θνησιμότητας των εντόμων αυξήθηκαν από περίπου 45% στους 22 °C στο 100% στους 32 °C (Athanassiou et al., 2005). Άλλες μελέτες έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα για ένα μεγάλο εύρος ειδών εντόμων (Fields and Korunić, 2000, Subramanyam and Roesli, 2000, Vayias and Athanassiou, 2004). Τέτοιες συνθήκες παρατηρούνται συχνά στις αποθήκες, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες στην περιοχή της Θεσσαλίας, με πολύ υψηλές θερμοκρασίες και σχετική ανομβρία.

Από την άλλη πλευρά, η αποτελεσματικότητά της γης διατόμων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα επίπεδα της σχετικής υγρασίας στο χώρο εφαρμογής με δεδομένη την μεγάλη προσροφητική ικανότητα των σωματιδίων της. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έρχονται σε συμφωνία με αυτά διαφόρων μελετών, όπου έδειξαν ότι μερικοί τύποι γης διατόμων μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικοί σε ξηρές συνθήκες απ' ό,τι σε υγρές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι Vayias and Athanassiou (2004) αξιολόγησαν την ευπάθεια προνυμφών του εντόμου *T. confusum* στην εφαρμογή της γης διατόμων και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αποτελεσματικότητα μπορεί να μειωθεί με την αύξηση της σχετικής υγρασίας, ακόμα και εάν αυτή η αύξηση είναι σχετικά μικρή, δηλ. από 55 σε 65%. Αυτό το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την προστασία των αποθηκευμένων δημητριακών καθώς επίπεδα υγρασίας μεταξύ 55 και 75% αντιστοιχούν σε υγρασία στο προϊόν μεταξύ 10.5 και 14%, το οποίο αποτελεί ένα ρεαλιστικό εύρος υγρασίας για αποθήκευση μακράς διάρκειας (Pixton, 1967, Pixton and Warburton, 1971).

Με βάση τα ανωτέρω συμπεραίνουμε ότι η χρήση της γης διατόμων στις αποθήκες του συνεταιρισμού κατά τους θερινούς μήνες, όπου επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες, μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση των εντομολογικών εχθρών. Μάλιστα, η θνησιμότητα ήταν αξιοσημείωτη τόσο στις προνύμφες όσο και στα ακμαία, γεγονός αναμενόμενο, καθώς τα στάδια αυτά αποτελούν τα κινητά στάδια ανάπτυξης των εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν στις εργαστηριακές σειρές των βιοδοκιμών. Ακόμα



όμως και στην περίπτωση των ωών και των νυμφών, είναι δυνατό η γη διατόμων να είναι αποτελεσματική, από την έναρξη της εμφάνισης των προνυμφών και των ακμαίων, αντίστοιχα. Έτσι, η παρουσία της σκόνης της γης διατόμων είναι ιδιαίτερα σημαντική και σε μεσο-μακροπρόθεσμα διαστήματα, παρέχοντας αξιοσημείωτη υπολειμματική δράση.

Από την άλλη πλευρά, η γη διατόμων δεν φαίνεται να είναι αποτελεσματική εναντίον των ακμαίων και των προνυμφών του *Tenebrio molitor*, και συνεπώς, δεν έχει μπορεί να έχει εφαρμογή στην καταπολέμησή του είδους. Ωστόσο, με βάση την έρευνα των Mewis και Ulrichs (2001), έχει αναφερθεί ότι άλλα σκευάσματα γης διατόμων μπόρεσαν να καταπολεμήσουν πλήρως το έντομο. Συνεπώς, περαιτέρω έρευνα πρέπει να γίνει προς αυτή την κατεύθυνση, εφόσον λίγες αντίστοιχες έρευνες υπάρχουν για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και άλλων σκευασμάτων γης διατόμων εναντίον του *Tenebrio molitor*, ή άλλων πληθυσμών του ίδιου είδους κ.α.



5. Βιβλιογραφία

Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Vayias B.J., Tomanović Z., Petrović A., Rozman V., Adler C., Korunic Z., Milovanović D. (2011). Laboratory evaluation of diatomaceous earth deposits mined from several locations in central and southeastern Europe as potential protectants against coleopteran grain pests. *Crop Protection*, 30: 329–339.

Athanassiou C.G., Vayias B.J., Dimizas C.B., Kavallieratos N.G., Papagregoriou A.S., Buchelos C.T. (2005a). Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: Influence of dose rate, temperature and exposure interval. *Journal of Stored Products Research*, 41: 47–55.

Buchelos C.Th. (1980). Moth populations at a typical flour mill. *Annals of the Benaki Phytopathological Institute*, 12: 188-197.

Buchelos C.Th., Athanassiou C.G., 1993. Dominance and frequency of Coleoptera found on stored cereals and cereal products in Central Greece. *Entomologia Hellenica* 11, 17-22.

Buchelos C.Th., Katopodis C.A. (1995). A survey of beetles in store-rooms containing barley and maize for animal feed, on the Island of Lefkas, Greece: abundance and population fluctuation of the most significant species. *Journal of Stored Product Research*, 31: 252-258.

Carlson S.D., Ball H.J. (1962). Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. *Journal of Economic Entomology*, 55: 964-970.

Dowdy A.K., Fields P.G. (2002). Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mill. *Journal of Stored Product Research*, 38: 11–22.

Fields P., Korunić Z. (2000). The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 36: 1-13.



Gowers S.L., Le Patourel G.N.J. (1984). Toxicity of deposits of an amorphous silica dust on different surfaces and their pick-up by *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 70: 25–29.

Gourgouta M., Rumbos C.I., Athanassiou C.G. (2022). Impact of diatomaceous earth on adults and larvae of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. *Journal of Stored Products Research*, 98: 101987.

Losic D., Korunić Z. (2018). Diatomaceous earth, a natural insecticide for stored grain protection: recent progress and perspectives. In *Nanoscience & Nanotechnology Series No. 44, Diatom Nanotechnology: Progress and Emerging Applications*, Losic D. (Ed.) The Royal Society of Chemistry, pp. 219-247.

Pixton S.W. (1967). Moisture content-its significance and measurement in stored products. *Journal of Stored Products Research*, 3: 35–47.

Pixton S.W., Warburton S. (1971). Moisture content/relative humidity equilibrium of some cereal grains at different temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 6: 283–293.

Singh J. (1981). Studies on the joint insecticidal action of synthetic pyrethroids and sorptive dusts. Ph.D. Dissertation, University of London.

Subramanyam B., Roesli R. (2000). Inert Dusts. In *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Subramanyam B., Hagstrum D. W., Eds., Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, Netherlands, pp. 321–380.

Vayias B.J., Athanassiou C.G. (2004). Factors affecting the insecticidal efficacy of the diatomaceous earth formulation Silico-Sec against adults and larvae of the confused flour beetle, *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). *Crop Protection*, 23: 565-573.

Vayias B.J., Athanassiou C.G., Buchelos C.Th. (2006). Evaluation of three diatomaceous earth and one natural pyrethrum formulations against pupae of *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat and flour. *Crop Protection*, 25: 766-772.