

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκευμένων δημητριακών με χρήση ζεόλιθων**



**Γεώργιος Μηλιώκας**

**Βόλος, 2015**

**Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκευμένων δημητριακών με χρήση ζεόλιθων**  
**Γεώργιος Μηλιώκας**

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

**Αθανασίου Χρήστος, αναπληρωτής καθηγητής Εντομολογίας, ΠΘ**

**Αντωνιάδης Βασίλειος, επίκουρος καθηγητής Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, ΠΘ**

**Τσιρόπουλος Νικόλαος, καθηγητής Χημείας, ΠΘ**

Copyright © *ΜΗΛΙΩΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ*, 2015.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, διερευνήθηκε και αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα του ζεόλιθου κατά εντόμων αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα έντομα *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) και *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) σε αποθηκευμένα δημητριακά (σκληρό σιτάρι).

Πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές βιοδοκιμών. Στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών, χρησιμοποιήθηκαν τρεις κοκκομετρίες του ζεόλιθου *Zeoprofit* (0-0,05 mm, 0-0,15 mm, 0-0,8 mm) σε τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις (100 ppm, 500 ppm, 1000 ppm) για καταπολέμηση των *S. oryzae*, *S. granarius* και *R. dominica* στο στάδιο του ακμαίου σε αποθηκευμένο σκληρό σιτάρι. Η θνησιμότητα των εντόμων καταγράφηκε 3, 7, 14 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του ζεόλιθου και μετά την τελευταία καταγραφή αφαιρέθηκαν όλα τα έντομα (ζωντανά και μη) από τα δοχεία και αποθηκεύτηκαν και πάλι στους ίδιους θαλάμους, ώστε μετά από 65 ημέρες να μετρηθούν οι απόγονοι. Εκ των αποτελεσμάτων, η θνησιμότητα και των τριών ειδών δεν άγγιξε υψηλά επίπεδα, ιδιαίτερα πριν τις 7 μέρες έκθεσης σε ζεόλιθο, καθώς στην τελευταία μέτρηση των 21 ημερών το *S. oryzae* που παρουσίασε τα υψηλότερα επίπεδα θνησιμότητας, έφτασε έως το 47%, με την αντίστοιχη του μάρτυρα (χωρίς ζεόλιθο) να αγγίζει το 26%, ενώ τα *R. dominica* και *S. granarius* παρουσίασαν θνησιμότητα έως 15% και 13% με τους αντίστοιχους μάρτυρες να μην ξεπερνούν το 2%. Άξιο αναφοράς, όμως, είναι το γεγονός ότι από την 7<sup>η</sup> μέρα μετά την έκθεση σε ζεόλιθο, ιδιαίτερα στα έντομα *R. dominica* παρατηρήθηκε έντονο το φαινόμενο της δυσκαμψίας και της δυσκινησίας.

Στη δεύτερη σειρά βιοδοκιμών, αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα 7 διαφορετικών ζεόλιθων στην καταπολέμηση των ιδίων εντόμων με την πρώτη σειρά βιοδοκιμών σε αποθηκευμένο σκληρό σιτάρι. Στους ζεόλιθους που χρησιμοποιήθηκαν, συμπεριλαμβάνονταν οι τρεις *Zeoprofit* που χρησιμοποιήθηκαν και στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών, δύο ζεόλιθοι που προμηθευτήκαμε από το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Τμήματός μας, ένας σλοβένικος και ένας σέρβικος, αυτή τη φορά, όμως, στις δόσεις των 1000 και 2000 ppm. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε ο ζεόλιθος *Zeoprofit* 0-0,15 mm σε συγκέντρωση 500 ppm, διατομίτης (Silico Sec) στις συγκεντρώσεις των 500 και 1000 ppm, όπως επίσης και συνδυασμός αυτών των δύο σε συγκέντρωση 1000 ppm (500 ppm *Zeoprofit* 0-0,15 mm και 500 ppm Silico Sec). Εκ των αποτελεσμάτων, αποδείχθηκε ότι οι ψηλότερες δόσεις ζεόλιθου στο *Zeoprofit* 0-0,05 και στα τρία έντομα συντέλεσαν στην αύξηση των επιπέδων θνησιμότητας από την 3<sup>η</sup> κιόλας μέρα. Μετά από 21 ημέρες έκθεσης στο ζεόλιθο, το *S. granarius* άγγιξε το 47%, το *R.*

*dominica* το 60%, και το *S. oryzae* το 88% στη συγκέντρωση των 2000 ppm. Επιπρόσθετα, αξιολογημένα επίπεδα θνησιμότητας παρατηρήθηκαν και στην έκθεση των εντόμων σε διατομίτη (Silico Sec) καθώς, την 21<sup>η</sup> ημέρα μετά την εφαρμογή του, το *R. dominica* παρουσίασε θνησιμότητα της τάξης του 42%, το *S. oryzae* 55% και το *S. granarius* 93%, σε συγκέντρωση μόλις 1000 ppm.

Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε και ένας τρίτος πειραματικός κύκλος, αποτελούμενος από δύο πειραματικά μέρη. Στο πρώτο εξ αυτών μελετήθηκαν οι επιδράσεις διαφόρων ειδών και συγκεντρώσεων ζεόλιθου και γης διατόμων (διατομίτη) σε τρία διαφορετικά είδη σπόρου. Οι ζεόλιθοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι τρεις *Zeoprofit* που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές και ο αντίστοιχος σλοβένικος. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ο διατομίτης (Silico Sec). Σημειώνεται, ότι οι συγκεντρώσεις τόσο των ζεόλιθων, όσο και του διατομίτη που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα 50, τα 100, τα 200, τα 500, τα 1000 και τα 2000 ppm, οι σπόροι ήταν σκληρού σίτου, κριθαριού και αραβοσίτου και η σχετική υγρασία των σπόρων ρυθμίστηκε στο 13%. Στο δεύτερο επιμέρους πειραματικό μέρος μελετήθηκαν, αντίστοιχα με το πρώτο, οι επιδράσεις διαφόρων ειδών και συγκεντρώσεων ζεόλιθου και γης διατόμων (διατομίτη) σε ένα είδος σπόρου. Οι ζεόλιθοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο *Zeoprofit* 0-0,05 mm και ο αντίστοιχος σλοβένικος, που χρησιμοποιήθηκαν και στις βιοδοκιμές. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ο διατομίτης (Silico Sec). Σημειώνεται, ότι οι συγκεντρώσεις τόσο των ζεόλιθων, όσο και του διατομίτη που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα 500 και τα 2000 ppm, οι σπόροι ήταν αραβοσίτου και η σχετική υγρασία των σπόρων ρυθμίστηκε στο 13% και το 15% αντίστοιχα.

Συμπερασματικά, μέσω των δεδομένων που προκύπτουν από την παρούσα μελέτη, η χρήση ζεόλιθου και γης διατόμων μπορεί να αποτελέσει μία ιδανικής αποτελεσματικότητας πρόταση καταπολέμησης ορισμένων ειδών εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων, υπό συγκεκριμένες – βέβαια – προϋποθέσεις, καθώς η αποτελεσματικότητά του καθορίζεται από ποικίλους παράγοντες, όπως το είδος του, το μέγεθος των κόκκων του, το χρόνο έκθεσης αλλά και το είδος του εντόμου.

**Λέξεις κλειδιά:** σκληρό σιτάρι, βιοδοκιμές, ζεόλιθος, κριθάρι, αραβόσιτος, ειδικό βάρος

## Abstract

In the present study, we evaluated the effectiveness of zeolite against agricultural products and foods. In specific, the insects *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) were used on stored cereal grains (hard wheat).

Two series of bioassays were conducted. During the first series, three different corn sizes of *Zeoprofit* zeolite were used (0-0,05mm, 0-0,15mm, 0-0,8mm) in three different concentrations (100ppm, 500ppm, 1000ppm) against adult *S. oryzae*, *S. granarius* and *R. dominica* insects on stored hard wheat grains. The mortality was registered 3, 7, 14 and 21 days after the application of zeolite and after the last registration all insects (alive or not) were removed from the vials and they (the vials) were stored again at the same chamber, so as to register the progeny after 65 days. As for the results, the mortality of all three species did not reach high standards, especially before completing 7 days of exposure to zeolite, as the final registration after 21 exposed days, *S. oryzae* that represented the highest mortality level, reached 47%, along with the corresponding controls (non zeolite) reaching 26%, while *R. dominica* and *S. granarius* reached 15% and 13% mortalities along with their corresponding controls not being higher than 2%. It is worth mentioning, though, that after the 7<sup>th</sup> day of exposure to zeolite, starkness and moving difficulties were noticed on *R. dominica*.

During the second series of bioassays, we evaluated the effectiveness of 7 different zeolites against the same insect species on stored hard wheat grains. Among the zeolites used, three were the same *Zeoprofit* ones of the first series, two of them were obtained from the soil science lab of our department, one Slovenian and one Serbian, this time, though, at 1000 and 2000 ppm doses. Also, zeolite *Zeoprofit* 0-0,15 mm was used at the concentration of 500 ppm, diatomite (Silico Sec) at the concentrations of 500 and 1000 ppm, as well as a combination of these two at a 1000 ppm concentration (500 ppm *Zeoprofit* 0-0,15 mm and 500 ppm Silico Sec) was used. Through the results, it was obvious that the higher doses of *Zeoprofit* 0-0,05 mm that were applied on all three insects, contributed in reaching higher levels of mortality even after the 3<sup>rd</sup> day of exposure. After 21 days of exposure, *S. granarius* reached 47%, *R. dominica* 60%, and *S. oryzae* 88% at the concentration of 2000 ppm. Moreover, remarkable mortality percentages were registered concerning the exposure of insects to diatomite (Silico Sec) as, after the 21<sup>st</sup> day of exposure, *R. dominica* represented mortality rates of 42%, *S. oryzae* 55% and *S. granarius* 93%, at the concentration of 1000 ppm.

Furthermore, a third experimental round was materialized, consisting of two individual experimental parts. During the first one, we went over the impact of different zeolite diatomaceous earth types and concentrations on three different grains. The zeolites used, were the tree *Zeoprofit* ones, that were used during the bioassays and the Slovenian one. Also, we used the *Silico Sec* diatomite. Thus, the applied zeolite and diatomite concentrations were 50, 100, 200, 500, 1000 and 2000 ppm, the grains were from hard wheat, barley and corn and the relative humidity of all the grains was set to 13%. During the second sub-experiment, we went over the impact of different zeolite diatomaceous earth types and concentrations on one grain type. The zeolites used, were the *Zeoprofit* 0-0,05 mm and the Slovenian one, used during the bioassays too. Moreover, the diatomite *Silico Sec* was used. The concentrations used, concerning the zeolite as well as the diatomite, were the 500 and the 2000 ppm. At last, only corn grain was used and the grain relative humidity was set to 13% and 15%.

Conclusively, over the results gathered through this study, the use of zeolite and diatomaceous earth could constitute a proposal of ideal effectiveness against some species of stored grain insects, of course under specific circumstances, as their effectiveness is determined by several factors, such as their type, the size of their granules, the exposure time and the species of the insect exposed.

**Keywords:** hard wheat, bioassays, zeolite, barley, corn, bulk density

Εγώ, ο Γεώργιος Μηλιώκας, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.



Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από τον Γεώργιο Μηλιώκα.

## Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή .....	14
Γενικά .....	14
Έντομα αποθηκών .....	17
Παράγοντες που καθορίζουν τα επίπεδα προσβολής των αποθηκευμένων προϊόντων .....	18
Προληπτικά μέτρα για εντομολογικές προσβολές στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης ή επεξεργασίας προϊόντων .....	20
Μέτρα για την καταπολέμηση εντομολογικών προσβολών στις εγκαταστάσεις .....	21
Η γη διατόμων ως εναλλακτική μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών .....	25
Ζεόλιθος .....	29
Σκοπός μελέτης .....	35
Υλικά και μέθοδοι .....	36
Εντομοκτόνα .....	36
Έντομα .....	36
Σπόρος .....	37
Δοχεία και σκεύη .....	37
Βιοδοκιμές .....	37
Πρώτη σειρά βιοδοκιμών – πρώτο πειραματικό μέρος .....	37
Δεύτερη σειρά βιοδοκιμών – δεύτερο πειραματικό μέρος .....	40
Μελέτη ειδικού βάρους – τρίτο πειραματικό μέρος .....	43
Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων .....	45
Αποτελέσματα .....	46
Αποτελέσματα πρώτης σειράς βιοδοκιμών .....	46
Αποτελέσματα δεύτερης σειράς βιοδοκιμών .....	55
Αποτελέσματα τρίτου πειραματικού κύκλου (1 <sup>ο</sup> μέρος) .....	60
Αποτελέσματα τρίτου πειραματικού κύκλου (2 <sup>ο</sup> μέρος) .....	65
Συζήτηση .....	68
Σημαντικά συμπεράσματα .....	71
Βιβλιογραφία .....	72
Ξενόγλωσση .....	72
Ελληνική .....	77

## Κατάλογος Πινάκων

1	Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για τα <i>S. oryzae</i> , <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> .....	48
2	Μέση θνησιμότητα (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων <i>S. oryzae</i> μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι .....	48
3	Μέση θνησιμότητα (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων <i>R. dominica</i> μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι .....	49
4	Μέση θνησιμότητα (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων <i>S. granarius</i> μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι .....	50
5	Μέσος πληθυσμός απογόνων (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)), 65 ημέρες αφότου αφαιρέθηκαν τα ακμαία από τα φιαλίδια, ανά ζεόλιθο .....	52
6	Μέσος πληθυσμός απογόνων (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)), 65 ημέρες αφότου αφαιρέθηκαν τα ακμαία από τα φιαλίδια, ανά υγρασιακό τύπο .....	52
7	Μέσος πληθυσμός απογόνων (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)), 65 ημέρες αφότου αφαιρέθηκαν τα ακμαία από τα φιαλίδια, ανά συγκέντρωση ζεόλιθου .....	52
8	Μέσος πληθυσμός απογόνων (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)), 65 ημέρες αφότου αφαιρέθηκαν τα ακμαία από τα φιαλίδια, ανά συγκέντρωση και τύπο ζεόλιθου .....	52
9	Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για τα <i>S. oryzae</i> , <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> .....	55
10	Μέση θνησιμότητα (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων <i>S. oryzae</i> μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι .....	56
11	Μέση θνησιμότητα (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων <i>R. dominica</i> μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι .....	57
12	Μέση θνησιμότητα (% $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων <i>S. granarius</i> μετά από έκθεση σε 2 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι .....	58
13	Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) .....	61
14	Μέσα ειδικά βάρη βάσει είδους σπόρου .....	61
15	Μέσα ειδικά βάρη βάσει σκευάσματος ζεόλιθου – γης διατόμων .....	61
16	Μέσα ειδικά βάρη βάσει συγκέντρωσης ζεόλιθου – γης διατόμων .....	61
17	Ειδικά βάρη ( $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή ποικίλων συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, για το σπόρο σιταριού .....	62
18	Ειδικά βάρη ( $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή ποικίλων συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, για το σπόρο κριθαριού .....	63

19	Ειδικά βάρη ( $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή ποικίλων συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, για το σπόρο καλαμποκιού .....	64
20	Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) .....	66
21	Μέσα ειδικά βάρη, βάσει σχετικής υγρασίας.....	66
22	Μέσα ειδικά βάρη, βάσει χρόνου έκθεσης.....	66
23	Ειδικά βάρη ( $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή δύο συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, βάσει της σχετικής υγρασίας και του χρόνου έκθεσης (0 και 30 λεπτά).....	67
24	Ειδικά βάρη ( $\pm$ Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή δύο συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, βάσει της σχετικής υγρασίας και του χρόνου έκθεσης (7 και 28 ημέρες).....	67

### **Κατάλογος Διαγραμμάτων**

1	Θνησιμότητα (%) των ακμαίων όλων των ειδών στους μάρτυρες (χωρίς ζεόλιθο), στις 3, 7, 14 και 21 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος .....	51
2	Πλήθος απογόνων <i>S. oryzae</i> , 65 ημέρες μετά την εκκένωση (από έντομα) των φιαλιδίων, βάσει κοκκομετρίας του ζεόλιθου που είχε εφαρμοστεί .....	53
3	Πλήθος απογόνων <i>R. dominica</i> , 65 ημέρες μετά την εκκένωση (από έντομα) των φιαλιδίων, βάσει κοκκομετρίας του ζεόλιθου που είχε εφαρμοστεί .....	53
4	Πλήθος απογόνων <i>S. granarius</i> , 65 ημέρες μετά την εκκένωση (από έντομα) των φιαλιδίων, βάσει κοκκομετρίας του ζεόλιθου που είχε εφαρμοστεί.....	54
5	Θνησιμότητα (%) των ακμαίων όλων των ειδών στους μάρτυρες (χωρίς ζεόλιθο), στις 3, 7, 14 και 21 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος .....	59

## Κατάλογος Εικόνων

1	Spot fumigation σε εσωτερικό βιομηχανικό χώρο .....	20
2	Ειδική σήμανση προϊόντων που έχει εφαρμοστεί ακτινοβόληση .....	22
3	Παγίδα τύπου «δέλτα» .....	23
4	Παγίδα τύπου χοάνης με χρήση φερομόνης.....	23
5	Ηλεκτρική παγίδα.....	23
6	Παγίδα τύπου «McPhail» .....	23
7	Γη διατόμων σε σκόνη .....	25
8	Silica Gel .....	25
9	Silica Gel .....	25
10	Κλινοπιλόλιθος (φυσικός Ζεόλιθος).....	30
11	Η μικροπορώδης μοριακή δομή του ζεόλιθου .....	31
12	Ζεόλιθος σε μορφή χάλικος .....	33
13	Ζεόλιθος σε μορφή σκόνης .....	34
14	Γέμισμα των μητρικών δοχείων με σπόρο .....	38
15	Ζύγιση της απαραίτητης ποσότητας ζεόλιθου .....	38
16	Γέμισμα των φιαλιδίων με σπόρο που έχει αναμιχθεί με ζεόλιθο .....	39
17	Επιβεβαίωση θνησιμότητας ακμαίων <i>S. oryzae</i> μέσω στερεοσκοπίου .....	41
18	Επιβεβαίωση θνησιμότητας ακμαίων <i>S. oryzae</i> μέσω στερεοσκοπίου .....	41
19	Επιβεβαίωση θνησιμότητας ακμαίων <i>R. dominica</i> μέσω στερεοσκοπίου .....	42
20	Επιβεβαίωση θνησιμότητας ακμαίων <i>R. dominica</i> μέσω στερεοσκοπίου .....	42
21	Κατά τη διαδικασία μέτρησης ειδικού βάρους .....	44
22	Μέτρηση ειδικού βάρους με τη συσκευή “Multitest moisture meter” .....	44

## 1. Εισαγωγή

### 1.1. Γενικά

Από τα ιδιαίτερα πρώιμα στάδια του ανθρώπινου πολιτισμού, υπήρξαν πολυάριθμοι παράγοντες που κρίνονται απειλητικοί για την υγεία του ανθρώπου, με άμεσες επιπτώσεις στους ίδιους τους πληθυσμούς του, ή στις συγκομιδές του και μάλιστα σε κρίσιμα επίπεδα, παρουσιάζοντας σημαντικές μειώσεις ή ολοκληρωτική καταστροφή.

Παράλληλα, οι ζημιές που εντοπίζονται στο χώρο της γεωργικής παραγωγής λόγω ποικίλων εχθρών εξακολουθούν να κρίνονται σημαντικές, παρά την αξιοσημείωτη πρόοδο που έχει αναντίρρητα παρουσιάσει η επιστήμη στο βιολογικό αλλά και τεχνολογικό τομέα βελτιώνοντας τα υπό εφαρμογή από τον άνθρωπο μέτρα προστασίας στη γεωργία. Οι εν λόγω, μάλιστα, ζημιές εκτιμάται ότι ανέρχονται σε πολλά τρισεκατομμύρια ευρώ ετησίως.

Εκτός αυτών, η αδιάκοπη κατά γεωμετρική κλίμακα αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, καθιστά επιτακτική την ανάγκη για αντιμετώπιση του διατροφικού προβλήματος του ανθρώπου, ο οποίος προκειμένου να καταφέρει να επιβιώσει παράγει μεγάλες ποσότητες προϊόντων οι οποίες μεσοπρόθεσμα χρειάζονται αποθήκευση, με απώτερο σκοπό τη μεταποίηση, τη μεταφορά ή την κατανάλωση (Μπουχέλος, 1985).

Είναι γεγονός, πως τα γεωργικά προϊόντα προσβάλλονται από ποικίλους εχθρούς και ασθένειες κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους, που συχνά προκαλούν σημαντικές ζημιές. Μάλιστα, σύμφωνα με τον F.A.O. (Food and Agriculture Organization – Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), οι απώλειες που σημειώνονται σε αναπτυσσόμενες χώρες σε κάθε είδους εδώδιμους σπόρους που οφείλονται στους εχθρούς αποθηκευμένων προϊόντων εκτιμώνται περί των 810 εκ. τόνων. Μάλιστα, άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός ότι το 10% της παγκόσμιας παραγωγής δημητριακών χάνεται ετησίως λόγω των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων, ενώ το 7% λόγω ακάρεων, τρωκτικών και ασθενειών. Συνεπώς, ενώ οι ποσότητες που καταστρέφονται από έντομα στις αποθήκες αλλά και τις καλλιέργειες, μόνο σιτηρών, θα μπορούσαν να αποτρέψουν τους λιμούς στις υποανάπτυκτες χώρες.

Κατόπιν υπολογισμών, έχει προκύψει, ότι τα ακμαία και οι προνύμφες των κολεοπτέρων και οι προνύμφες των λεπιδοπτέρων καταναλώνουν προϊόν βάρους πολλαπλάσιου του βάρους τους εντός μίας εβδομάδας. Συγκεκριμένα, μόνο μία προνύμφη του *Ephestia sp.*, είναι σε θέση να καταναλώσει το φυτό 50 περίπου σπόρων μέχρι το στάδιο της νύμφωσής της.

Παράλληλα, τα είδη των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων που απαντώνται στη γεωργική παραγωγή, ανήκουν κατά κύριο λόγο στις τάξεις των Κολεοπτέρων και των Λεπιδοπτέρων και δευτερευόντως στις τάξεις των Διπτέρων, των Υμενοπτέρων και άλλων.

Η γεωργική παραγωγή, ως επί το πλείστον, πλήττεται από έντομα αποθηκευμένων προϊόντων σε ποικίλα στάδια της αποθήκευσης αλλά και της επεξεργασίας, όπως στο μύλο, την αποθήκη και τα ράφια των καταστημάτων. Φυσικά, υπάρχουν και περιπτώσεις αναμόλυνσης, κατά τις οποίες ενώ το προϊόν είναι αμόλυντο, προσβάλλεται από ήδη υπάρχοντα έντομα εντός του αποθηκευτικού χώρου, των μηχανημάτων επεξεργασίας του προϊόντος ή ακόμη και στο ράφι του καταστήματος όπου τελικά εκτίθεται προς αγορά. Συνεπώς, εξαιρετικής σημασίας κρίνεται ο έλεγχος τόσο του αποθηκευτικού χώρου, όσο του ίδιου του προϊόντος πριν την αποθήκευση, καθώς «η παρουσία εντόμων σε κάποιο προϊόν αποδεικνύει τη μη καλή του υγιεινή».

Η κατανάλωση προσβεβλημένων τροφίμων συνήθως δεν προκαλεί σημαντικά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία (Wirtz, 1991). Ωστόσο, διαφόρων τύπων αντιδράσεις μπορεί να σημειωθούν λόγω κατανάλωσης μερών εντόμων. Ένα συχνό φαινόμενο σε οικιακό περιβάλλον αποτελεί η εισπνοή αποχωρημάτων εντόμων όπως κατσαριδών, η οποία υπό περιπτώσεις δύναται να προκαλέσει αλλεργίες ή ακόμη και άσθμα. Επίσης, τα έντομα αποθηκευμένων προϊόντων συμβάλλουν και στη μεταφορά σπορίων μυκήτων, ορισμένα είδη εκ των οποίων δύναται να παραγάγουν μυκοτοξίνες, όπως αφλατοξίνες, μολύνοντας τα τρόφιμα και παρουσιάζοντας χρόνια τοξική δράση προκαλώντας καρκινογενέσεις αλλά και ηπατικές, νεφρικές και άλλες βλάβες.

Θέτοντας ως βασικό κριτήριο το μέγεθος της ζημιάς που τα έντομα τελικά προκαλούν, διαχωρίζονται στα πολύ ζημιογόνα, τα οποία χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης λόγω της μεγάλης και ταχύτατης εξάπλωσής τους – κάθε άτομο προσβάλλει μεγάλο πλήθος σπόρων ή προϊόντος και οι γενεές ανά χρόνο είναι πολλές – και τα λιγότερο ζημιογόνα, που επιδέχονται επέμβαση σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου, διότι εξαπλώνονται με χαρακτηριστικά αργούς ρυθμούς, με λίγες γενεές ανά έτος, συγκεντρώνονται σε μικρές ομάδες στα σημεία του αποθηκευτικού χώρου που εγκαθίστανται και κατά βάση προσβάλλουν ήδη προσβεβλημένο ή κατεστραμμένο προϊόν.

Γενικότερα, η οικονομική σημασία των εν λόγω εχθρών της γεωργικής παραγωγής, προβάλλει πλέον ανάγλυφη παγκοσμίως, λαμβάνοντας υπόψη ότι σήμερα τα 2/3 περίπου του παγκόσμιου πληθυσμού υποσιτίζεται, ενώ σε πολλές χώρες οι θάνατοι από ασιτία ανέρχονται σε σημαντικό ποσοστό ετησίως (Θωμαΐδης, 1992). Επιπρόσθετα, οι προσπάθειες επίλυσης των προβλημάτων αυτών επεκτείνονται στους τομείς διακίνησης και αποθήκευσης των παραγόμενων προϊόντων με σκοπό τη μείωση των απωλειών και ζημιών από έντομα ασθένειες.

Αναντίρρητα, εκτός των ποσοτικών ζημιών, οι προσβολές αποθηκευμένων προϊόντων από έντομα αλλά και ακάρεα, δύναται να προκαλέσουν προβλήματα υγείας στους

καταναλωτές τους. Η παρουσία εντόμων ή τμημάτων αυτών σε προϊόντα που βρίσκονται στο στάδιο της επεξεργασίας ή τελικά φτάνουν στο στάδιο της κατανάλωσης, συνδέεται αρκετά συχνά με την εμφάνιση αλλεργικών αντιδράσεων. Άξιο αναφοράς, λοιπόν, είναι ότι:

Έχει παρατηρηθεί πως η παρουσία τμημάτων εντόμων (τριχών, ποδιών, πτερυγών) προκαλεί αλλεργικά φαινόμενα στο προσωπικό επεξεργασίας φυτικών προϊόντων. Μάλιστα, η παρουσία χαρακτηριστικά υψηλής ποσότητας εκδυμάτων ή τριχών εντόμων όπως π.χ. της οικογένειας *Dermestidae* σε προνυμφικό στάδιο, μπορεί να προκαλέσει έντονο κνησμό στην περιοχή του λαιμού, συνοδευόμενο από ξηρό και συνεχή βήχα.

Αλλεργικά φαινόμενα μπορούν να εμφανιστούν σε περιπτώσεις κατά τις οποίες τμήματα σώματος νεκρών εντόμων, που έχουν κονιορτοποιηθεί, εισέρχονται στον οργανισμό μέσω της αναπνευστικής οδού, με ανάλογα παραδείγματα να έχουν αναφερθεί για βρούχους ψυχανθών, ψείρες σιταριού και άλλα.

Δερματικές διαταραχές και δερματικά φαινόμενα όπως δερματίτιδες, εκζέματα και έντονοι κνησμοί μπορούν να παρατηρηθούν λόγω έκθεσης σε προνύμφες και αποχωρήματα του λεπιδοπτέρου *Plodia interpunctella*.

Υπό περιπτώσεις, η κατάποση ολόκληρων εντόμων ή τμημάτων αυτών δύναται μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητα φαινόμενα που κατά κύριο λόγο εκδηλώνονται με δυσπεψία, τάση για έμετο, ναυτία, διάρροια και άλλα.

Ακάρεα όπως τα *Acarus siro* και *Tyrophagus putrescentiae*, τα οποία προσβάλλουν τα άλευρα, θεωρούνται υπεύθυνα για αλλεργικές δερματίτιδες, οι οποίες είναι γνωστές ως «κνησμός των αρτοποιιών».

Ορισμένα έντομα αποθηκών, μπορούν να αποτελέσουν φορείς βακτηρίων όπως τα *Salmonella* και *Enterobacteriaceae*, και ιών όπως η πολιομυελίτιδα και ο κίτρινος πυρετός.

Η παρουσία τοξινών που παράγονται από έντομα ή μυκοτοξινών που παράγονται από μύκητες αντίστοιχα, κατόπιν εντομολογικής φύσεως προσβολές σε τρόφιμα, αποτελεί αναμφισβήτητα ένα εκ των σοβαρότερων προβλημάτων που μπορούν να παρουσιαστούν σε αποθηκευμένα προϊόντα (Μπουχέλος, 1993).



## 1.2. Έντομα αποθηκών

«Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων» ονομάζονται τα έντομα που προσβάλλουν υποβαθμίζοντας ποιοτικά εδάδιμα ή μη προϊόντα που βρίσκονται στη φάση της επεξεργασίας ή της αποθήκευσής τους, και μπορούν να αναπτυχθούν και να αναπαραχθούν στο χώρο που φιλοξενεί για αρκετό χρονικό διάστημα γεωργικά προϊόντα ή τρόφιμα. Παρόλα αυτά, υπάρχουν είδη εντόμων που απαντώνται σε αποθηκευτικούς χώρους, τα οποία όμως δεν τρέφονται απ' ευθείας με τα αποθηκευμένα προϊόντα αλλά με μύκητες, άλλα έντομα που βρίσκονται στο χώρο ή και αρθρόποδα. Μάλιστα, αν και τα εν λόγω έντομα συνιστούν χρήσιμους δείκτες για τα προσβεβλημένα ή αλλοιωμένα προϊόντα, η παρουσία τους αυτή καθ' εαυτή είναι ικανή να υποβαθμίσει την ποιότητα των αποθηκευμένων προϊόντων. Άλλωστε, κάθε έντομο μπορεί να κριθεί επικίνδυνο εφόσον αυτό ευνοηθεί από ορισμένες συνθήκες (Μπουχέλος, 1996).

Ορισμένα άλλα είδη εντόμων (όπως είναι τα Bruchidae) που συνιστούν σοβαρούς εχθρούς καλλιεργειών, αναπτύσσονται στους αγρούς και τους ωριμάζοντες σπόρους, αλλά είναι ικανά να διαχειμάσουν στο ξηρό αποθηκευμένο προϊόν, αξιοποιώντας το περιβάλλον της αποθήκης ώστε να δύνανται να μεταβούν στην επόμενη καλλιεργητική περίοδο (Σταμόπουλος, 1995, Μπουχέλος, 1996). Αρκετά εκ των προαναφερθέντων, με μικρές διαφοροποιήσεις στις συνήθειες, έχουν εξελιχθεί σε πραγματικά έντομα αποθηκών. Άλλα έντομα (όπως τα Ptinidae), τα οποία ζουν στις κατασκευές των κτιρίων και τρέφονται με ποικίλα υλικά και υπολείμματα, ενδέχεται υπό περιπτώσεις να αναμιχθούν με το αποθηκευμένο προϊόν και να θεωρηθούν και αυτά έντομα αποθηκών (Μπουχέλος, 1996).

Όσον αφορά στη φυσιολογία τους, το μέγεθος και το σχήμα του σώματος των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων, αποτελούν καταλυτικούς παράγοντες στην επιτυχία τους ως ζωικοί εχθροί. Το μήκος του σώματος των τέλειων κυμαίνεται μεταξύ του 1 και των 12 mm, ενώ ως επί το πλείστον δεν ξεπερνά τα 5 mm, παρέχοντάς τους τη δυνατότητα να αποφεύγουν τους φυσικούς τους εχθρούς αλλά και τον κίνδυνο των εντομοκτόνων (ακόμη και στη φωσφίνη) στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Συνεπώς, ένα ιδιαίτερα στενό άνοιγμα (όπως σχισμή ή ρωγμή) στο εσωτερικό ενός αποθηκευτικού χώρου μπορεί κάλλιστα να αποτελέσει σε πληθώρα περιπτώσεων ένα ιδανικό καταφύγιο για πληθυσμούς εντόμων, ικανούς να προκαλέσουν σοβαρές προσβολές στα αποθηκευμένα προϊόντα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα *Oryzaephilus sp.*, τα οποία λόγω του ότι είναι βραχύσωμα, παρουσιάζουν αξιοσημείωτη εξάπλωση ως εχθροί πληθώρας ειδών προϊόντων (Μπουχέλος, 1996).

### 1.3. Παράγοντες που καθορίζουν τα επίπεδα προσβολής των αποθηκευμένων προϊόντων

Ο βαθμός στον οποίο θα προσβληθεί ένα προϊόν που βρίσκεται είτε στη φάση της επεξεργασίας είτε στη φάση της αποθήκευσης, εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες. Ορισμένοι εκ των εν λόγω παραγόντων είναι οι ακόλουθοι:

#### I. Υγειονομική κατάσταση του προϊόντος πριν το στάδιο της επεξεργασίας ή της αποθήκευσης

Η κατάσταση της υγείας του προϊόντος πριν εισαχθεί στον αποθηκευτικό χώρο, διαδραματίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, καθώς το ενδεχόμενο κατά το οποίο το εν λόγω προϊόν είναι ήδη προσβεβλημένο από τον αγρό, τότε κατά πάσα πιθανότητα τα επίπεδα προσβολής στον αποθηκευτικό χώρο θα παρουσιάσουν ανοδική πορεία, διότι το προϊόν που αποθηκεύτηκε θα αποτελέσει εστία «μόλυνσης» για τα ήδη υπάρχοντα στο χώρο προϊόντα.

#### II. Μικροκλίμα των αποθηκευτικών χώρων

Τόσο η θερμοκρασία και η υγρασία που επικρατούν στον αποθηκευτικό χώρο, όσο και η αντίστοιχη σχετική υγρασία του αποθηκευμένου ή προς αποθήκευση προϊόντος, αποτελούν παράγοντες που δύνανται να επηρεάσουν καθοριστικά το μέγεθος μιας ενδεχόμενης εντομολογικής φύσεως προσβολής, καθώς μπορούν να επηρεάσουν:

- τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του εντόμου αυξομειώνοντας τον αριθμό των γενεών,
- τη γονιμότητα του εντόμου,
- τη διάπαυση του εντόμου,
- την εν γένει δραστηριότητά του

#### III. Συμπεριφορά του εντόμου

Η συμπεριφορά σε πληθώρα περιπτώσεων μπορεί να είναι καθοριστική όσον αφορά στο μέγεθος της προσβολής ενός αποθηκευμένου προϊόντος από το εν λόγω έντομο. Για παράδειγμα, ορισμένα έντομα προσβάλλουν αποκλειστικά ήδη προσβεβλημένους από άλλα έντομα σπόρους, με άμεση συνέπεια να παρουσιάζουν επιζήμια συμπεριφορά μόνο υπό τις αντίστοιχες προϋποθέσεις. Επιπλέον, αρκετά έντομα, κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, ολοκληρώνουν την ανάπτυξή τους μόνο σε έναν καρπό, ενώ άλλα προσβάλλουν περισσότερους από έναν καρπούς, με στατιστικά υψηλότερα ποσοστά ζημιών, συνυπολογίζοντας, φυσικά, ποικίλους παράγοντες όπως τη γονιμότητα του εκάστοτε εντόμου, τον αριθμό γενεών που παρουσιάζει και άλλα.

#### IV. Καταλληλότητα και μέτρα προστασίας των αποθηκευτικών χώρων

Οι αποθηκευτικοί χώροι θα πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις σχεδίασης, ώστε να δυσχεραίνουν την εύκολη πρόσβαση εντομολογικών αλλά και άλλων εχθρών. Τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής θα πρέπει να είναι κατάλληλα, ώστε οι συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας αλλά και αερισμού να μην είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη εντομολογικών ή άλλων προσβολών κατά την αποθήκευση. Επιπλέον, μια καλή μόνωση στην οροφή, θα αποτρέψει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και θα μειώσει τις πιθανότητες αναμόλυνσης ή εξέλιξης τυχούσας ήδη υπάρχουσας προσβολής, αναστέλλοντας τη δράση πιθανών εχθρών. Οι πόρτες θα πρέπει να κλείνουν καλά, στα παράθυρα κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη πυκνού λεπτού πλέγματος, τα δάπεδα θα πρέπει να επιτρέπουν τον εύκολο καθαρισμό ώστε να μην αποτελούν καταφύγια εντόμων και οι τοίχοι και οι οροφές θα πρέπει να μην παρουσιάζουν ρωγμές ή ανοίγματα. Φυσικά, η χρήση εντομοτοξικών ή άλλων ουσιών σε τοίχους και δάπεδα συμβάλλει αναντίρρητα σε μεγάλο βαθμό στον περιορισμό εγκατάστασης αλλά και εξάπλωσης ενός επιζήμιου αρθροπόδου (Σταμόπουλος, 1995).

#### V. Ικανότητα πτήσης του εντόμου

Η ικανότητα εντός εντόμου να πετάει σε μακρινές αποστάσεις, αυξάνει τις πιθανότητες προσβολής αποθηκευμένων προϊόντων που απέχουν μεταξύ τους ικανή απόσταση, όπως επίσης και τις αντίστοιχες πιθανότητες για γρήγορη επαναμόλυνση ήδη απεντομοθέντων προϊόντων.

#### VI. Χωροταξία αποθηκευτικών χώρων

Οι αποθηκευτικοί χώροι που γειτονεύουν με άλλες πιθανές εστίες μόλυνσης (όπως εργοστάσια επεξεργασίας φυτικών προϊόντων, αποθήκες, χωματερές και άλλα), παρουσιάζουν μεγαλύτερη πιθανότητα να μολυνθούν από διάφορα αρθρόποδα και μικροοργανισμούς, γι αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για την εκλογή του χώρου στον οποίο επρόκειτο να αποθηκευτούν προϊόντα.

#### 1.4. Προληπτικά μέτρα για εντομολογικές προσβολές στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης ή επεξεργασίας προϊόντων

Προκειμένου να αποφύγουμε την παρουσία εντόμων στα αποθηκευμένα προϊόντα σε χώρους αποθήκευσης αλλά και επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων, θα πρέπει να λαμβάνουμε ορισμένα μέτρα πρόληψης, όπως:

##### I. Κατάλληλος σχεδιασμός αποθηκευτικών χώρων και βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων

Το πρωταρχικό αυτό στάδιο της πρόληψης εντομολογικών προσβολών στις εγκαταστάσεις απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς αφενός οι χώροι των εγκαταστάσεων θα πρέπει να μην βρίσκονται σε μικρή απόσταση από πιθανές εστίες μόλυνσης (όπως άλλες αποθήκες, εργοστάσια ή σκουπιδότοπους) και αφετέρου οι εγκαταστάσεις κλιματισμού, θέρμανσης και αποχέτευσης πρέπει να μην επιτρέπουν την είσοδο (άρα να μην φέρουν ρωγμές) και εγκατάσταση σε έντομα και μάλιστα να μπορούν να καθαρίζονται, να απολυμαίνονται και να απεντομώνονται εξίσου εύκολα.

##### II. Σχολαστική καθαριότητα του χώρου

Επιτακτική κρίνεται η ανάγκη για συχνό καθαρισμό των χώρων στους οποίους παράγονται, επεξεργάζονται ή αποθηκεύονται προϊόντα, όπως επίσης και απομάκρυνση των υπολειμμάτων επεξεργασίας που δεν παρουσιάζουν χρησιμότητα. Προκειμένου να επιτευχθεί

κάτι ανάλογο, προτείνεται η χρήση ηλεκτρικών σκουπών μεγάλης ισχύος οι οποίες εκτός των απορριμμάτων, απομακρύνουν υπό περιπτώσεις και πρόσφατα εγκατεστημένα επιβλαβή έντομα. Παράλληλα, σε περιοχές των εγκαταστάσεων που



**Εικόνα 1.** Spot fumigation σε εσωτερικό βιομηχανικό χώρο.

καθίσταται δύσκολος ο συχνός καθαρισμός, προτείνεται τοπική εφαρμογή εντομοτοξικών ουσιών με ειδικές φορητές συσκευές (spot fumigation).

### III. Αποτροπή εισόδου εντόμων στις εγκαταστάσεις

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι καμία μέθοδος απεντόμωσης δεν είναι απόλυτα αποτελεσματική, θα πρέπει στις εγκαταστάσεις να μην είναι αποδεκτή η αποθήκευση ή επεξεργασία προϊόντων που είναι ήδη προσβεβλημένα, ακόμη κι αν έχουν απεντομωθεί πρόχειρα, διότι είναι αρκετά πιθανό μετά από μικρό χρονικό διάστημα να παρατηρηθεί προσβολή από έντομα που απλά διέφυγαν της θανάτωσης. Συνεπώς, ο έλεγχος εισόδου, θα πρέπει να είναι συστηματικός και να συμπεριλαμβάνει τόσο το ίδιο το προϊόν που επρόκειτο να εισέλθει στις εγκαταστάσεις, όσο και τα υλικά συσκευασίας του.

### IV. Τήρηση εξονυχιστικού προγράμματος ελέγχου για έγκαιρη αντιμετώπιση τυχούσας προσβολής

Προκειμένου να λειτουργεί σωστά μία σύγχρονη μονάδα και να πραγματοποιούνται οι απαραίτητοι έλεγχοι, θα πρέπει να τηρούνται ορισμένοι κανόνες, όπως είναι:

- Η ύπαρξη ενός καταλόγου «ευαίσθητων» περιοχών ή σημείων της εγκατάστασης που ενδεχομένως μπορούν να αποτελέσουν εστίες ή καταφύγια εντόμων
- Η εγκατάσταση διαφόρων τύπων παγίδων, κατάλληλων ανά κατηγορία εντόμων, ώστε να επιτευχθεί η έγκαιρη διαπίστωση τυχούσας ύπαρξης εντόμων.

#### 1.5. Μέτρα για την καταπολέμηση εντομολογικών προσβολών στις εγκαταστάσεις

Κατά τις περιπτώσεις τις οποίες τα μέτρα πρόληψης που έχουν ληφθεί προκειμένου να αποφύγουμε την είσοδο και εγκατάσταση επιβλαβών εντόμων για ορισμένους λόγους δεν καταστούν αποτελεσματικά και παρουσιαστεί κάποια εξέλιξη πέραν του αναμενόμενου, θα πρέπει απαραίτητως να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες ενέργειες:

##### I. Ακριβής προσδιορισμός του είδους ή των ειδών των εντόμων που παρατηρήθηκαν

Η εν λόγω διαδικασία αποτελεί απαραίτητο βήμα όσον αφορά στην εκλογή της κατάλληλης μεθόδου καταπολέμησης που θα εφαρμοστεί και συμβάλλει καταλυτικά στην επιτυχία της μεθόδου. Αυτό συμβαίνει, καθώς κάθε έντομο ανταποκρίνεται διαφορετικά σε κάθε μέθοδο καταπολέμησης είτε αυτή συμπεριλαμβάνει τη χρήση εντομοτοξικών ουσιών είτε άλλους χειρισμούς. Συνεπώς, τα διάφορα είδη εντόμων, ακόμη κι αν είναι συγγενικά και παρουσιάζουν ποικίλες ομοιότητες, ενδέχεται να χρειάζονται εντελώς διαφορετική προσέγγιση και τρόπο αντιμετώπισης ώστε η μέθοδος καταπολέμησής τους να κριθεί επιτυχής.

## II. Εντοπισμός των εστιών μόλυνσης και τα σημεία προσπέλασης των εντόμων

Αναντίρρητα αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό και καταλυτικής σημασίας στάδιο στην καταπολέμηση των εντομολογικών προσβολών σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης ή επεξεργασίας προϊόντων, καθώς ο έγκαιρος εντοπισμός των αντίστοιχων σημείων-εστιών θα συμβάλει αποτελεσματικά στην επίτευξη του στόχου.

## III. Μελέτη της συμπεριφοράς τους και των σημείων που συγκεντρώνονται

Μέσω της μελέτης του συμπεριφορισμού των εντόμων που εντοπίστηκαν εντός των εγκαταστάσεων μέσω του προηγούμενου βήματος, καθίσταται ευκολότερη η αντιμετώπισή τους. Μάλιστα, ορισμένες φορές, οι επεμβάσεις μας περιορίζονται – καθαρά για πρακτικούς ή οικονομολογικούς λόγους – μόνο στα σημεία που αποτελούν καταφύγια ή τόπους συνάθροισης του «εχθρού» (Σταμόπουλος, 1995).

## IV. Εφαρμογή μεθόδων αντιμετώπισης

Οι μέθοδοι αντιμετώπισης που εφαρμόζονται είτε μεμονωμένα είτε συνδυαστικά στα πλαίσια της αντιμετώπισης των εντομολογικών προσβολών στους χώρους επεξεργασίας ή αποθήκευσης προϊόντων, χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- *Μηχανικές*, που περιλαμβάνει τη χρήση υψηλής πίεσης, την ξήρανση, τη χρήση κενού με περιορισμό του ατμοσφαιρικού αέρα, την ανάδευση με υψηλές ταχύτητες, τη δημιουργία περιβάλλοντος αυξημένης συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> και το πλύσιμο με άφθονο νερό υπό ισχυρή πίεση μόνο υπό την προϋπόθεση να μη ζημιώνει τα προϊόντα και να τα απαλλάσσει από μεγάλη ποσότητα εντόμων.
- *Φυσικές*, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται: η θερμότητα, το ψύχος, το ηλεκτροστατικό πεδίο, η εφαρμογή ιονιζουσών ακτινοβολιών και η χρήση γης διατόμων σε μορφή σκόνης, με την οποία ασχοληθήκαμε στην παρούσα διατριβή.
- *Βιοτεχνικές*, που περιλαμβάνει τη χρήση παγίδων, φερομονών ή και συνδυασμό τους. Η χρήση παγίδων είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο στην παρακολούθηση των πληθυσμών των εντόμων όσο και στην καταπολέμησή τους, αν και προτιμάται σε αποθηκευτικούς χώρους κυρίως για



**Εικόνα 2.** Ειδική σήμανση προϊόντων που έχει εφαρμοστεί ακτινοβολία

παρακολούθηση των πληθυσμών και λιγότερο για άμεση αντιμετώπισή τους. Με τη χρήση φερομονών (οργανικές πτητικές ενώσεις) σε σκευάσματα που περιέχουν και ορισμένες άλλες ουσίες μπορούμε να επιτύχουμε τη θανάτωση ή την αποτροπή της σύζευξης των εντόμων, ενώ με τη χρήση φερομονών σε παγίδες, ανιχνεύονται και ταυτόχρονα προσδιορίζονται τα έντομα-εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων σε κάποιο χώρο. Επιπλέον, στις βιοτεχνικές μεθόδους κατατάσσονται και οι ρυθμιστές ανάπτυξης, η χρήση των οποίων στηρίζεται στην ιδέα της καταπολέμησης των εντόμων σε αποθηκευτικούς χώρους με ορμόνες νεότητας που παράγουν τα ίδια τα έντομα. Εκτός αυτών, στις βιοτεχνικές μεθόδους συμπεριλαμβάνονται και τα αιθέρια έλαια, τα οποία υπόσχονται αρκετά για τον έλεγχο των κυρίων και μεγαλύτερων εντόμων-εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων, με το να αποτελούν δραστικά καπνογόνα σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ελπίζοντας ότι κάποτε θα αντικαταστήσουν τα σημερινά χρησιμοποιούμενα καπνογόνα (Shaaya et al., 1997).



**Εικόνα 3.** Παγίδα τύπου «δέλτα»



**Εικόνα 4.** Παγίδα τύπου χοάνης με χρήση φερομόνης



**Εικόνα 5.** Ηλεκτρική παγίδα



**Εικόνα 6.** Παγίδα τύπου «McPhail»

- *Βιοτεχνολογικές*, οι οποίες βασίζονται στη μεταφορά γονιδίων σε φυτά, προκαλώντας σε αυτά ανθεκτικότητα στην προσβολή από έντομα, συντελώντας στον περιορισμό των προσβολών τόσο στον αγρό, όσο και στην αποθήκη κατά άμεση συνέπεια. Ένα παράδειγμα που γνωρίζει συχνή εφαρμογή στα πλαίσια της μεταφοράς πρωτεϊνών και γονιδίων, αποτελεί το βακτήριο , το οποίο είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες και γονίδια, κατάλληλα για τη μεταφορά τους σε φυτά.
- *Βιολογικές*, κατά τις οποίες ο έλεγχος των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων επιτυγχάνεται με χρήση φυσικών εχθρών και την εγκατάστασή τους στον αποθηκευτικό χώρο. Είναι, βέβαια, γεγονός ότι η χρήση βιολογικών μεθόδων πρακτικά παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα, ωστόσο καθίσταται εφικτή υπό ορισμένες συνθήκες και φυσικά υπό την προϋπόθεση ότι το τελικό προϊόν δεν θα είναι επιβαρυνμένο με σώματα ή τμήματα των ωφέλιμων οργανισμών. Οι φυσικοί εχθροί που χρησιμοποιούνται στις βιολογικές μεθόδους καταπολέμησης απαντώνται σε δύο κατηγορίες: τα αρπακτικά και τα παρασιτοειδή.
- *Χημικές*, βάσει των οποίων αποσκοπούμε στον ευθύ έλεγχο των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων είτε προ είτε μετά της εισαγωγής του προϊόντος στον αποθηκευτικό χώρο. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται είναι ως επί το πλείστον οργανικές ουσίες (οργανοφωσφορικά, πυρεθρινοειδή, καρβαμιδικά εντομοκτόνα) και δευτερευόντως ανόργανες ουσίες (βόρακας, βορικό οξύ).



## 1.6. Η γη διατόμων, ως εναλλακτική μέθοδος αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών

### 1.6.1. Γενικά

Όπως είναι γνωστό, αιώνες πριν οι ιθαγενείς των περιοχών της Βόρειας Αμερικής και της Αφρικής προκειμένου να προστατέψουν το αποθηκευμένο σιτάρι τους από ανεπιθύμητες προσβολές εντομολογικής φύσεως, χρησιμοποιούσα αδρανείς σκόνες (Fields and Muir, 1996). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές υπάρχουν τέσσερις τύποι αδρανών σκονών, οι οποίες είναι:

- I. Ο πηλός, η άμμος και άλλα συστατικά του εδάφους τα οποία χρησιμοποιούνταν κατά κύριο λόγο από ιθαγενείς, ως ένα προστατευτικό στρώμα στην κορυφή του αποθηκευμένου προϊόντος.
- II. Η γη διατόμων (Diatomaceous earth), που ουσιαστικά είναι απολιθωμένα υπολείμματα διατόμων.
- III. Η σιλικόνη σε μορφή σκόνης (silica aerogel) η οποία παράγεται με αποξήρανση υδατικού διαλύματος πυριτικού νατρίου ( $\text{NaSiO}_4$ ). Οι σκόνες αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται από το πολύ μικρό ειδικό βάρος αλλά και την εξαιρετικά υδρόφιλη φύση τους.
- IV. Μη πυριτικές σκόνες, όπως σκόνη από ορυκτά που περιέχουν φώσφορο ή οξείδιο του ασβεστίου. Οι σκόνες της κατηγορίας αυτής παρουσιάζουν ιδιαίτερα ασθενείς εντομοκτόνους ιδιότητες.



Εικόνα 7. Γη διατόμων σε σκόνη



Εικόνες 8-9. Silica Gel

Ως κύριο πλεονέκτημα της χρήσης αδρανών υλών σε μορφή σκόνης ως εντομοκτόνα, θεωρείται το γεγονός ότι δεν παρουσιάζουν τοξικότητα για τον άνθρωπο και τα θηλαστικά γενικότερα. Επιπλέον, δεν αφήνουν χημικά υπολείμματα στο προϊόν που εφαρμόζονται, όπως ενδεχομένως παρατηρείται στη χρήση χημικών εντομοκτόνων σκευασμάτων, ούτε προκαλούν ανθεκτικότητα των εντόμων σε αυτές. Μάλιστα, μία εκ των εγκρίσεων που έχει λάβει η γη διατόμων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, είναι για τη χρήση της ως προσθετικό παράγοντα σε τρόφιμα (Fields and Muir, 1996). Έτσι, η χρήση άμορφης γης διατόμων για την καταπολέμηση εχθρών στα αποθηκευμένα προϊόντα αλλά και στον αγρό

αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη πρακτική που γνωρίζει ιδιαίτερη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια σε αρκετές περιοχές της γης.

### 1.6.2. Η φύση της γης διατόμων

Η γη διατόμων είναι ένα σχεδόν καθαρό προϊόν που προκύπτει από τα απολιθωμένα υπολείμματα διατόμων (όρος με ελληνική ετυμολογία: δια + τέμνω → διατέμνω), τα οποία είναι μονοκύτταρα άλγη που κατά πάσα πιθανότητα αποτελούν το πιο διαδεδομένο είδος φυτών στον πλανήτη και συντίθενται από υδρογονωμένο πυρίτιο αλλά και από μέταλλα συμπεριλαμβανομένου του αργιλίου, του οξειδίου του σιδήρου, του μαγνησίου, του νατρίου και του ασβεστίου. Η τυπική χημική σύσταση της στερεής μορφής που απαντάται είναι 86-94% πυρίτιο, με το υπόλοιπο 14-6% να συμπληρώνεται από άργιλο και πηλό αντίστοιχα. Πρακτικά, αποτελείται κυρίως από διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ). Εκτός από το άμορφο κρυσταλλικό πυρίτιο, το αμέσως επόμενο κατά σειρά περιεκτικότητας στοιχείο είναι το ασβέστιο (Ca) ενώ – όπως προαναφέρθηκε – περιέχονται και άλλα στοιχεία όπως είναι το αργίλιο (Al), το μαγνήσιο (Mg), το νάτριο (Na), ο σίδηρος (Fe), ο φώσφορος (P), το θείο (S), το νικέλιο (Ni), ο ψευδάργυρος (Zn) και το μαγγάνιο (Mn) (Subramanyam, 1993, Quarles and Winn, 1996). Αξίζει να σημειωθεί, πως υπάρχουν περισσότερα από 25000 είδη διατόμων που απαντώνται σε χαρακτηριστική αφθονία σε όλα τα υδατικά οικοσυστήματα, αν και ορισμένα απαντώνται σε χερσαία περιβάλλοντα (Round et al., 1992).

Η έντονη σημασία της γης διατόμων, έγκειται στη σπουδαιότητα του διοξειδίου του πυριτίου που περιέχει. Αρχικά, το  $\text{SiO}_2$  αποτελεί σημαντικό μέρος του οικοδομήματος του πλανήτη. Παράλληλα, αποτελεί ένα απαραίτητο και αναπόσπαστο κομμάτι της φύσης και του πεδίου της τεχνολογίας. Χαρακτηρίζεται από μοναδικές και εξαιρετικής σημασίας ιδιότητες, όπως την πορώδη δομή, τη μικρή πυκνότητα, τη μεγάλη επιφάνεια και τη μεγάλη δύναμη απορρόφησης. Επιπλέον, στη φύση απαντώνται περισσότερα από 40.000 είδη διατόμων και κανένα εξ αυτών δεν παρουσιάζει όμοια μορφολογία με κάποιο άλλο. Μάλιστα, θα αποτελούσε παράλειψη να μην αναφερθεί το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος της ολικής ποσότητας ασβεστόλιθου πάνω στη γη έχει εναποτεθεί από τα διάτομα.

Η γη διατόμων, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, περιέχει περισσότερο από 50% υγρασία ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ενώ το 86-94% της στερεής μορφής της αποτελείται από πυρίτιο και το υπόλοιπο από άργιλο και πηλό (Korunic, 1997). Η μοναδική αλλαγή που υφίσταται η γη διατόμων κατά την επεξεργασία της είναι η μείωση της υγρασίας της με εφαρμογή μεθόδων ξήρανσης και η μείωση του μέσου συνολικού μεγέθους των κόκκων που την απαρτίζουν με άλεση. Με την ξήρανση, προκαλείται μείωση της υγρασίας περί του 2 – 6%, ενώ με την άλεση, το μέγεθος

των κόκκων παρουσιάζει μείωση της τάξης των 1 και 150 $\mu\text{m}$ , τη στιγμή που η πλειονότητά τους κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 30 $\mu\text{m}$ . Άμεσο αποτέλεσμα της εν λόγω διαδικασίας είναι η παραγωγή μίας σκόνης σαν ταλκ (talc) που θεωρείται ότι δεν έχει καμία τοξική επίδραση στα θηλαστικά (Quarles, 1992). Η γη διατόμων είναι εξαιρετικά σταθερή, δεν παράγει τοξικά χημικά παράγωγα και δεν αντιδρά με διάφορα περιβαλλοντικά υποστρώματα. Μάλιστα, σύμφωνα με την Εταιρία Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency) των Η.Π.Α, η φυσική γη διατόμων περιγράφεται ως το άμορφο διοξείδιο του πυριτίου, και χαρακτηρίζεται ασφαλές ως προσθετικό σε τρόφιμα.

### 1.6.3. Χαρακτηριστικά και ιδιότητες της γης διατόμων

Το χρώμα της σκόνης της γης διατόμων εξαρτάται από τη σύστασή της κυμαίνεται μεταξύ λευκού και γκρι, αλλά και μεταξύ κίτρινου και κόκκινου. Υπό το ηλιακό φως μπορεί να φαίνεται τόσο λευκή όσο το χιόνι. Η βάση της σκόνης έχει δημιουργηθεί από τα νεκρά σώματα των διατόμων και λαμβάνει διάφορα σχήματα και μεγέθη. Το σχήμα και το μέγεθος των σωματιδίων της γης διατόμων εξαρτώνται από το είδος του διατόμου προέλευσης και από την επεξεργασία που δέχθηκε αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, η γη διατόμων έχει χαρακτηριστικά μικρό βάρος λόγω της παρουσίας μικρών πόρων στο εσωτερικό των σωματιδίων της, τα οποία μάλιστα έχουν την ιδιότητα να απορροφούν μόρια λιπιδίων με μεγάλη ευκολία και παρουσιάζει μεγάλο πορώδες. Παρουσιάζει κυψελοειδή, σταθερή δομή και στερείται των περισσότερων ιχνοστοιχείων, ενώ το pH της κυμαίνεται μεταξύ του 4,4 και του 9,2. Επιπλέον, όσες γαίες διατόμων προέρχονται από θαλάσσια διάτομα περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα κρυσταλλικού πυριτίου (περίπου 2-7% κατά βάρος) σε σχέση με τις αντίστοιχες που προέρχονται από μη θαλάσσια διάτομα, στις οποίες το ποσοστό του κρυσταλλικού πυριτίου είναι μικρότερο του 1%. Το ειδικό βάρος ποικίλει από 220-230 έως και 600g/lit περίπου και εξαρτάται από την πηγή τους, αλλά και από το είδος των διατόμων από τα οποία προήλθαν. Κατά κύριο λόγο είναι άοσμες, αδιάλυτες στο νερό, μη εύφλεκτες και μη εκρηκτικές, ενώ το ποσοστό υγρασίας τους μετά την κατεργασία αγγίζει το 2 – 6%. Όσον αφορά στη σύσταση της γης διατόμων, εκτός από το άμορφο πυρίτιο, εξίσου μεγάλη περιεκτικότητα υπάρχει και σε ασβέστιο (Ca), ενώ περιέχονται και άλλα στοιχεία, όπως το αργίλιο (Al), το μαγνήσιο (Mg), ο φώσφορος (P), το νάτριο (Na), ο σίδηρος (Fe), το θείο (S), το νικέλιο (Ni), ο ψευδάργυρος (Zn) και το μαγγάνιο (Mn) (Sunramanyam, 1993, Quarles and Winn, 1996). Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχουν αναφορές που να σχετίζουν την εντομοκτόνο ιδιότητα της γης διατόμων με ορισμένα από τα προαναφερθέντα στοιχεία (Korunic, 1997). Όλα τα σωματίδια της γης διατόμων έχουν πολύ μικρούς πόρους στο εσωτερικό τους και έχουν την ιδιότητα να απορροφούν μόρια λιπιδίων με μεγάλη ευκολία (Ebeling, 1971).

#### 1.6.4. Κυριότερες χρήσεις της γης διατόμων

Έχει αποδειχθεί ότι στην αρχαία Κίνα, περίπου 5000 χρόνια πριν, οι Κινέζοι προσέθεταν τη γη διατόμων στις κτηνοτροφές και είναι γεγονός ότι πληθώρα χωρών ανά την Ευρώπη την εφαρμόζουν μέχρι και σήμερα ως προσθετικό σε διάφορα είδη τροφίμων και ζωοτροφών. Επιπλέον, η γη διατόμων χρησιμοποιείται σήμερα σε ποικίλες μορφές ως φίλτρο για τον καθαρισμό του νερού, τη διαύγανση ποτών και χυμών, το διαχωρισμό ελαίων και χημικών προϊόντων, ως ήπιο λειαντικό, ως εντομοκτόνο, ως απορρυπαντικό, ως μέσο ενεργοποίησης στην εμβολή αίματος, ως συστατικό στην άμμο για γάτες και άλλες εφαρμογές. Λόγω της μεγάλης προσροφητικής της ικανότητας αλλά και σταθερότητας που διαθέτει, η γη διατόμων χρησιμοποιείται, επίσης, ως φορέας στην τυποποίηση γεωργικών φαρμάκων όπως και στην επίτευξη υψηλότερων επιπέδων ασφαλείας στην αποθήκευση και μεταφορά επικίνδυνων υγρών. Εκτός αυτών, ιδιαίτερα υψηλή χρησιμότητα παρουσιάζει στη φαρμακευτική επιστήμη, καθώς κρίνεται ένας εξαιρετικός αντιπηκτικός παράγοντας. Κατόπιν επεξεργασίας, σε πολλές χώρες χρησιμοποιείται και για την αντιμετώπιση ανεπιθύμητων εντομολογικής φύσεως προσβολών κατά κύριο λόγο σε αποθηκευμένα προϊόντα. Τέλος, στον τομέα των υδροπονικών καλλιεργειών, η γη διατόμων αποτελεί μέσο ανάπτυξης χρησιμοποιούμενη σε εδαφικά υποστρώματα για γλαστρικά φυτά όπως είναι το «μπονζάι», το οποίο, μάλιστα, δύναται να αναπτυχθεί σε υπόστρωμα 100% γης διατόμων. Ο βασικότερος λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται κατ' αυτόν τον τρόπο είναι ότι, όπως ο περλίτης και ο βερμικουλίτης που επίσης χρησιμοποιούνται ως εδαφικά υποστρώματα, διατηρεί τα επίπεδα υγρασίας και τα θρεπτικά συστατικά και αποστραγγίζεται γρήγορα επιτρέποντας την κυκλοφορία οξυγόνου εντός του υποστρώματος.

#### 1.6.5. Τρόπος δράσης της γης διατόμων

Η σκόνη της γης διατόμων είναι κατά πάσα πιθανότητα η πιο αποτελεσματική φυσική σκόνη που χρησιμοποιείται σήμερα ως εντομοκτόνο (Korunic, 1997). Τα σωματίδια της προσκολλώνται στο σώμα των εντόμων καθώς βαδίζουν πάνω της ή γενικότερα έρχονται σε επαφή με αυτή. Η σκόνη αυτή αγγίζει υψηλότερα επίπεδα αποτελεσματικότητας σε περιπτώσεις εντόμων με ακανθώδεις ή τραχιές επιφάνειες. Η ζημιά που προκαλείται στα έντομα, περιγράφεται στη θεωρία της «επίδρασης Zacher» που συντάχθηκε το 1931 από τους Zacher και Kunike (Korunic, 1997), σύμφωνα με την οποία, η σκόνη της γης διατόμων προκαλεί αφυδάτωση ή ξήρανση στα έντομα, δηλαδή την αποβολή νερού από το σώμα τους. Μεταγενέστερες έρευνες επί τούτου, έδειξαν ότι η επίδραση της σκόνης της γης διατόμων στα έντομα, εξαρτάται από την ικανότητά της να απορροφά και να δεσμεύει τα λιπίδια από

τον προστατευτικό κηρώδη χιτώνα που καλύπτει την επιδερμίδα των εντόμων. Ο ουσιαστικός ρόλος του χιτώνα αυτού, ο οποίος είναι λιπιδιακής φύσεως, με σύσταση που παραλλάσσεται ανά είδος εντόμου, είναι να προστατεύει την ισορροπία του νερού στο εσωτερικό τους. Όταν τα λιπίδια αυτά δεσμεύονται από τα σωματίδια της γης διατόμων, τότε τα έντομα χάνουν υγρασία από τα σημεία της επιδερμίδας τους που βρίσκονται σε επαφή με τη σκόνη. Συνεπώς, αρχικά προκαλείται εξάντληση στο έντομο και στη συνέχεια θάνατος, ο οποίος επέρχεται σε χρονικό διάστημα που εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες (Ebeling, 1971). Ορισμένοι τέτοιοι παράγοντες είναι η σχετική υγρασία του αέρα και η υγρασία του σπόρου του σιτηρού, κατά την περίπτωση αποθηκευμένων προϊόντων, όπου εφαρμόστηκε σκόνη γης διατόμων. Φυσικά, εκτός της απορροφητικής ικανότητας, ορισμένες σκόνες γης διατόμων παρουσιάζουν και αποξεστικές ιδιότητες, δημιουργώντας αμυχές και τραυματίζοντας την επιδερμίδα των εντόμων. Σύμφωνα με ορισμένες αναφορές, οι σκόνες γης διατόμων εισέρχονται στο εσωτερικό του εντόμου διαμέσου της πεπτικής οδού, δρώντας με τον προαναφερθέντα τρόπο (Carlson and Ball, 1965) ή προκαλώντας ασφυξία στα έντομα (Korunic, 1997).

## 1.7. Ζεόλιθος ( $\text{Al}_2\text{SiO}_4$ )

### 1.7.1. Γενικά

Ο ζεόλιθος είναι μικροπορώδες αργιλοπυριτικό ορυκτό, που σχηματίζεται δευτερογενώς μέσα σε κοιλότητες πυριγενών πετρωμάτων, όταν ηφαιστειακά πετρώματα και στρώματα τέφρας αντιδρούν με αλκαλικά υπόγεια ύδατα (Μήτσιος Ι. Κ., 2001). Χρησιμοποιείται κατά βάση ως προσροφητικό μέσο αλλά και ως καταλύτης. Ο ζεόλιθος πήρε το όνομά του το 1756 από το Σουηδό ορυκτολόγο Axel Fredrik Cronstedt, ο οποίος παρατήρησε ότι με την ταχεία θέρμανση σιλιβίτη παράγεται μεγάλη ποσότητα ατμού από νερό που είχε απορροφηθεί από το υλικό. Βασιζόμενος, λοιπόν, στην εν λόγω παρατήρηση, ονόμασε το υλικό αυτό «ζεόλιθο», ετυμολογικά συντιθέμενο από τις ελληνικές λέξεις «ζέω» (που σημαίνει βράζω) και «λίθος» (συνώνυμο της λέξης «πέτρα»).

Μέχρι σήμερα έχουν αναγνωριστεί περισσότερα των 45 ειδών φυσικών ζεόλιθων και 100 – κατά προσέγγιση – έχουν παρασκευαστεί σε εργαστηριακό περιβάλλον. Επίσης, έχουν ανακαλυφθεί περισσότερες από 1000 περιοχές με κοιτάσματα ζεόλιθων σε 40 περίπου χώρες εντός ηφαιστειοκλαστικών πετρωμάτων.

Το κρυσταλλικό πλέγμα του ζεόλιθου περιέχει κενούς χώρους εντός των οποίων εισέρχονται τα μόρια του νερού, ή μεγάλα κατιόντα που συνδέονται χαλαρά εντός των κενών

χώρων. Η συμπεριφορά του νερού του ζεόλιθου και η ιδιότητα να ανταλλάσσει κατιόντα χωρίς να καταστρέφεται το πλέγμα του, του προσδίδει ιδιότητες που γνωρίζουν πληθώρα εφαρμογών. Οι ζεόλιθοι, μεταξύ άλλων χρησιμοποιούνται στην ανθοκομία ως υλικό ανάπτυξης ανθέων σε υδροπονικές καλλιέργειες (Maloupa E., Mitsios I. K. Et al., 1992).

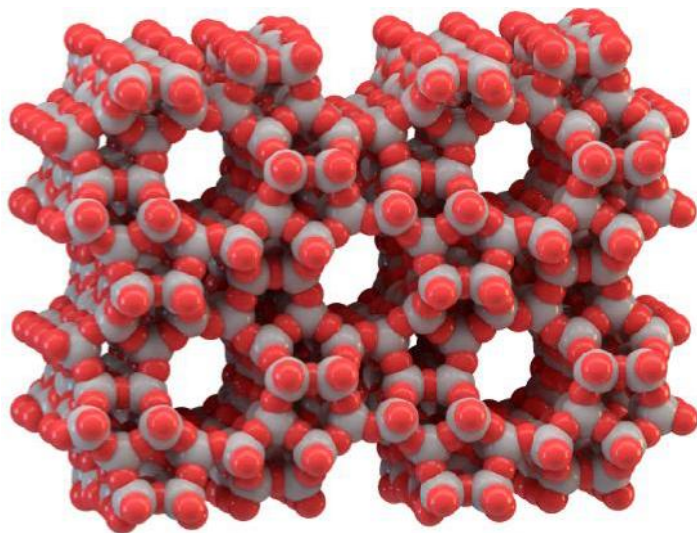


**Εικόνες 10.** Κλινοπτιλόλιθος (φυσικός Ζεόλιθος)

### 1.7.2. Ιδιότητες

Λόγω του ότι ο ζεόλιθος ανήκει στα μικροπορώδη στερεά, που είναι γνωστά ως «μοριακά κόσκινα», επιτρέπει τη διέλευση ουσιών με συγκεκριμένο μέγεθος, με αποτέλεσμα να ταξινομούνται σύμφωνα με το μέγεθός του. Το μέγιστο μέγεθος μιας ουσίας που μπορεί να διέλθει από το ζεόλιθο, εξαρτάται από τις αντίστοιχες διαστάσεις των πόρων του (Rouquerol J. et al, 1994).

Όσον αφορά στη δομή του, ο ζεόλιθος αποτελείται από περιοδικά επαναλαμβανόμενες ομάδες πυριτίου, που περιβάλλεται από τέσσερα άτομα οξυγόνου, σχηματίζοντας τετράεδρα. Σε ορισμένες από τις ομάδες πυριτίου, το πυρίτιο αντικαθίσταται από άτομα αργιλίου, τα οποία προκαλούν μία αρνητική φόρτιση του ορυκτού. Προκειμένου, λοιπόν, να επέλθει ισορροπία στο φορτίο



Εικόνα 11. Η μικροπορώδης μοριακή δομή του ζεόλιθου

του ζεόλιθου, προστίθενται σε αυτό ένα άτομο νατρίου (Βάρβογλης Α. και Βάρβογλης Χ., 2014). Τα ανασχηματισμένα, λοιπόν, τετράεδρα σχηματίζουν πόρους που δεν παρουσιάζουν πάντα συμμετρία, λόγω ποικίλων φαινομένων, όπως το σθένος που προκαλείται από τους δεσμούς ανάμεσα στις μονάδες ώστε να σχηματιστεί η συνολική δομή. Στους πόρους παγιδεύονται ένα ή περισσότερα μόρια νερού, συμβάλλοντας κατ' αυτό τον τρόπο στο σχηματισμό ένυδρων μορίων, με συγκεκριμένη αναλογία νερού.

Οι ζεόλιθοι, λόγω της πορώδους δομής τους, μοιάζουν με σφουγγάρια, αλλά τους χαρακτηρίζει η μηχανική τους αντοχή και η σκληρότητα όπως των ανόργανων υλών (Βάρβογλης Α. και Βάρβογλης Χ., 2014).

Στους ζεόλιθους, μπορεί να συμπεριλαμβάνεται πληθώρα κατιόντων, όπως νατρίου, καλίου, ασβεστίου, μαγνησίου και άλλων, τα οποία συγκρατούνται ασθενώς και μπορούν εύκολα να ανταλλαχθούν με το περιβάλλον διάλυμα.

### 1.7.3. Χρήσεις

Ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται εκτενώς ως υπόστρωμα ανταλλαγής ιόντων σε οικιακές και εμπορικές συσκευές καθαρισμού νερού και άλλων υλικών. Στον κλάδο της χημείας, η χρήση ζεόλιθου απαντάται σε διαδικασίες διαχωρισμού μορίων και ως «παγίδες» μορίων ώστε να επιτυγχάνεται η συλλογή και ανάλυσή τους. Επιπρόσθετα, ζεόλιθοι χρησιμοποιούνται για διαχωρισμό συγκεκριμένων αερίων, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) αλλά και υδρατμών από το φυσικό αέριο, λόγω της ακρίβειας διαχωρισμού.

Στα πλαίσια της συμπερίληψής του στη διατροφή των ανθρώπων, ο ζεόλιθος κρίνεται ιδιαίτερα ωφέλιμος λειτουργώντας ως ισχυρό αντιοξειδωτικό, καθώς συμβάλλει στην παύση της λειτουργίας των ελεύθερων ριζών και ταυτόχρονα βοηθά στην επαναφορά και ορθή λειτουργία των προβληματικών κυττάρων. Επίσης, συμβάλλει στην εξάλειψη των βαρέων μετάλλων, ιδίως του μολύβδου, του υδραργύρου, του καδμίου, του αρσενικού, του αλουμινίου, του κασσίτερου και του περίσσιου σιδήρου, χωρίς να επηρεάζει τα υγιή ιόντα και μέταλλα. Βοηθά τον οργανισμό να αποβάλλει από το σώμα τα ραδιενεργά μέταλλα, όπως του καϊσίου και στροντίου-90, τα φυτοφάρμακα, τα ζιζανιοκτόνα και πληθώρα άλλων τοξινών, όπως και ουσίες που ενοχοποιούνται για την εμφάνιση ποικίλων προβλημάτων υγείας.

Παράλληλα, ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται και στον κλάδο της ιατρικής, της οδοντιατρικής αλλά και της φαρμακολογίας. Κατά κύριο λόγο απαντάται σε μορφή σκόνης και χρησιμοποιείται ως στυπτικό και ως παράγοντας που προάγει την επούλωση των τραυμάτων στη γαστρεντερολογία, καθώς μειώνει αποτελεσματικά την οξύτητα του γαστρικού περιεχομένου. Χρησιμοποιείται, επίσης, στην παραγωγή φαρμάκων λόγω των αντιδιαρροϊκών και αντιχοληστερινεργικών ιδιοτήτων του, σε συσκευές αιμοκάθαρσης ως μέσο δέσμευσης της αμμωνίας και ποικίλων ακόμη τοξικών ουσιών που ενδέχεται να εντοπιστούν στο αίμα, αλλά και ως φίλτρο σε αναισθητικές συσκευές. Επιπλέον, μέσω προκλινικών μελετών αλλά και κλινικών ελέγχων σε ανθρώπους με ανοσοκαταστολή, προέκυψε πως η συμπληρωματική χορήγηση ζεόλιθου από το στόμα μπορεί να ενισχύσει τη θεραπεία πληθώρας διαταραχών λόγω ανοσοανεπάρκειας (Ivkovic S., Deutsch U., Silberbach A., Walgraph E., Mannel M., 2004).

Σύμφωνα με πραγματοποιηθείσες μελέτες σε πειραματόζωα που είχαν εμφανίσει καρκίνο, στο Τμήμα Μοριακής Ιατρικής στην Κροατία, η συνδυαστική χημειοθεραπεία με μικρονιζέ ζεόλιθο – ζεόλιθο του οποίου οι κόκκοι έχουν διάμετρο της τάξης μικρομέτρων – συντέλεσε στη βελτίωση της συνολικής κατάστασης της υγείας των πειραματόζωων,

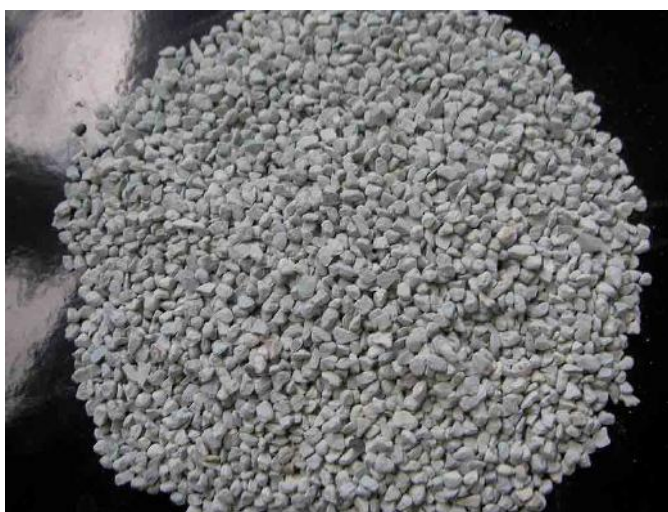


παράταση της διάρκειας ζωής και υπό περιπτώσεις μείωση του μεγέθους του όγκου (Zarkovic N., Zarkovic K., Krajl M., et al, 2003).

Επιπλέον, από υπάρχουσες μελέτες προκύπτει ότι ο ζεόλιθος απορροφά τις αφλατοξίνες (επικίνδυνες μυκοτοξίνες που προκαλούν σημαντικά προβλήματα υγείας) και βελτιώνει τη συνολική υγεία τόσο των ανθρώπων όσο και των ζώων. Έτσι, λόγω του γεγονότος ότι τα τελευταία χρόνια διακρίνεται μια παγκόσμια τάξη αύξησης της συχνότητας μόλυνσης των δημητριακών και των ζωοτροφών με μυκοτοξίνες, η προσθήκη προσροφητικών ουσιών, όπως είναι ο ζεόλιθος, χρησιμοποιούνται επιτυχώς ως πορώδη και κρυσταλλικά υλικά για τη δέσμευση και απομάκρυνση των μυκοτοξινών. Μάλιστα, ο ζεόλιθος αποτελεί εγκεκριμένο από την Ευρωπαϊκή Ένωση προϊόν ως πρόσθετο ζωοτροφών, για χρήση σε ορνιθοτροφικές αλλά και χοιροτροφικές μονάδες ως μέσο δέσμευσης των αφλατοξινών.

Συμπληρωματικά, υπάρχει πληθώρα δημοσιευμένων μελετών που αποδεικνύουν ότι συμπεριλαμβάνοντας φυσικούς ζεόλιθους στο διαιτολόγιο μόσχων, επιτεύχθηκε αξιοσημείωτη μείωση της σοβαρότητας και των επιπτώσεων της διάρροιας που είχαν εμφανίσει. Έτσι, λόγω των συγκεκριμένων ευρημάτων, πραγματοποιήθηκε έρευνα σε ανθρώπους με οξεία διάρροια χρησιμοποιώντας ζεόλιθο στην αντιδιαρροϊκή φαρμακευτική αγωγή που τους χορηγήθηκε ως θεραπεία (Rodrigues – Fuentes G. et al., 1997). Ακολούθως, λόγω των θετικών αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη μελέτη, ο ζεόλιθος εντάχθηκε σε αντιδιαρροϊκά φάρμακα που χορηγούνται σε ανθρώπους. Φυσικά, δε λείπει η χρήση ζεόλιθου από την οδοντιατρική επιστήμη, όπου απαντάται ως συστατικό σε σκευάσματα στίλβωσης των δοντιών, σε οδοντόπαστες φθορίου και στην παρασκευή οδοντιατρικών εμφρακτικών υλικών.

Εκτός αυτών, ο ζεόλιθος χρησιμοποιείται και στον τομέα της γεωργίας, όπου προτιμάται ως βελτιωτικό εδάφους λόγω των πλούσιων ιχνοστοιχείων που διαθέτει και της ικανότητάς του να συγκρατεί τα θρεπτικά συστατικά των φυτών, ιδιαίτερα την αμμωνία και το κάλιο, με αποτέλεσμα να μην παρασύρονται από τα νερά των βροχών και κατ' αυτόν τον τρόπο να μειώνονται οι ανάγκες για χρήση λιπασμάτων και τελικά να αυξάνεται η παραγωγή. Εκτός αυτών, ο ζεόλιθος

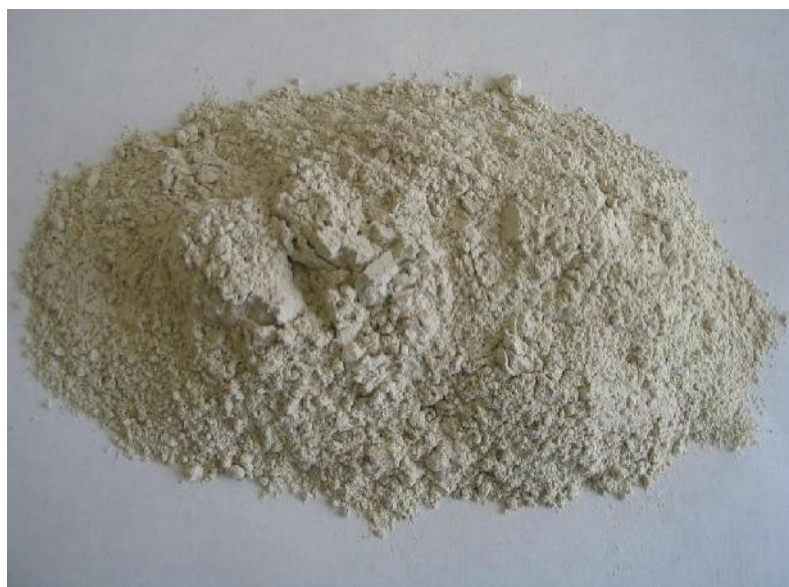


Εικόνα 12. Ζεόλιθος σε μορφή χάλικος

διαθέτει την αποδεδειγμένη ικανότητα ενός μηχανισμού βραδείας απελευθέρωσης θρεπτικών ουσιών στο ριζικό σύστημα, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό την ανάπτυξη των καλλιεργειών με ταυτόχρονη μείωση της απαιτούμενης ποσότητας λιπασμάτων. Αναντίρρητα, επιτυγχάνεται και μειωμένη ανάγκη για άρδευση, διότι τα ριζικά συστήματα και συγκεκριμένα τα ριζικά τριχίδια, αντλούν το νερό που χρειάζονται από τους ζεόλιθους, οι οποίοι, φυσικά, προστίθενται μία φορά, εφόσον δεν είναι αναλώσιμοι (Βάρβογλης Α. και Βάρβογλης Χ., 2014). Ο ζεόλιθος μπορεί να εφαρμοστεί σε υπαίθριες καλλιέργειες, σε νέα και υπάρχοντα δέντρα, σε θερμοκήπια, σε καλλιέργειες καλλωπιστικών αλλά και κηπευτικών φυτών και σε χλοοτάπητες ή γρασίδι.

Παράλληλα, μία εξίσου σημαντική εφαρμογή που γνωρίζει ο ζεόλιθος, απαντάται κατά του δάκου της ελιάς, όπου πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο σε προληπτικά πλαίσια. Η μέθοδος αυτή, του ψεκασμού με ζεόλιθο, επινοήθηκε παρατηρώντας ότι οι σκονισμένες ελιές δέχονται λιγότερες επιθέσεις από το δάκο. Είναι αποτελεσματική ως μέθοδος, διότι προφυλάσσει τον καρπό από το δάκο, από τα πρώιμα στάδια της ανάπτυξής του, διατηρώντας τον βρώσιμο, καθώς ο ζεόλιθος είναι φυσικό προϊόν και αποτρέπει τη ανάγκη για χρήση χημικών ουσιών. Κατά τη μέθοδο αυτή, ο ζεόλιθος εφαρμόζεται σε υγρή μορφή, παραμένοντας επί του καρπού δημιουργώντας μια προστατευτική ταινία που ενοχλεί και απωθεί το έντομο. Έτσι, προκύπτει ένας αποτελεσματικός και συνάμα οικονομικός τρόπος αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς, ο οποίος – φυσικά – επιτρέπεται να εφαρμοστεί και σε βιολογικές καλλιέργειες.

Στα πλαίσια της χρήσης του ζεόλιθου στη γεωργία, προκύπτει ακόμη μία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος εφαρμογή, η οποία είναι η αντιμετώπιση του παγετού. Η εν λόγω εφαρμογή, αν και δεν είναι ακόμη ευρέως γνωστή, κρίνεται τεράστιας σημασίας για τις καλλιέργειες στη χώρα μας. Ο τρόπος που λειτουργεί, έγκειται στο γεγονός ότι ο ζεόλιθος λειτουργεί ως μοριακό κόσκινο, το οποίο είναι υδρόφιλο και, συνεπώς, ικανό να απορροφήσει μεγάλες ποσότητες νερού, τις οποίες απελευθερώνει



**Εικόνα 13.** Ζεόλιθος σε μορφή σκόνης

βραδέως και σε μικρές ποσότητες. Έτσι, επιτρέπει μια εσωτερική διαχείριση των υδατικών

απαιτήσεων της καλλιέργειας, αποτρέποντας τη δημιουργία πάγου που είναι ιδιαίτερα καταστροφικός για τις καλλιέργειες. Σε συνδυασμό, λοιπόν, με την ενίσχυση του ριζικού συστήματος, αυξάνοντας την ανθεκτικότητα του φυτού και την παρουσία του στην επιφάνεια του εδάφους περιμετρικά των ριζών, ο ζεόλιθος, τελικά, συμβάλλει και στην προστασία των φυτών από τον παγετό. Μάλιστα, σημειώνεται πως με κατάλληλη και έγκαιρη εφαρμογή ζεόλιθου σε καλλιέργειες που είναι ευάλωτες σε έντονες και δυσχερείς κλιματικές συνθήκες, μπορεί να επιτευχθεί πλήρης προστασία από ενδεχόμενους παγετούς.

Επιπλέον, έχει αποδειχθεί μέσω ερευνών, πως μικρή ποσότητα ζεόλιθου στις ζωοτροφές ζώων (όπως βοοειδή, πουλερικά, αιγοπρόβατα, άλογα και χοίρους), μπορεί να συμβάλλει καταλυτικά στην ταχύτερη ανάπτυξή τους, την αύξηση της παραγωγής κρέατος, γάλακτος και γενικότερα των προϊόντων που μπορούν να παράγουν και συγχρόνως δρα ως μέσο προφύλαξης από ποικίλους επιβλαβείς παράγοντες. Άξιο αναφοράς είναι, βέβαια, ότι ο ζεόλιθος δρα με εντελώς φυσικό και ακίνδυνο τρόπο τόσο για τα ίδια τα ζώα, όσο και για τους ανθρώπους που επρόκειτο να καταναλώσουν τα προϊόντα που προέρχονται από αυτά.

#### 1.8. Σκοπός μελέτης

Λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερθέντα, γίνεται ξεκάθαρο το γεγονός ότι το εύρος των προσβολών που παρατηρείται στα αποθηκευμένα προϊόντα προκαλώντας εξαιρετικής σημασίας ποιοτική αλλά και ποσοτική υποβάθμιση, μπορεί να προκληθεί μέσω ποικίλων εχθρών αλλά και ασθενειών σε παγκόσμια κλίμακα.

Η παρούσα εργασία, αποτελεί μία προσπάθεια αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας του ζεόλιθου και της γης διατόμων κατά εντόμων αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων, αλλά και οι επιδράσεις του ζεόλιθου και της γης διατόμων στις ιδιότητες των εν λόγω προϊόντων. Συγκεκριμένα, σκοπός της μελέτης είναι να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα ζεόλιθων όπως ο *Zeoprofit* και γης διατόμων όπως είναι το σκεύασμα διατομίτη *Silico Sec*, κατά εντόμων αποθηκευμένων δημητριακών όπως είναι το *Sitophilus oryzae*, το *Rhyzopertha dominica* και το *Sitophilus granarius* μέσω βιοδοκιμών σε αποθηκευμένους σπόρους σκληρού σίτου. Επιπλέον, σκοπός της παρούσας μελέτης είναι και η αξιολόγηση των επιδράσεων ορισμένων ζεόλιθων, όπως ο *Zeoprofit* και γης διατόμων, όπως είναι το σκεύασμα διατομίτη *Silico Sec* στις ιδιότητες αποθηκευμένων σπόρων δημητριακών, όπως είναι ο σκληρός σίτος, το κριθάρι και ο αραβόσιτος, ελέγχοντας και διαφορετικές περιπτώσεις σχετικής υγρασίας του σπόρου.

## 2. Υλικά και μέθοδοι

Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή του πειράματος συμπεριλαμβανομένων των μεθόδων που ακολουθήθηκαν και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, είναι άξιο αναφοράς το γεγονός ότι συνολικά πραγματοποιήθηκαν τρεις κύκλοι πειραμάτων με διαφορετικές παραμέτρους.

### 2.1. Εντομοκτόνα

Στις βιοδοκιμές που διενεργήθηκαν, δοκιμάστηκαν διάφοροι τύποι γης διατόμων. Στον πρώτο πειραματικό κύκλο, χρησιμοποιήθηκε ζεόλιθος που διατέθηκε από την ελληνική εταιρία *Zeoprofit* σε κοκκομετρίες των 0-0.05 mm, 0-0.15 mm και 0-0.8 mm. Στο δεύτερο πειραματικό κύκλο, χρησιμοποιήθηκε ζεόλιθος ποικίλων προελεύσεων και κοκκομετριών, όπως και συνδυασμός ζεόλιθου με διατομίτη. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ζεόλιθος της εταιρίας *Zeoprofit* στις ίδιες κοκκομετρίες που χρησιμοποιήθηκαν και στον πρώτο πειραματικό κύκλο (0-0.05 mm, 0-0.15 mm και 0-0.8 mm), σλοβένικος ζεόλιθος, σέρβικος ζεόλιθος και δύο είδη αγνώστου προελεύσεως και κοκκομετρίας που μας παραχώρησε το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Τμήματός μας (Π.Θ.). Επίσης, χρησιμοποιήθηκε διατομίτης (*Silico Sec*) τόσο μόνος του όσο και σε συνδυασμό με ζεόλιθο.

### 2.2. Έντομα

Στις βιοδοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στον πρώτο και το δεύτερο πειραματικό κύκλο, χρησιμοποιήθηκαν τα είδη *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* και *Sitophilus granarius*, ενώ στον τρίτο κύκλο του πειράματος δε χρησιμοποιήθηκαν έντομα. Εκτροφές και των τριών προαναφερθέντων ειδών διατηρούνται στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στους  $25 \pm 1$  °C και σχετική υγρασία (Σ.Υ.)  $55 \pm 1$  % σε συνεχές σκότος. Για την εκτροφή και των τριών ειδών εντόμων, χρησιμοποιήθηκαν σπόροι σιταριού – κατά προτίμηση σκληρού. Όλες οι βιοδοκιμές πραγματοποιήθηκαν μόνο με ακμαία έντομα, από τις εκτροφές που δημιουργήθηκαν στο εργαστήριο όπως αναφέρθηκε νωρίτερα. Τα ακμαία που χρειάστηκαν, συλλέχθηκαν κατόπιν κοσκινίσματος του σκληρού σιταριού με κόσκινο 3mm, μετά τον ένα μήνα παρακολούθησης των εκτροφών, όπου διαχωρίστηκαν τα ακμαία από τα στάδια των ωών, των προνυμφών και της πλαγγόνας (pupae).

### 2.3. Σπόρος

Στο πρώτο και το δεύτερο πειραματικό μέρος, χρησιμοποιήθηκε σπόρος σκληρού σίτου από τις αποθήκες του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στο τρίτο πειραματικό μέρος, εκτός του σκληρού σίτου, χρησιμοποιήθηκαν και σπόροι αραβοσίτου και κριθαριού, επίσης από τις αποθήκες του εργαστηρίου.

### 2.4. Δοχεία και σκεύη

Τόσο στο πρώτο όσο και στο δεύτερο πειραματικό μέρος, χρησιμοποιήθηκαν ιταλικά γυάλινα δοχεία χωρητικότητας 500 ή 1000 ml (της εταιρίας Quattro stagioni) για τη δημιουργία των μητρικών συγκεντρώσεων με συγκεκριμένη αναλογία σπόρου ζεόλιθου ή/και διατομίτη και φιαλίδια, στα οποία τοποθετούνταν συγκεκριμένη ποσότητα σπόρου, στον οποίο είχε ήδη εφαρμοστεί ζεόλιθος στα μητρικά δοχεία. Τέλος, στα φιαλίδια συμπληρώνονταν συγκεκριμένο πλήθος και είδος εντόμων ανά περίπτωση για την ολοκλήρωση των βιοδοκιμών και την περάτωση του πειράματος. Στο τρίτο πειραματικό μέρος, χρησιμοποιήθηκαν μόνο γυάλινα δοχεία χωρητικότητας 500 ή 1000 ml ως μητρικά, στα οποία προστέθηκε συγκεκριμένη ποσότητα ζεόλιθου και ανάλογη ποσότητα σπόρου για να μελετηθούν τα ειδικά βάρη.

### 2.5. Βιοδοκιμές

#### 2.5.1. Πρώτη σειρά βιοδοκιμών – πρώτο πειραματικό μέρος

Στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών που πραγματοποιήσαμε, σκοπός ήταν η αποτίμηση της εντομοκτόνου ισχύος τριών διαφορετικών μεγεθών (κοκκομετριών) ζεόλιθου σε σκόνη, σε τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις, με ή χωρίς ξήρανση του ζεόλιθου, εφαρμόζοντάς τον σε σκληρό σιτάρι έναντι τριών εντόμων αποθηκών.

Η διαδικασία του πειράματος είχε ως αφετηρία τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας του σπόρου, χρησιμοποιώντας ανάλογη συσκευή (Multitest moisture meter). Στη συνέχεια, 500 mg από κάθε έναν από τα είδη ζεόλιθου που χρησιμοποιήθηκαν, ξηράθηκαν στο φούρνο στους 100 °C για μία ώρα, καθώς σε ορισμένες από τις μεταχειρίσεις χρειαζόμασταν «ξηρό» ζεόλιθο. Αφού γεμίσαμε τα γυάλινα δοχεία των 500ml με 300 g σπόρου σκληρού σίτου με τη βοήθεια σέσουλας και του εργαστηριακού ζυγού, προσθέσαμε 30, 150 ή 300 mg ζεόλιθου σε ξηρή ή υγρή (όπως ήταν η σκόνη στην κάθε συσκευασία, χωρίς ξήρανση) μορφή, ζυγίζοντας την ποσότητα του ζεόλιθου με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας (Presica 40SM-200A, Swiss made) ώστε να προκύψουν μητρικά δοχεία με 100, 500 και 1000 ppm ζεόλιθου αντίστοιχα.



Εικόνα 14. Γέμισμα των μητρικών δοχείων με σπόρο



Εικόνα 15. Ζύγιση της απαραίτητης ποσότητας ζεόλιθου



**Εικόνα 16.** Γέμισμα των φιαλιδίων με σπόρο που έχει αναμιχθεί με ζεόλιθο

Μάλιστα, προκειμένου να είναι με όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφο τρόπο κατανεμημένος ο ζεόλιθος μεταξύ των σπόρων στα μητρικά δοχεία, μετά την προσθήκη της ανάλογης ποσότητας ζεόλιθου σε κάθε δοχείο, πραγματοποιήσαμε ανακίνηση του κάθε δοχείου για χρονικό διάστημα ενός περίπου λεπτού. Από τα μητρικά δοχεία, μεταφέραμε 20 g σπόρου με ζεόλιθο – ή χωρίς για τα δοχεία μάρτυρες – σε κάθε φιαλίδιο, τα οποία είχαμε φροντίσει να έχουν ήδη οπές αερισμού στο καπάκι και στη συνέχεια τοποθετήσαμε σε κάθε φιαλίδιο και 20 έντομα (ακμαία) με τη βοήθεια μικρού πινέλου και προσθέσαμε την ανάλογη ετικέτα περιμετρικά του κάθε φιαλιδίου, ώστε να καθίσταται ευκολότερη η κατανομή τους καταλήγοντας στους θαλάμους εκκόλαψης με 25 °C, 55% σχετική υγρασία και συνεχόμενο σκότος. Ακολούθησαν μετρήσεις και καταγραφή της θνησιμότητας για κάθε ένα από τα 177 φιαλίδια, την 3<sup>η</sup>, την 7<sup>η</sup>, τη 14<sup>η</sup> και την 21<sup>η</sup> ημέρα μετά την είσοδό τους στους θαλάμους εκκόλαψης, συνοδευόμενες από την απομάκρυνση των νεκρών ατόμων από τα φιαλίδια. Μετά την τελευταία μέτρηση, δηλαδή αυτή της 21<sup>ης</sup> ημέρας μετά την είσοδο στους θαλάμους εκκόλαψης, απομακρύνθηκαν όλα τα άτομα από τα φιαλίδια – νεκρά και μη – και επανατοποθετήθηκαν στους θαλάμους εκκόλαψης για ένα επιπρόσθετο διάστημα διάρκειας

65 ημερών με όμοιες συνθήκες και με το πέρας του εν λόγω χρονικού διαστήματος μετρήθηκαν και καταγράφηκαν οι απόγονοι που πλέον υπήρχαν εντός των φιαλίδια.

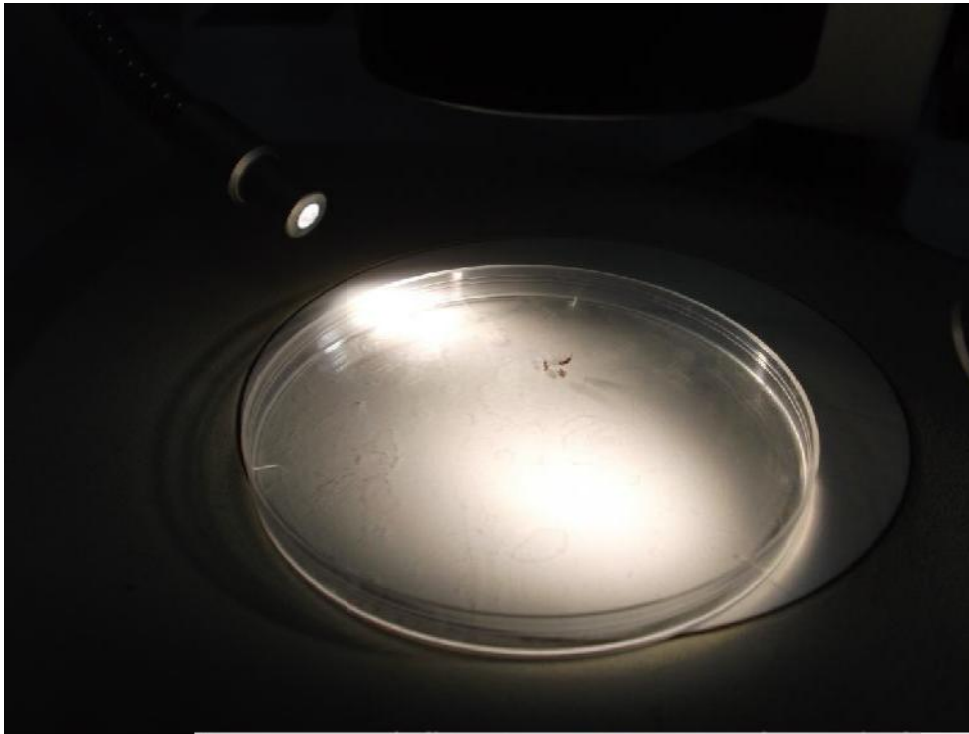
#### 2.5.2. Δεύτερη σειρά βιοδοκιμών – δεύτερο πειραματικό μέρος

Στη δεύτερη σειρά βιοδοκιμών που πραγματοποιήσαμε, σκοπός ήταν η αποτίμηση της εντομοκτόνου ισχύος επτά διαφορετικών ζεόλιθων σε μορφή σκόνης, εκ των οποίων τρεις ζεόλιθοι ήταν της εταιρίας *Zeoprofit*, σε κοκκομετρίες των 0-0.05 mm, 0-0.15 mm και 0-0.8 mm, δύο διαφορετικής αλλά αγνώστου κοκκομετρίας ζεόλιθοι που προμηθευτήκαμε από το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Τμήματος, ένας σλοβένικος και ένας σέρβικος ζεόλιθος. Οι εν λόγω ζεόλιθοι εφαρμόστηκαν σε σκληρό σιτάρι στις συγκεντρώσεις των 1000 και 2000 ppm σε 3 διαφορετικά είδη εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων με 3 επαναλήψεις ανά μεταχείριση. Κατ' εξαίρεση, στη δεύτερη σειρά βιοδοκιμών, ο ζεόλιθος *Zeoprofit* κοκκομετρίας 0-0.05 mm εφαρμόστηκε και στη συγκέντρωση των 500 ppm, ενώ στην ίδια συγκέντρωση εφαρμόστηκε και ο διατομίτης *Silico Sec*. Επιπλέον, εφαρμόστηκε και συνδυασμός των δύο τελευταίων σε συγκέντρωση 1000 ppm (500 ppm *Zeoprofit* 0-0.05mm και 500 ppm διατομίτη *Silico Sec*).

Η διαδικασία του πειράματος είχε ως αφετηρία τη μέτρηση της σχετικής υγρασίας του σπόρου, η οποία σημειώθηκε στο 13% χρησιμοποιώντας τη συσκευή 'Multitest moisture meter'. Σημειώνεται πως στο δεύτερο πειραματικό μέρος όλοι οι ζεόλιθοι χρησιμοποιήθηκαν την αρχική τους μορφή και χωρίς να υποστούν οποιοδήποτε είδους επεξεργασία. Αφού γεμίσαμε τα γυάλινα δοχεία των 500ml με 200 g σπόρου σκληρού σίτου με τη βοήθεια σέσουλας και του εργαστηριακού ζυγού, προσθέσαμε 100, 200 ή 400 mg ζεόλιθου, ζυγίζοντας την ποσότητα του ζεόλιθου με τη βοήθεια ζυγού ακριβείας ώστε να προκύψουν μητρικά δοχεία με 500, 1000 και 2000 ppm ζεόλιθου αντίστοιχα. Μάλιστα, προκειμένου να είναι με όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφο τρόπο κατανεμημένος ο ζεόλιθος μεταξύ των σπόρων στα μητρικά δοχεία, μετά την προσθήκη της ανάλογης ποσότητας ζεόλιθου σε κάθε δοχείο, πραγματοποιήσαμε ανακίνηση του κάθε δοχείου για χρονικό διάστημα ενός περίπου λεπτού. Από τα μητρικά δοχεία, μεταφέραμε 20 g σπόρου με ζεόλιθο – ή χωρίς για τα δοχεία μάρτυρες – σε κάθε φιαλίδιο, τα οποία είχαμε φροντίσει να έχουν ήδη οπές αερισμού στο καπάκι και στη συνέχεια τοποθετήσαμε σε κάθε φιαλίδιο και 20 έντομα (ακμαία) με τη βοήθεια μικρού πινέλου και προσθέσαμε την ανάλογη ετικέτα περιμετρικά του κάθε φιαλίδιο, ώστε να καθίσταται ευκολότερη η κατανομή και η μετέπειτα λήψη και καταγραφή των μετρήσεων, ώστε να καταλήξουν στους θαλάμους εκκόλαψης με 25 °C, 55% σχετική υγρασία και συνεχόμενο σκότος. Ακολούθησαν μετρήσεις και καταγραφή της θνησιμότητας για κάθε ένα από τα 153 φιαλίδια, την 3<sup>η</sup>, την 7<sup>η</sup>, τη 14<sup>η</sup> και την 21<sup>η</sup> ημέρα μετά την είσοδό τους



στους θαλάμους εκκόλαψης, συνοδευόμενες από την απομάκρυνση των νεκρών ατόμων από τα φιαλίδια. Μετά την τελευταία μέτρηση, δηλαδή αυτή της 21<sup>ης</sup> ημέρας μετά την είσοδο στους θαλάμους εκκόλαψης, απομακρύνθηκαν όλα τα άτομα από τα φιαλίδια – νεκρά και μη – και επανατοποθετήθηκαν στους θαλάμους εκκόλαψης για ένα επιπρόσθετο διάστημα διάρκειας 65 ημερών με όμοιες συνθήκες και με το πέρας του εν λόγω χρονικού διαστήματος μετρήθηκαν και καταγράφηκαν οι απόγονοι που πλέον υπήρχαν εντός των φιαλίδων.



**Εικόνες 17-18.** Επιβεβαίωση θνησιμότητας ακμαίων *S. oryzae* μέσω στερεοσκοπίου



**Εικόνα 19.** Επιβεβαίωση θνησιμότητας ακμαίων *R. dominica* μέσω στερεοσκοπίου



**Εικόνα 20.** Επιβεβαίωση θνησιμότητας ακμαίων *R. dominica* μέσω στερεοσκοπίου

### 2.5.3. Μελέτη ειδικού βάρους – τρίτο πειραματικό μέρος

Στο τρίτο πειραματικό μέρος, ουσιαστικά πραγματοποιήθηκαν δύο επιμέρους πειράματα. Απώτερος σκοπός του πρώτου επιμέρους πειράματος ήταν η αποτίμηση της επίδρασης διαφορετικών τύπων και δοσολογιών ζεόλιθου στο ειδικό βάρος σπόρων σκληρού σίτου, κριθαριού και αραβοσίτου ενώ στο δεύτερο επιμέρους πείραμα, χρησιμοποιήσαμε εξ ολοκλήρου σπόρους αραβοσίτου, που, όμως, μελετήσαμε σε 2 διαφορετικά ποσοστά υγρασίας.

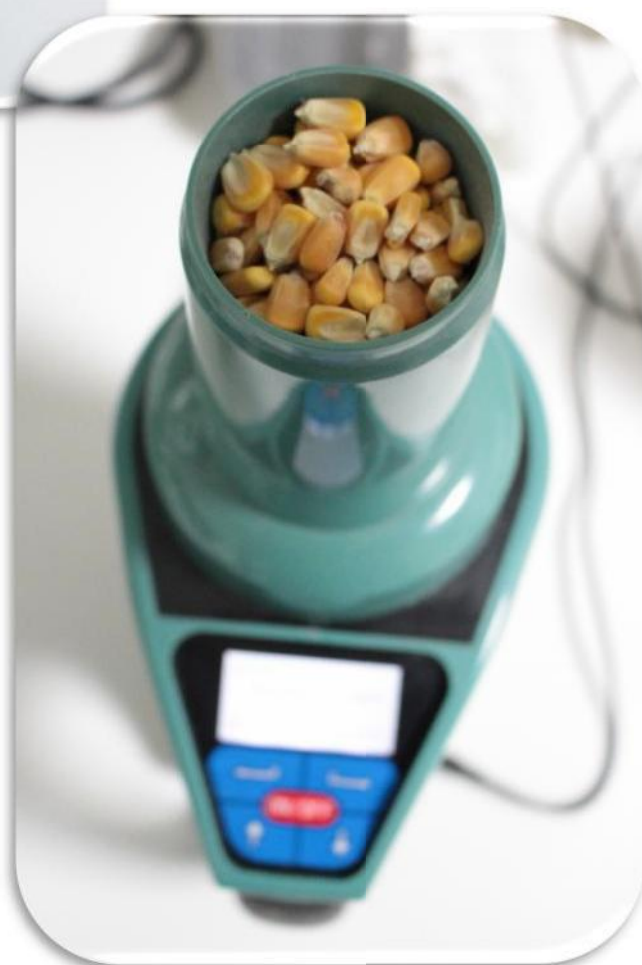
Στα πλαίσια της διαδικασίας του πρώτου επιμέρους πειράματος, αρχικά κοσκινίσαμε την απαραίτητη για τις ανάγκες του πειράματος ποσότητα σπόρου σκληρού σίτου, κριθαριού και αραβοσίτου με τη βοήθεια εργαστηριακού κόσκινου, η οποία ήταν ακριβώς 2,5 kg για κάθε δημητριακό. Στη συνέχεια, ρυθμίσαμε την υγρασία (mc) και των τριών ειδών σπόρου σε 13%, με ξήρανση ή προσθήκη νερού με κατάβρεξη αντίστοιχα κατά περίπτωση και έλεγχο με τη συσκευή 'Multitest moisture meter'. Για τη δημιουργία των μητρικών δοχείων, χρησιμοποιήσαμε γυάλινα δοχεία 1L, στα οποία προσθέσαμε 500 g σπόρου σκληρού σίτου, κριθαριού ή αραβοσίτου και αντίστοιχη ποσότητα ζεόλιθου ή γης διατόμων. Αξίζει, να αναφερθεί στο σημείο αυτό, το γεγονός ότι στο πρώτο επιμέρους πείραμα του τρίτου πειραματικού μέρους, Κατόπιν ανακίνησης για χρονικό διάστημα ενός λεπτού, επαναλάβαμε τη μέτρηση ειδικού βάρους 10 φορές για κάθε μητρικό δοχείο. Με το πέρας 30 λεπτών επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση ειδικού βάρους 10 φορές για κάθε μητρικό δοχείο. Η ίδια διαδικασία (ανακίνησης και μέτρησης) επαναλήφθηκε 10 φορές μετά από 7 και 28 ημέρες. Σημειώνεται ότι οι συνθήκες που επικρατούσαν στο θάλαμο που τοποθετούνταν τα δοχεία στα ενδιάμεσα των μετρήσεων χρονικά διαστήματα, ήταν 25 °C, 55% σχετική υγρασία (RH) και συνεχόμενο σκότος (0h φωτοπερίοδου).

Στα πλαίσια της διαδικασίας του δεύτερου επιμέρους πειράματος, αρχικά κοσκινίσαμε την απαραίτητη για τις ανάγκες του πειράματος ποσότητα σπόρου αραβοσίτου με τη βοήθεια εργαστηριακού κόσκινου, η οποία ήταν ακριβώς 6 kg. Στη συνέχεια, ρυθμίσαμε την υγρασία (mc) των απαιτούμενων, κατά περίπτωση, ποσοτήτων σπόρου σε 13% και 15%, με ξήρανση ή προσθήκη νερού με κατάβρεξη αντίστοιχα κατά περίπτωση και έλεγχο με τη συσκευή 'Multitest moisture meter'. Για τη δημιουργία των μητρικών δοχείων, χρησιμοποιήσαμε γυάλινα δοχεία 1L, στα οποία προσθέσαμε 500 g σπόρου αραβοσίτου και αντίστοιχη ποσότητα ζεόλιθου ή γης διατόμων. Κατόπιν ανακίνησης για χρονικό διάστημα ενός λεπτού, επαναλάβαμε τη μέτρηση ειδικού βάρους 10 φορές για κάθε μητρικό δοχείο. Με το πέρας 30 λεπτών επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση ειδικού βάρους 10 φορές για κάθε μητρικό δοχείο. Η ίδια διαδικασία (ανακίνησης και μέτρησης) επαναλήφθηκε 10 φορές μετά από 7 και 28 ημέρες. Σημειώνεται ότι οι συνθήκες που επικρατούσαν στο θάλαμο που τοποθετούνταν τα

δοχεία στα ενδιάμεσα των μετρήσεων χρονικά διαστήματα, ήταν 25 °C, 55% σχετική υγρασία (RH) και συνεχόμενο σκότος (0h φωτοπερίοδου).



**Εικόνα 21** (αριστερά). Κατά τη διαδικασία μέτρησης ειδικού βάρους



**Εικόνα 22** (δεξιά). Μέτρηση ειδικού βάρους με τη συσκευή "Multitest moisture meter"

## 2.6. Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού “JMP” (Sall et al., 2001).

Στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών, αναλύθηκε η θνησιμότητα των ακμαίων για κάθε ένα από τα τρία είδη που συμμετείχαν στις βιοδοκιμές (*S. oryzae*, *R. dominica*, *S. granarius*) μέσω της διαδικασίας των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (MANOVA – Fit με Wilk’s Lambda) με βάση τους κύριους παράγοντες που ήταν η δόση, η κοκκομετρία και ο τύπος (υγρός ή ξηρός) του ζεόλιθου ανά περίπτωση και τη θνησιμότητα σε σχέση με το χρόνο (άμεση ή έμμεση) ως επαναλαμβανόμενη μεταβλητή. Επιπλέον, αναλύθηκαν τα επίπεδα απογόνων μετά την 65<sup>η</sup> ημέρα (λήξης των μετρήσεων θνησιμότητας) μέσω της διαδικασίας ανάλυσης διασποράς (Oneway Anova), βάσει του είδους ζεόλιθου, του τύπου του (υγρός ή ξηρός) και της δόσης.

Στη δεύτερη σειρά βιοδοκιμών, αναλύθηκε, ομοίως με την πρώτη σειρά βιοδοκιμών, η θνησιμότητα των ακμαίων για κάθε ένα εκ των τριών ειδών εντόμων που συμμετείχαν στις βιοδοκιμές μέσω της διαδικασίας των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, με ειδοποιό διαφορά, όμως, το γεγονός ότι κύριο παράγοντα αποτελούσε μόνο το είδος του ζεόλιθου. Επαναλαμβανόμενη μεταβλητή στην ανάλυση της δεύτερης σειράς βιοδοκιμών αποτελούσε, ομοίως με της πρώτης, η θνησιμότητα σε σχέση με το χρόνο.

Στο τρίτο πειραματικό μέρος, τα αποτελέσματα αναλύθηκαν μέσω της διαδικασίας ανάλυσης διασποράς (Oneway Anova) για κύριες επιρροές και αλληλεπιδράσεις.

Οι μέσοι όροι στις αναλύσεις των δύο πρώτων πειραματικών κύκλων διαχωρίστηκαν με το Tukey-Kramer HSD test σε 0,05 (Sokal and Rolf, 1995), ενώ οι αντίστοιχοι μέσοι όροι του τρίτου πειραματικού κύκλου, διαχωρίστηκαν με τη μέθοδο της Έντιμης Σημαντικής Διαφοράς (Tukey HSD test) σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (Zar, 1999).

### 3. Αποτελέσματα

#### 3.1. Αποτελέσματα πρώτης σειράς βιοδοκιμών

Βάσει της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για τις περιπτώσεις των *S. oryzae* και *R. dominica*, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ζεόλιθων, ενώ η δόση δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντικός παράγοντας (Πίνακας 1). Μάλιστα, μόνο στην περίπτωση του *S. oryzae*, στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα παρουσίασε ο παράγοντας της υγρασιακής κατάστασης των ζεόλιθων που χρησιμοποιήθηκαν (Υγροί/Ξηροί), όπως επίσης και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της δόσης και της υγρασιακής κατάστασης των ζεόλιθων και μεταξύ των ζεόλιθων, της δόσης και της υγρασιακής κατάστασης των ζεόλιθων. Αντιθέτως, για το *S. granarius*, τόσο οι ζεόλιθοι όσο και οι δόσεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν, δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Επίσης, ο παράγοντας «χρόνος» αποδείχθηκε ότι δεν προκαλεί στατιστικώς σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα. Ωστόσο, μέσω των αποτελεσμάτων στα πλαίσια παρακολούθησης των πληθυσμών απογόνων, μετά την 65<sup>η</sup> ημέρα, όσο αφορά στο είδος *R. dominica* ήταν ολοφάνερο πως ενώ ο παράγοντας «ζεόλιθοι», όπως και οι αντίστοιχοι παράγοντες «συγκέντρωση» και «τύπος ζεόλιθου» δεν κρίθηκαν στατιστικά σημαντικοί, μεταξύ των διαφορετικών κοκκομετριών που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Αντίθετα, στα *S. oryzae* και *S. granarius*, οι παράγοντες «συγκέντρωση», «τύπος ζεόλιθου» αλλά και ο συνδυασμός των παραγόντων αυτών δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα, ενώ ο παράγοντας «ζεόλιθος» ήταν στατιστικά σημαντικός.

Στην περίπτωση του *S. oryzae*, στα 100 ppm, παρόλο που βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στις 14 ημέρες, η θνησιμότητα ήταν γενικά χαμηλή και δεν ξεπέρασε το 42% (Πίνακας 2). Ομοίως, παρατηρήθηκε πως η θνησιμότητα κυμάνθηκε σε αρκετά χαμηλά επίπεδα και στις υπόλοιπες συγκεντρώσεις (500 και 1000 ppm) ακόμη και την 21<sup>η</sup> ημέρα μετά την εφαρμογή του ζεόλιθου, με μέγιστη τιμή το 47%.

Στην περίπτωση του *R. dominica*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (υγρασιακής κατάστασης ζεόλιθου και κοκκομετρίας) μόνο στη συγκέντρωση των 1000 ppm και συγκεκριμένα την 3<sup>η</sup>, τη 14<sup>η</sup> και την 21<sup>η</sup> ημέρα μετά την εφαρμογή του ζεόλιθου. Ωστόσο, η θνησιμότητα κυμάνθηκε σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα, με μέγιστη τιμή το 18%.

Στην περίπτωση του *S. granarius*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (υγρασιακής κατάστασης ζεόλιθου και κοκκομετρίας) μόνο στη συγκέντρωση των 500 ppm και συγκεκριμένα την 3<sup>η</sup> και την 7<sup>η</sup>

ημέρα μετά την εφαρμογή του ζεόλιθου. Παρόλα αυτά, είναι άξιο αναφοράς το γεγονός ότι η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 13%.

Επιπρόσθετα, παρατηρήσαμε πως στους μάρτυρες (control) βρέθηκαν σημαντικά περισσότερα ακμαία σε όλα τα είδη εντόμων που συμμετείχαν στο πείραμα και συνεπώς η θνησιμότητα παρέμεινε σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα, καθώς δεν ξεπέρασε το 2% στα *R. dominica* και *S. granarius* και το 26% που ήταν το μέγιστο ποσοστό θνησιμότητας στο *S. oryzae* (Διάγραμμα 2). Παρόλα αυτά, η παραγωγή απογόνων κρίθηκε υψηλή και κυμάνθηκε από 23 έως 64 ακμαία στο *R. dominica* (Διάγραμμα 3), από 23 έως 94 ακμαία στο *S. granarius* (Διάγραμμα 4), και από 63 έως 101 ακμαία στο *S. oryzae* (Διάγραμμα 2).

**Πίνακας 1.** Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για τα *S. oryzae*, *R. dominica*, *S. granarius*.

Παράμετροι	<i>S. oryzae</i>			<i>R. dominica</i>		<i>S. granarius</i>	
	DF	F	P	F	P	F	P
Μεταξύ μεταβλητών	17	5,03	<,0001	1,70	0,0868	1,14	0,3556
Τιμή αποκοπής	1	298,38	<,0001	51,60	<,0001	51,36	<,0001
Ζεόλιθοι	2	19,46	<,0001	6,19	<b>0,0049</b>	1,16	0,3223
Δόσεις	2	0,11	0,8936	0,70	0,4990	1,49	0,2381
Ζεόλιθοι * Δόσεις	4	0,54	0,7058	1,20	0,3259	0,62	0,6483
Υγροί/Ξηροί	1	6,68	<b>0,0139</b>	0,33	0,5691	3,46	0,0707
Ζεόλιθοι * Υγροί/Ξηροί	2	1,76	0,1861	0,19	0,8256	2,76	0,0766
Δόση * Υγροί/Ξηροί	2	7,70	<b>0,0016</b>	0,04	0,9530	0,06	0,9354
Ζεόλιθοι * Δόση * Υγροί/Ξηροί	4	4,64	<b>0,0040</b>	2,40	0,0672	0,62	0,6505

**Πίνακας 2.** Μέση θνησιμότητα (% ± Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων *S. oryzae* μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι. (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

Ζεόλιθος	Ημέρες έκθεσης			
	3	7	14	21
<b>100 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	3,3 ± 1,6	6,6 ± 3,3	21,6 ± 1,6 A	41,6 ± 4,4
Zeoprofit 0,05 Wet	3,3 ± 3,3	3,3 ± 3,3	10,0 ± 2,8 B	25,0 ± 2,8
Zeoprofit 0,15 Dry	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	1,6 ± 1,6 C	25,0 ± 10,0
Zeoprofit 0,15 Wet	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 C	18,3 ± 4,4
Zeoprofit 0,8 Dry	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 C	11,6 ± 6,0
Zeoprofit 0,8 Wet	1,6 ± 1,6	5,0 ± 2,8	16,6 ± 1,6 AB	30,0 ± 7,6
<b>500 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	3,3 ± 1,6	10,0 ± 2,8 A	11,6 ± 4,4	35,0 ± 2,8
Zeoprofit 0,05 Wet	1,6 ± 1,6	5,0 ± 2,8 AB	16,6 ± 6,0	33,3 ± 6,6
Zeoprofit 0,15 Dry	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 B	3,3 ± 3,3	33,3 ± 6,0
Zeoprofit 0,15 Wet	1,6 ± 1,6	1,6 ± 1,6 AB	1,6 ± 1,6	28,3 ± 4,4
Zeoprofit 0,8 Dry	1,6 ± 1,6	3,3 ± 1,6 AB	3,3 ± 1,6	18,3 ± 1,6
Zeoprofit 0,8 Wet	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0 B	8,3 ± 3,3	18,3 ± 1,6
<b>1000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	1,6 ± 1,6 AB	1,6 ± 1,6 B	3,3 ± 3,3 BC	21,6 ± 4,4 AB
Zeoprofit 0,05 Wet	6,6 ± 1,6 A	20,0 ± 0,0 A	20,0 ± 0,0 A	46,6 ± 1,6 A
Zeoprofit 0,15 Dry	0,0 ± 0,0 B	0,0 ± 0,0 B	0,0 ± 0,0 C	21,6 ± 6,6 AB
Zeoprofit 0,15 Wet	1,6 ± 1,6 AB	5,0 ± 2,8 B	6,6 ± 1,6 BC	26,6 ± 9,2 AB
Zeoprofit 0,8 Dry	0,0 ± 0,0 B	0,0 ± 0,0 B	1,6 ± 1,6 BC	11,6 ± 6,6 B
Zeoprofit 0,8 Wet	3,3 ± 1,6 AB	6,6 ± 4,4 B	10,0 ± 2,8 B	20,0 ± 5,0 AB

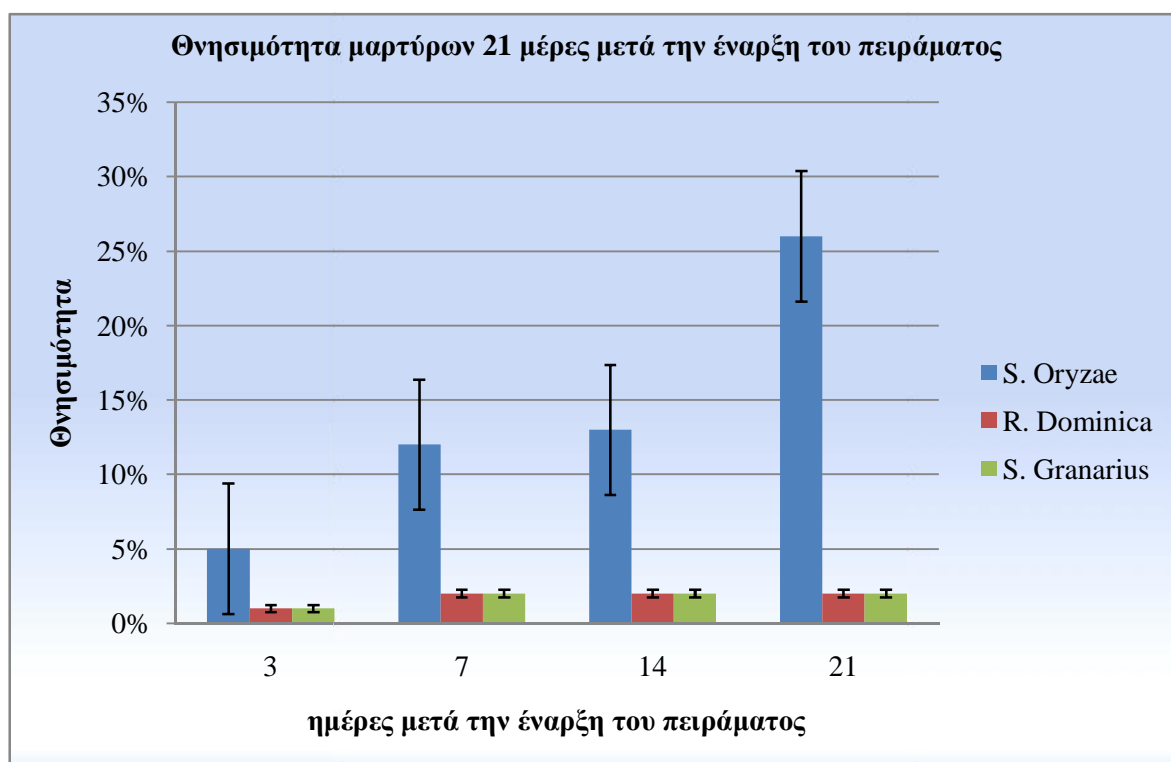


**Πίνακας 3.** Μέση θνησιμότητα (%  $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων *R. dominica* μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι. (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

Ζεόλιθος	Ημέρες έκθεσης			
	3	7	14	21
<b>100 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	5,0 $\pm$ 2,8	5,0 $\pm$ 2,8	5,0 $\pm$ 2,8	6,6 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,05 Wet	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,15 Dry	3,3 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,15 Wet	6,6 $\pm$ 4,4	6,6 $\pm$ 4,4	6,6 $\pm$ 4,4	10,0 $\pm$ 5,0
Zeoprofit 0,8 Dry	0,0 $\pm$ 0,0	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,8 Wet	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	1,6 $\pm$ 1,6
<b>500 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 3,3
Zeoprofit 0,05 Wet	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0
Zeoprofit 0,15 Dry	1,6 $\pm$ 1,6	5,0 $\pm$ 0,0	6,6 $\pm$ 1,6	6,6 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,15 Wet	3,3 $\pm$ 3,3	5,0 $\pm$ 2,8	5,0 $\pm$ 2,8	8,3 $\pm$ 4,4
Zeoprofit 0,8 Dry	1,6 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 3,3	3,3 $\pm$ 3,3	3,3 $\pm$ 3,3
Zeoprofit 0,8 Wet	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6
<b>1000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	3,3 $\pm$ 1,3 AB	3,3 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6 AB	3,3 $\pm$ 1,6 BC
Zeoprofit 0,05 Wet	0,0 $\pm$ 0,0 B	3,3 $\pm$ 1,6	11,6 $\pm$ 3,3 A	18,3 $\pm$ 1,6 A
Zeoprofit 0,15 Dry	6,6 $\pm$ 1,6 A	6,6 $\pm$ 1,6	10,5 $\pm$ 2,8 AB	10,0 $\pm$ 2,8 AB
Zeoprofit 0,15 Wet	3,3 $\pm$ 1,6 AB	3,3 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6 AB	5,0 $\pm$ 2,8 BC
Zeoprofit 0,8 Dry	1,6 $\pm$ 1,6 AB	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6 AB	1,6 $\pm$ 1,6 BC
Zeoprofit 0,8 Wet	0,0 $\pm$ 0,0 B	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0 B	0,0 $\pm$ 0,0 C

**Πίνακας 4.** Μέση θνησιμότητα (%  $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων *S. granarius* μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι. (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

Ζεόλιθος	Ημέρες έκθεσης			
	3	7	14	21
<b>100 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	3,3 $\pm$ 3,3	3,3 $\pm$ 3,3	5,0 $\pm$ 2,8	5,0 $\pm$ 2,8
Zeoprofit 0,05 Wet	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	1,6 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,15 Dry	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	6,6 $\pm$ 3,3
Zeoprofit 0,15 Wet	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,8 Dry	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	5,0 $\pm$ 2,8
Zeoprofit 0,8 Wet	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 3,3	3,3 $\pm$ 3,3
<b>500 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	6,6 $\pm$ 1,6 A	6,6 $\pm$ 1,6 A	6,6 $\pm$ 1,6	11,6 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,05 Wet	0,0 $\pm$ 0,0 B	0,0 $\pm$ 0,0 B	0,0 $\pm$ 0,0	6,6 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,15 Dry	0,0 $\pm$ 0,0 B	0,0 $\pm$ 0,0 B	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,15 Wet	1,6 $\pm$ 1,6 B	1,6 $\pm$ 1,6 AB	1,6 $\pm$ 1,6	8,3 $\pm$ 3,3
Zeoprofit 0,8 Dry	0,0 $\pm$ 0,0 B	1,6 $\pm$ 1,6 AB	3,3 $\pm$ 3,3	6,6 $\pm$ 4,4
Zeoprofit 0,8 Wet	0,0 $\pm$ 0,0 B	0,0 $\pm$ 0,0 B	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6
<b>1000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05 Dry	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 3,3	13,3 $\pm$ 7,2
Zeoprofit 0,05 Wet	0,0 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 3,3	5,0 $\pm$ 2,8	5,0 $\pm$ 2,8
Zeoprofit 0,15 Dry	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	1,6 $\pm$ 1,6	6,6 $\pm$ 4,4
Zeoprofit 0,15 Wet	0,0 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6	3,3 $\pm$ 1,6
Zeoprofit 0,8 Dry	0,0 $\pm$ 0,0	5,0 $\pm$ 0,0	6,6 $\pm$ 1,6	10,0 $\pm$ 2,8
Zeoprofit 0,8 Wet	0,0 $\pm$ 0,0	0,0 $\pm$ 0,0	6,6 $\pm$ 3,3	8,3 $\pm$ 1,6



**Διάγραμμα 1.** Θνησιμότητα (%) των ακμαίων όλων των ειδών στους μάρτυρες (χωρίς ζεόλιθο), στις 3, 7, 14 και 21 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος.

**Πίνακας 5.** Μέσος πληθυσμός απογόνων (% ± Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)), 65 ημέρες αφέτου αφαιρέθηκαν τα ακμαία από τα φιαλίδια, ανά ζεόλιθο (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

Ζεόλιθος	Πλήθος		
	<i>S. oryzae</i>	<i>R. dominica</i>	<i>S. granarius</i>
Zeoprofit 0,05	81,5 ± 17,5 AB	42,8 ± 23,4	42,8 ± 23,4
Zeoprofit 0,15	71,9 ± 10,2 B	42,3 ± 12,4	42,3 ± 12,4
Zeoprofit 0,8	88,0 ± 12,6 A	47,1 ± 12,9	47,1 ± 12,9

**Πίνακας 6.** Μέσος πληθυσμός απογόνων (% ± Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)), 65 ημέρες αφέτου αφαιρέθηκαν τα ακμαία από τα φιαλίδια, ανά υγρασιακό τύπο (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

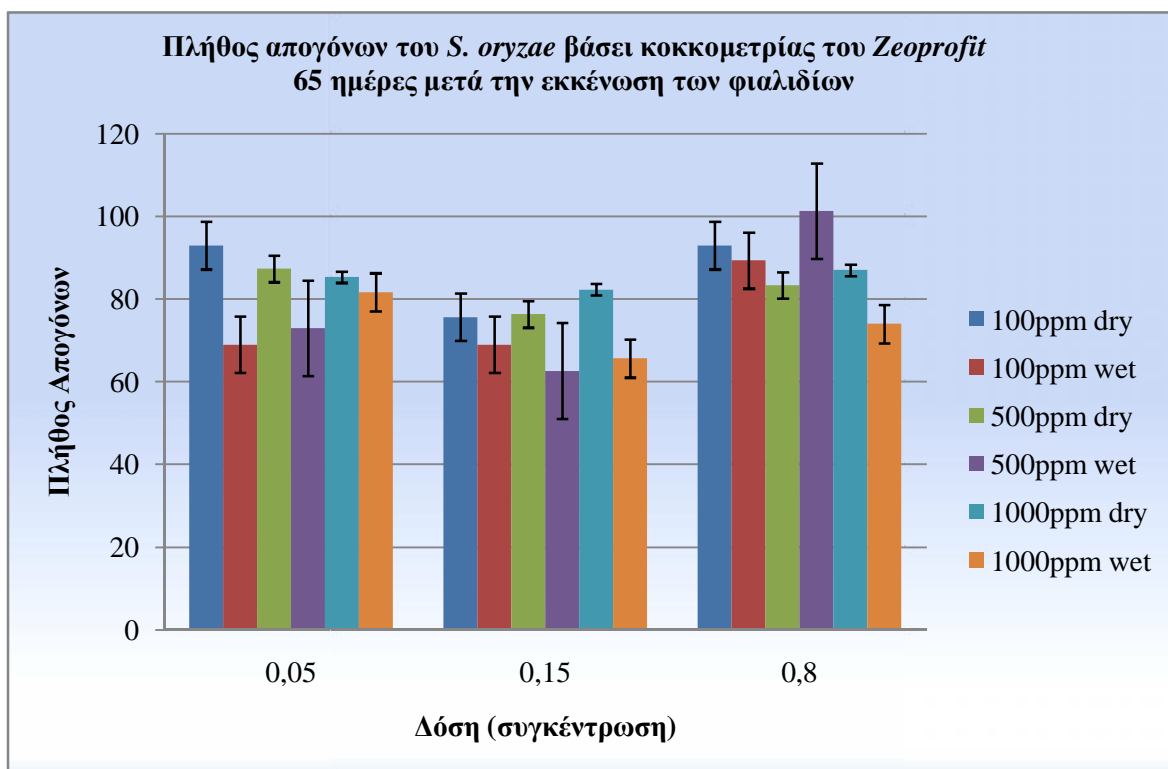
Τύπος	Πλήθος		
	<i>S. oryzae</i>	<i>R. dominica</i>	<i>S. granarius</i>
Ξηρός	84,8 ± 12,1	54,5 ± 19,46	69,5 ± 17,8
Υγρός (φυσικός)	76,1 ± 16,7	36,8 ± 13,0	58,4 ± 24,5

**Πίνακας 7.** Μέσος πληθυσμός απογόνων (% ± Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)), 65 ημέρες αφέτου αφαιρέθηκαν τα ακμαία από τα φιαλίδια, ανά συγκέντρωση ζεόλιθου (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

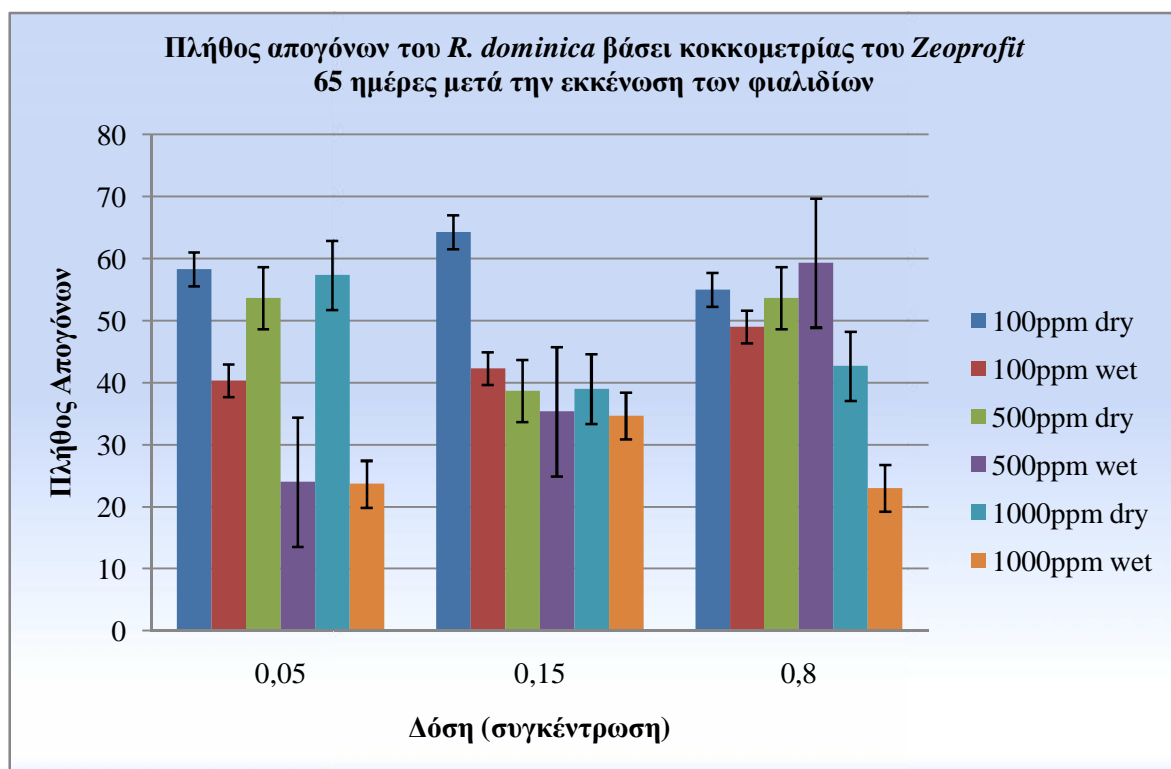
Συγκέντρωση	Πλήθος		
	<i>S. oryzae</i>	<i>R. dominica</i>	<i>S. granarius</i>
0 ppm	103,6 ± 51,6	71,4 ± 23,8 A	87,4 ± 47,9 A
100 ppm	81,5 ± 15,8	51,5 ± 13,3 AB	74,8 ± 13,8 AB
500 ppm	80,6 ± 15,6	44,1 ± 18,5 BC	54,5 ± 24,3 B
1000 ppm	79,3 ± 14,7	36,7 ± 15,8 C	62,7 ± 22,2 AB

**Πίνακας 8.** Μέσος πληθυσμός απογόνων (% ± Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)), 65 ημέρες αφέτου αφαιρέθηκαν τα ακμαία από τα φιαλίδια, ανά συγκέντρωση και τύπο ζεόλιθου (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

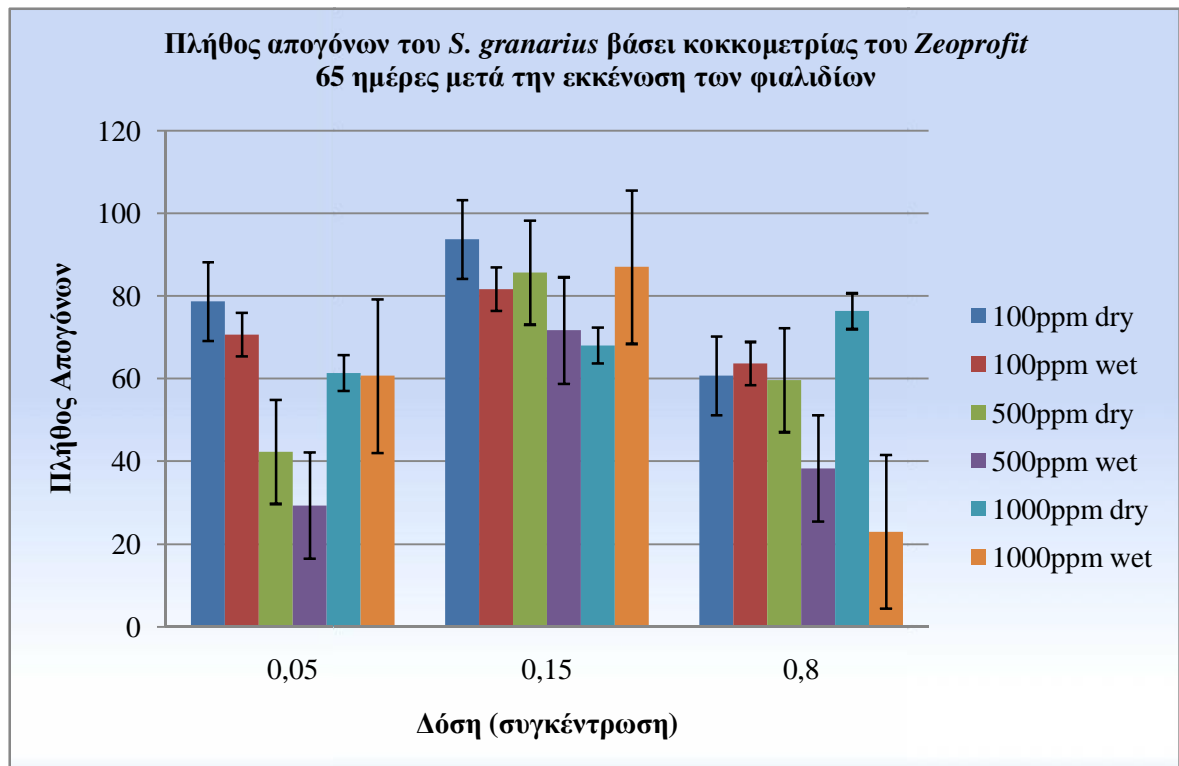
Τύπος / Συγκέντρωση	Πλήθος		
	<i>S. oryzae</i>	<i>R. dominica</i>	<i>S. granarius</i>
Μάρτυρας / 0 ppm	103,6 ± 51,6	71,4 ± 23,8 A	87,4 ± 47,9 A
Ξηρός / 100 ppm	87,2 ± 12,6	59,2 ± 14,5 AB	77,6 ± 16,9 AB
Υγρός / 100 ppm	75,7 ± 17,2	43,8 ± 5,9 BC	72,0 ± 10,2 AB
Ξηρός / 500 ppm	82,3 ± 11,7	48,6 ± 20,0 ABC	62,5 ± 8,7 AB
Υγρός / 500 ppm	79,0 ± 19,3	39,5 ± 16,7 BC	46,4 ± 24,0 B
Ξηρός / 1000 ppm	84,8 ± 12,9	46,3 ± 15,8 ABC	68,5 ± 8,7 AB
Υγρός / 1000 ppm	73,7 ± 14,9	27,1 ± 8,4 C	56,8 ± 29,9 AB



**Διάγραμμα 2.** Πλήθος απογόνων *S. oryzae*, 65 ημέρες μετά την εκκένωση (από έντομα) των φιαλιδίων, βάσει κοκκομετρίας του ζεδλίθου που είχε εφαρμοστεί.



**Διάγραμμα 3.** Πλήθος απογόνων *R. dominica*, 65 ημέρες μετά την εκκένωση (από έντομα) των φιαλιδίων, βάσει κοκκομετρίας του ζεδλίθου που είχε εφαρμοστεί.



**Διάγραμμα 4.** Πλήθος απογόνων *S. granarius*, 65 ημέρες μετά την εκκένωση (από έντομα) των φιαλιδίων, βάσει κοκκομετρίας του ζεόλιθου που είχε εφαρμοστεί.

### 3.2. Αποτελέσματα δεύτερης σειράς βιοδοκιμών

Βάσει των αποτελεσμάτων του δεύτερου πειραματικού κύκλου, παρατηρήθηκε πως ο παράγοντας «ζεόλιθοι» προκάλεσε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλα τα είδη εντόμων που συμπεριλήφθηκαν στο πείραμα (Πίνακας 9).

**Πίνακας 9.** Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA) για τα *S. oryzae*, *R. dominica*, *S. granarius*

Παράμετροι	<i>S. oryzae</i>			<i>R. dominica</i>		<i>S. granarius</i>	
	DF	F	P	F	P	F	P
Μεταξύ μεταβλητών	17	28,72	<,0001	5,74	<,0001	21,41	<,0001
Τιμή αποκοπής	1	293,01	<,0001	134,75	<,0001	204,95	<,0001
Ζεόλιθοι	17	28,72	<,0001	5,74	<,0001	21,41	<,0001

Στην περίπτωση του *S. oryzae*, στις συγκεντρώσεις των 500 και των 1000 ppm σημειώθηκε σχετικά χαμηλή θνησιμότητα, ειδικά έως και την 7<sup>η</sup> ημέρα που δεν ξεπέρασε το 13%, παρουσιάζοντας όμως σταδιακή αύξηση έως την 21<sup>η</sup> ημέρα που άγγιξε το 55%. Ωστόσο, στη συγκέντρωση των 2000 ppm την 3<sup>η</sup> ημέρα στη μεταχείριση με το ζεόλιθο Zeoprofit 0,05 έφτασε αισίως το 31,6%, καταλήγοντας στο 88% την 21<sup>η</sup> ημέρα στην ίδια μεταχείριση (Πίνακας 10). Επιπλέον, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (των διαφορετικών ζεόλιθων) τη 14<sup>η</sup> και την 21<sup>η</sup> ημέρα στις συγκεντρώσεις των 500 και των 1000 ppm, ενώ στη συγκέντρωση των 2000 ppm στατιστικά σημαντικές διαφορές, μεταξύ των μεταχειρίσεων, παρατηρήθηκαν σε όλες τις ημέρες που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις (Πίνακας 10).

Στην περίπτωση του *R. dominica*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν, μεταξύ των μεταχειρίσεων, την 3<sup>η</sup> ημέρα στη συγκέντρωση των 500 ppm, σε όλες τις μέρες στη συγκέντρωση των 1000 ppm και κατά την 7<sup>η</sup>, τη 14<sup>η</sup> και την 21<sup>η</sup> ημέρα στη συγκέντρωση των 2000 ppm (Πίνακας 11). Άξιο αναφοράς, φυσικά, είναι το γεγονός ότι η θνησιμότητα έφτασε σε σχετικά υψηλά επίπεδα από την 3<sup>η</sup> ημέρα στα 1000 ppm, αγγίζοντας το 45%, ενώ την 21<sup>η</sup> ημέρα παρουσιάστηκε θνησιμότητα της τάξης του 85% στην ίδια συγκέντρωση (Πίνακας 11).

Στην περίπτωση του *S. granarius*, την 3<sup>η</sup> ημέρα, η θνησιμότητα δεν ξεπέρασε το 5% στη συγκέντρωση των 1000 ppm, ενώ μέγιστη τιμή στα 2000 ppm ήταν το 20%. Ωστόσο, τις

επόμενες μέρες σημειώθηκαν υψηλότερες τιμές, με μέγιστες το 80% στα 2000 ppm και το 93% στα 1000 ppm την 21<sup>η</sup> ημέρα (Πίνακας 12). Παράλληλα, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν, μεταξύ των μεταχειρίσεων (των διαφορετικών ζεόλιθων), τη 14<sup>η</sup> και την 21<sup>η</sup> ημέρα στα 1000 ppm, ενώ στην περίπτωση των 2000 ppm, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν σε όλες τις ημέρες που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις (Πίνακας 12).

**Πίνακας 10.** Μέση θνησιμότητα (%  $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων *S. oryzae* μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι. (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

Ζεόλιθος	Ημέρες έκθεσης			
	3	7	14	21
<b>500 ppm</b>				
Zeoprofit 0,15	0,0 $\pm$ 0,0	5,0 $\pm$ 5,0	6,6 $\pm$ 7,6 BC	8,3 $\pm$ 10,4 AB
Silico Sec	1,6 $\pm$ 2,8	1,6 $\pm$ 2,8	1,6 $\pm$ 2,8 B	1,6 $\pm$ 2,8 B
Zeo 0,15 & Sil.Sec	1,6 $\pm$ 2,8	5,0 $\pm$ 5,0	11,6 $\pm$ 12,5 ABC	18,3 $\pm$ 20,2 AB
<b>1000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05	0,0 $\pm$ 0,0	13,3 $\pm$ 2,8	21,6 $\pm$ 10,4 AB	30,0 $\pm$ 18,0 AB
Zeoprofit 0,15	0,0 $\pm$ 0,0	1,6 $\pm$ 2,8	3,3 $\pm$ 2,8 BC	5,0 $\pm$ 5,0 BC
Zeoprofit 0,8	0,0 $\pm$ 0,0	1,6 $\pm$ 2,8	1,6 $\pm$ 2,8 C	1,6 $\pm$ 2,8 C
Αντωνιάδης 1	0,0 $\pm$ 0,0	6,6 $\pm$ 7,6	6,6 $\pm$ 7,6 BC	6,6 $\pm$ 7,6 BC
Αντωνιάδης 2	5,0 $\pm$ 5,0	10,0 $\pm$ 5,0	11,6 $\pm$ 7,6 ABC	13,3 $\pm$ 10,4 BC
Σέρβικος	1,6 $\pm$ 2,8	6,6 $\pm$ 2,8	6,6 $\pm$ 2,8 BC	6,6 $\pm$ 2,8 BC
Σλοβένικος	0,0 $\pm$ 0,0	11,6 $\pm$ 2,8	11,6 $\pm$ 2,8 ABC	11,6 $\pm$ 2,8 BC
Silico Sec	0,0 $\pm$ 0,0	1,6 $\pm$ 2,8	30,0 $\pm$ 5,0 A	55,0 $\pm$ 8,6 A
<b>2000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05	31,6 $\pm$ 16,0 A	56,6 $\pm$ 11,5 A	75,0 $\pm$ 8,6 A	88,3 $\pm$ 16,0 A
Zeoprofit 0,15	3,3 $\pm$ 2,8 B	3,3 $\pm$ 2,8 B	3,3 $\pm$ 2,8 CD	3,3 $\pm$ 2,8 BC
Zeoprofit 0,8	3,3 $\pm$ 2,8 B	6,6 $\pm$ 2,8 B	6,6 $\pm$ 2,8 CD	6,6 $\pm$ 2,8 BC
Αντωνιάδης 1	1,6 $\pm$ 2,8 B	1,6 $\pm$ 2,8 B	1,6 $\pm$ 2,8 D	1,6 $\pm$ 2,8 C
Αντωνιάδης 2	8,3 $\pm$ 2,8 B	10,0 $\pm$ 0,0 B	10,0 $\pm$ 0,0 CD	10,0 $\pm$ 0,0 BC
Σέρβικος	6,6 $\pm$ 2,8 B	15,0 $\pm$ 5,0 B	15,0 $\pm$ 5,0 BCD	15,0 $\pm$ 5,0 BC
Σλοβένικος	3,3 $\pm$ 2,8 B	10,0 $\pm$ 5,0 B	10,0 $\pm$ 5,0 CD	10,0 $\pm$ 5,0 BC

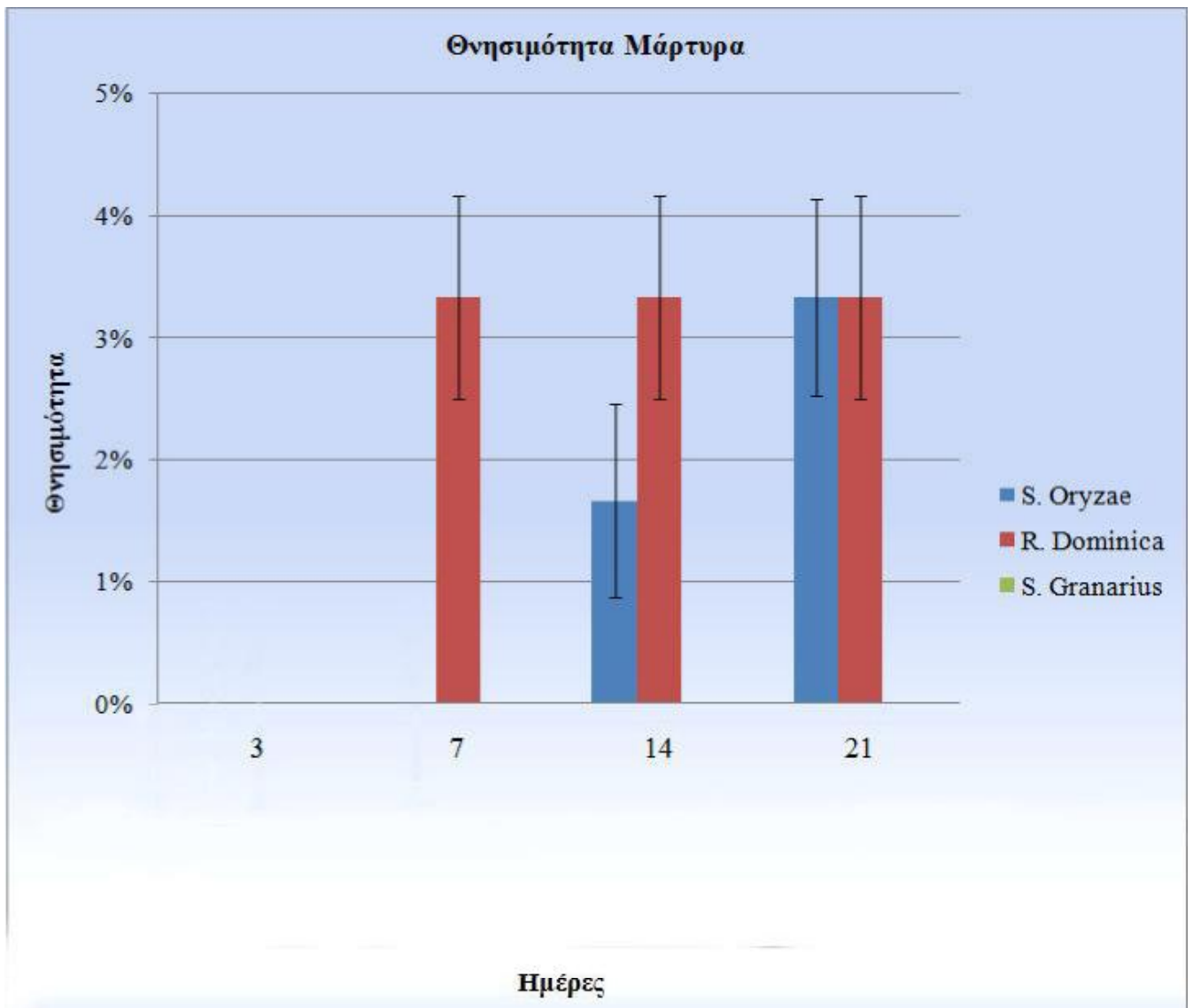


**Πίνακας 11.** Μέση θνησιμότητα (%  $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων *R. dominica* μετά από έκθεση σε 3 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι. (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

Ζεόλιθος	Ημέρες έκθεσης			
	3	7	14	21
<b>500 ppm</b>				
Zeoprofit 0,15	0,0 $\pm$ 0,0 B	3,3 $\pm$ 5,7	8,3 $\pm$ 10,4	13,3 $\pm$ 15,2
Silico Sec	0,0 $\pm$ 0,0 B	3,3 $\pm$ 2,8	3,3 $\pm$ 2,8	3,3 $\pm$ 2,8
Zeo 0,15 & Sil.Sec	6,6 $\pm$ 7,6 AB	8,3 $\pm$ 5,7	11,6 $\pm$ 7,6	15,0 $\pm$ 10,0
<b>1000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05	5,0 $\pm$ 8,6 AB	5,0 $\pm$ 8,6 AB	8,3 $\pm$ 10,4 A	11,6 $\pm$ 12,5 A
Zeoprofit 0,15	1,6 $\pm$ 2,8 B	3,3 $\pm$ 5,7 A	6,6 $\pm$ 5,7 A	10,0 $\pm$ 10,0 A
Zeoprofit 0,8	45,0 $\pm$ 39,0 A	46,6 $\pm$ 37,5 BCD	46,6 $\pm$ 37,5 A	46,6 $\pm$ 37,5 AB
Αντωνιάδης 1	11,6 $\pm$ 12,5 AB	48,3 $\pm$ 10,4 CD	48,3 $\pm$ 10,4 ABC	48,3 $\pm$ 10,4 AB
Αντωνιάδης 2	28,3 $\pm$ 15,2 AB	46,6 $\pm$ 16,0 BCD	46,6 $\pm$ 16,0 ABC	46,6 $\pm$ 16,0 AB
Σέρβικος	6,6 $\pm$ 11,5 AB	15,0 $\pm$ 13,2 ABC	16,6 $\pm$ 16,0 AB	18,3 $\pm$ 18,9 A
Σλοβένικος	11,6 $\pm$ 12,5 AB	85,0 $\pm$ 13,2 D	85,0 $\pm$ 13,2 C	85,0 $\pm$ 13,2 B
Silico Sec	0,0 $\pm$ 0,0 B	21,6 $\pm$ 7,6 ABC	31,6 $\pm$ 16,0 AB	41,6 $\pm$ 24,6 AB
<b>2000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05	20,0 $\pm$ 8,6	56,6 $\pm$ 11,5 A	58,3 $\pm$ 10,4 AB	60,0 $\pm$ 10,0 A
Zeoprofit 0,15	8,3 $\pm$ 10,4	10,0 $\pm$ 8,6 BC	10,0 $\pm$ 8,6 C	10,0 $\pm$ 8,6 B
Zeoprofit 0,8	6,6 $\pm$ 2,8	10,0 $\pm$ 0,0 BC	10,0 $\pm$ 0,0 ABC	10,0 $\pm$ 0,0 B
Αντωνιάδης 1	3,3 $\pm$ 2,8	5,0 $\pm$ 5,0 C	5,0 $\pm$ 5,0 C	5,0 $\pm$ 5,0 B
Αντωνιάδης 2	31,6 $\pm$ 28,8	38,3 $\pm$ 27,5 ABC	41,6 $\pm$ 28,8 ABC	45,0 $\pm$ 30,4 AB
Σέρβικος	8,3 $\pm$ 5,7	8,3 $\pm$ 5,7 BC	8,3 $\pm$ 5,7 C	8,3 $\pm$ 5,7 B
Σλοβένικος	15,0 $\pm$ 5,0	16,6 $\pm$ 5,7 ABC	16,6 $\pm$ 5,7 BC	16,6 $\pm$ 5,7 AB

**Πίνακας 12.** Μέση θνησιμότητα (%  $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) των ακμαίων *S. granarius* μετά από έκθεση σε 2 διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) ζεόλιθου σε σκληρό σιτάρι. (σε κάθε στήλη, οι μέσοι που δεν ακολουθούνται από κάποιο γράμμα δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές – HSD test σε 0,05)

Ζεόλιθος	Ημέρες έκθεσης			
	3	7	14	21
<b>1000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05	5,0 $\pm$ 0,0	8,3 $\pm$ 5,7	10,0 $\pm$ 8,6 A	11,6 $\pm$ 11,5 A
Zeoprofit 0,15	0,0 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 5,7	3,3 $\pm$ 5,7 A	3,3 $\pm$ 5,7 A
Zeoprofit 0,8	0,0 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 2,8	3,3 $\pm$ 2,8 A	3,3 $\pm$ 2,8 A
Αντωνιάδης 1	0,0 $\pm$ 0,0	11,6 $\pm$ 7,6	11,6 $\pm$ 7,6 A	11,6 $\pm$ 7,6 A
Αντωνιάδης 2	0,0 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 2,8	3,3 $\pm$ 2,8 A	3,3 $\pm$ 2,8 A
Σέρβικος	0,0 $\pm$ 0,0	10,0 $\pm$ 5,0	11,6 $\pm$ 5,7 A	13,3 $\pm$ 7,6 A
Σλοβένικος	0,0 $\pm$ 0,0	3,3 $\pm$ 5,7	3,3 $\pm$ 5,7 A	3,3 $\pm$ 5,7 A
Silico Sec	0,0 $\pm$ 0,0	16,6 $\pm$ 2,8	60,0 $\pm$ 8,6 B	93,3 $\pm$ 7,6 B
<b>2000 ppm</b>				
Zeoprofit 0,05	20,0 $\pm$ 5,0 A	43,3 $\pm$ 11,5 A	45,0 $\pm$ 13,2 A	46,6 $\pm$ 15,2 AB
Zeoprofit 0,15	0,0 $\pm$ 0,0 B	3,3 $\pm$ 2,8 C	3,3 $\pm$ 2,8 B	3,3 $\pm$ 2,8 C
Zeoprofit 0,8	0,0 $\pm$ 0,0 B	3,3 $\pm$ 2,8 C	3,3 $\pm$ 2,8 B	3,3 $\pm$ 2,8 C
Αντωνιάδης 1	0,0 $\pm$ 0,0 B	1,6 $\pm$ 2,8 C	1,6 $\pm$ 2,8 B	1,6 $\pm$ 2,8 C
Αντωνιάδης 2	0,0 $\pm$ 0,0 B	3,3 $\pm$ 2,8 C	5,0 $\pm$ 0,0 B	6,6 $\pm$ 2,8 C
Σέρβικος	8,3 $\pm$ 10,4 B	13,3 $\pm$ 5,7 BC	15,0 $\pm$ 8,6 B	16,6 $\pm$ 11,5 BC
Σλοβένικος	5,0 $\pm$ 5,0 B	21,6 $\pm$ 10,4 B	53,3 $\pm$ 16,0 A	80,0 $\pm$ 34,6 A



**Διάγραμμα 5.** Θνησιμότητα (%) των ακμαίων όλων των ειδών στους μάρτυρες (χωρίς ζεόλιθο), στις 3, 7, 14 και 21 ημέρες μετά την έναρξη του πειράματος.

### 3.3. Αποτελέσματα τρίτου πειραματικού κύκλου (πρώτο μέρος)

Βάσει των αποτελεσμάτων του τρίτου πειραματικού κύκλου, παρατηρήθηκε πως ο παράγοντας «ζεόλιθι» κρίθηκε στατιστικά σημαντικός (Πίνακας 13). Επίσης, στατιστικά σημαντικός ήταν και οι παράγοντες «σπόρος» και «δόση», όπως και οι αλληλεπιδράσεις των παραγόντων «σπόρος \* ζεόλιθι», και «σπόρος \* δόση» (Πίνακας 13).

Σημειώνεται πως στον πίνακα 14 αναγράφονται τα μέσα ειδικά βάρη που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος βάσει του σπόρου που χρησιμοποιήθηκε, στον πίνακα 15 βάσει σκευάσματος και στον πίνακα 16 βάσει συγκέντρωσης των σκευασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Στην περίπτωση του σπόρου σιταριού, το ειδικό βάρος παρουσίασε μείωση κατά την αύξηση της συγκέντρωσης του ζεόλιθου, σε όλα τα σκευάσματα που συμπεριλήφθηκαν στο πείραμα. Συγκεκριμένα, ενώ η αρχική τιμή ειδικού βάρους στο δείγμα μάρτυρα (control) κυμάνθηκε περί του 82,4 Kg/HL, κατέληξε στα 75,59 Kg/HL – που ήταν και η χαμηλότερη τιμή – στη μεταχείριση με το Silico Sec στη συγκέντρωση των 2000 ppm (Πίνακας 17).

Στην περίπτωση του σπόρου κριθαριού, οι τιμές του ειδικού βάρους παρουσίασαν αντίστοιχη μείωση με το σπόρο σιταριού, ανάλογα με την αύξηση της συγκέντρωσης του ζεόλιθου ή του διατομίτη, σε όλα τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος. Συγκεκριμένα, η αρχική τιμή του ειδικού βάρους που καταγράφηκε μέσω του δείγματος του μάρτυρα (control) ήταν 74,7 Kg/HL, και στη μεγαλύτερη συγκέντρωση των 2000 ppm στη μεταχείριση με το ζεόλιθο Zeoprofit 0,8 παρουσιάστηκε η χαμηλότερη τιμή που ήταν τα 69,3 Kg/HL (Πίνακας 18).

Στην περίπτωση του σπόρου καλαμποκιού, οι τιμές του ειδικού βάρους παρουσίασαν αντίστοιχη, με τους λοιπούς σπόρους, μείωση κατ' αναλογία με την αύξηση της συγκέντρωσης του ζεόλιθου ή διατομίτη που χρησιμοποιήθηκε κατά περίπτωση. Η αρχική τιμή του ειδικού βάρους που καταγράφηκε μέσω του δείγματος του μάρτυρα (control) ήταν 81,7 Kg/HL, ενώ στη συγκέντρωση των 2000 ppm στη μεταχείριση με το σκεύασμα Silico Sec παρουσιάστηκε η χαμηλότερη τιμή που ήταν τα 72,2 Kg/HL (Πίνακας 19).

**Πίνακας 13.** Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA)

<b>Παράμετροι</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Σπόρος	2	931,5	<,0001
Ζεόλιθοι	4	29,7	<,0001
Σπόρος * Ζεόλιθοι	8	17,9	<,0001
Δόση (συγκέντρωση)	6	96,5	<,0001
Σπόρος * Δόση	12	2,9	<b>0,0004</b>
Ζεόλιθοι * Δόση	24	1,2	0,2145
Σπόρος * Δόση * Ζεόλιθος	48	0,8	0,7416

**Πίνακας 14.** Μέσα ειδικά βάρη βάσει είδους σπόρου

<b>Σπόρος</b>	<b>E.B.</b>
Κριθάρι	72,5
Καλαμπόκι	78,4
Σιτάρι	79,7

**Πίνακας 15.** Μέσα ειδικά βάρη βάσει σκευάσματος ζεόλιθου – γης διατόμων

<b>Ζεόλιθος</b>	<b>E.B.</b>
Zeoprofit 0,05	78,3
Zeoprofit 0,15	76,8
Zeoprofit 0,8	76,1
Σλοβένικος	76,8
Silico Sec	76,3

**Πίνακας 16.** Μέσα ειδικά βάρη βάσει συγκέντρωσης ζεόλιθου – γης διατόμων, σε όλους τους σπόρους

<b>Δόση σε ppm (συγκέντρωση)</b>	<b>E.B. (Kg/HL)</b>
0	79,6
50	78,6
100	77,6
200	76,7
500	75,9
1000	75,2
2000	74,4

**Πίνακας 17.** Ειδικά βάρη ( $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή ποικίλων συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, για το σπόρο σιταριού

<b>Ζεόλιθος</b>	<b>Δόση (ppm)</b>	<b>Ειδικό βάρος (Kg/HL)</b>
Μάρτυρας	0	82,4 $\pm$ 0,1 AB
Zeoprofit 0.05	50	82,0 $\pm$ 0,4 ABC
Zeoprofit 0.05	100	80,1 $\pm$ 0,5 BCDEFGHIJ
Zeoprofit 0.05	200	79,6 $\pm$ 0,3 DEFGHIJKL
Zeoprofit 0.05	500	79,3 $\pm$ 0,3 EFGHIJKLM
Zeoprofit 0.05	1000	78,1 $\pm$ 0,3 HIJKLMNO
Zeoprofit 0.05	2000	77,6 $\pm$ 0,4 LMNOP
Zeoprofit 0.15	50	82,32 $\pm$ 0,5 ABC
Zeoprofit 0.15	100	81,75 $\pm$ 0,4 ABCD
Zeoprofit 0.15	200	80,46 $\pm$ 0,3 ABCDEFGH
Zeoprofit 0.15	500	79,55 $\pm$ 0,5 DEFGHIJKL
Zeoprofit 0.15	1000	78,4 $\pm$ 0,3 GHIJKLMN
Zeoprofit 0.15	2000	78,01 $\pm$ 0,4 IJKLMNO
Zeoprofit 0.8	50	81,24 $\pm$ 0,3 ABCDE
Zeoprofit 0.8	100	80,63 $\pm$ 0,2 ABCDEFG
Zeoprofit 0.8	200	80,01 $\pm$ 0,5 CDEFGHIJK
Zeoprofit 0.8	500	79,64 $\pm$ 0,4 DEFGHIJKL
Zeoprofit 0.8	1000	78,86 $\pm$ 0,7 FGHIJKLM
Zeoprofit 0.8	2000	77,95 $\pm$ 0,5 JKLMO
Σλοβένικος	50	82,65 $\pm$ 0,4 A
Σλοβένικος	100	80,82 $\pm$ 0,2 ABCDEF
Σλοβένικος	200	79,59 $\pm$ 0,3 DEFGHIJKL
Σλοβένικος	500	78,34 $\pm$ 0,3 GHIJKLMNO
Σλοβένικος	1000	78,05 $\pm$ 0,3 IJKLMNO
Σλοβένικος	2000	77,78 $\pm$ 0,4 KLMNOP
Silico Sec	50	80,34 $\pm$ 0,6 ABCDEFGHI
Silico Sec	100	78,58 $\pm$ 0,3 FGHIJKLMN
Silico Sec	200	77,15 $\pm$ 0,4 MNOP
Silico Sec	500	76,5 $\pm$ 0,2 NOP
Silico Sec	1000	76,02 $\pm$ 0,4 OP
Silico Sec	2000	75,59 $\pm$ 0,4 P

**Πίνακας 18.** Ειδικά βάρη ( $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή ποικίλων συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, για το σπόρο κριθαριού

<b>Ζεόλιθος</b>	<b>Δόση (ppm)</b>	<b>Ειδικό βάρος (Kg/HL)</b>
Μάρτυρας	0	74,7 $\pm$ 0,3 ABC
Zeoprofit 0.05	50	76,8 $\pm$ 0,4 A
Zeoprofit 0.05	100	75,6 $\pm$ 0,4 AB
Zeoprofit 0.05	200	74,3 $\pm$ 0,6 ABC
Zeoprofit 0.05	500	73,8 $\pm$ 0,3 ABC
Zeoprofit 0.05	1000	73,4 $\pm$ 0,3 ABC
Zeoprofit 0.05	2000	72,9 $\pm$ 0,2 ABC
Zeoprofit 0.15	50	72,3 $\pm$ 0,3 ABC
Zeoprofit 0.15	100	71,8 $\pm$ 0,7 ABC
Zeoprofit 0.15	200	71,2 $\pm$ 0,6 ABC
Zeoprofit 0.15	500	70,9 $\pm$ 0,3 BC
Zeoprofit 0.15	1000	70,6 $\pm$ 0,2 BC
Zeoprofit 0.15	2000	70,5 $\pm$ 0,4 BC
Zeoprofit 0.8	50	71,2 $\pm$ 0,4 ABC
Zeoprofit 0.8	100	70,6 $\pm$ 0,6 BC
Zeoprofit 0.8	200	70,0 $\pm$ 0,4 BC
Zeoprofit 0.8	500	69,8 $\pm$ 0,4 BC
Zeoprofit 0.8	1000	69,7 $\pm$ 0,3 C
Zeoprofit 0.8	2000	69,3 $\pm$ 0,6 C
Σλοβένικος	50	74,0 $\pm$ 0,4 ABC
Σλοβένικος	100	73,6 $\pm$ 0,3 ABC
Σλοβένικος	200	73,2 $\pm$ 0,3 ABC
Σλοβένικος	500	73,1 $\pm$ 0,4 ABC
Σλοβένικος	1000	71,6 $\pm$ 0,5 ABC
Σλοβένικος	2000	69,7 $\pm$ 5,5 BC
Silico Sec	50	73,9 $\pm$ 0,2 ABC
Silico Sec	100	73,2 $\pm$ 0,3 ABC
Silico Sec	200	72,4 $\pm$ 0,4 ABC
Silico Sec	500	72,2 $\pm$ 0,4 ABC
Silico Sec	1000	72,1 $\pm$ 0,4 ABC
Silico Sec	2000	71,9 $\pm$ 0,4 ABC

**Πίνακας 19.** Ειδικά βάρη ( $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή ποικίλων συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, για το σπόρο καλαμποκιού

<b>Ζεόλιθος</b>	<b>Δόση (ppm)</b>	<b>Ειδικό βάρος (Kg/HL)</b>
Μάρτυρας	0	81,7 $\pm$ 0,3 AB
Zeoprofit 0.05	50	82,4 $\pm$ 0,6 A
Zeoprofit 0.05	100	80,9 $\pm$ 0,6 ABC
Zeoprofit 0.05	200	79,6 $\pm$ 0,7 ABCDE
Zeoprofit 0.05	500	77,9 $\pm$ 0,4 CDEFGHIJ
Zeoprofit 0.05	1000	77,5 $\pm$ 0,5 DEFGHIJ
Zeoprofit 0.05	2000	76,9 $\pm$ 0,5 EFGHIJ
Zeoprofit 0.15	50	80,1 $\pm$ 0,4 ABCD
Zeoprofit 0.15	100	79,3 $\pm$ 0,3 ABCDEFG
Zeoprofit 0.15	200	78,4 $\pm$ 0,4 CDEFGH
Zeoprofit 0.15	500	77,6 $\pm$ 0,4 DEFGHIJ
Zeoprofit 0.15	1000	77,1 $\pm$ 0,4 DEFGHIJ
Zeoprofit 0.15	2000	76,6 $\pm$ 0,4 EFGHIJ
Zeoprofit 0.8	50	79,6 $\pm$ 0,4 ABCDEF
Zeoprofit 0.8	100	79,4 $\pm$ 0,7 ABCDEF
Zeoprofit 0.8	200	79,3 $\pm$ 0,2 ABCDEFG
Zeoprofit 0.8	500	76,5 $\pm$ 0,4 FGHIJ
Zeoprofit 0.8	1000	75,1 $\pm$ 0,5 IJK
Zeoprofit 0.8	2000	74,8 $\pm$ 0,7 JK
Σλοβένικος	50	78,9 $\pm$ 0,4 BCDEFG
Σλοβένικος	100	78,1 $\pm$ 0,4 CDEFGHI
Σλοβένικος	200	77,7 $\pm$ 0,9 DEFGHIJ
Σλοβένικος	500	77,1 $\pm$ 0,6 DEFGHIJ
Σλοβένικος	1000	76,2 $\pm$ 0,9 GHIJ
Σλοβένικος	2000	75,0 $\pm$ 0,6 IJK
Silico Sec	50	81,6 $\pm$ 0,5 AB
Silico Sec	100	79,1 $\pm$ 0,6 BCDEFG
Silico Sec	200	78,3 $\pm$ 0,7 CDEFGH
Silico Sec	500	76,5 $\pm$ 0,5 FGHIJ
Silico Sec	1000	75,4 $\pm$ 0,5 HIJ
Silico Sec	2000	72,2 $\pm$ 0,5 K



### 3.4. Αποτελέσματα τρίτου πειραματικού κύκλου (δεύτερο μέρος)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του δεύτερου μέρους του τρίτου πειραματικού κύκλου, ο παράγοντας «ζεόλιθοι», όπως και οι παράγοντες «χρόνος έκθεσης» και «σχετική υγρασία» κρίθηκαν στατιστικά σημαντικοί (Πίνακας 20). Εκτός αυτών, οι αλληλεπιδράσεις παραγόντων «ζεόλιθοι \* σχετική υγρασία», και «σχετική υγρασία \* χρόνος έκθεσης» κρίθηκαν εξίσου σημαντικές στατιστικά (Πίνακας 20).

Σημειώνεται πως στον πίνακα 21 αναγράφονται τα μέσα ειδικά βάρη που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος βάσει της σχετικής υγρασίας και στον πίνακα 22 βάσει του χρόνου έκθεσης στα σκευάσματα που εφαρμόστηκαν.

Παρατηρήθηκε πως όταν η σχετική υγρασία ήταν 13%, χαμηλότερες τιμές ειδικού βάρους παρουσίαζε η μεταχείριση με το σκεύασμα διατομίτη Silico Sec και συγκεκριμένα στη συγκέντρωση των 2000 ppm με, με μοναδική εξαίρεση την περίπτωση των 7 ημερών έκθεσης, κατά την οποία τη χαμηλότερη τιμή άγγιξε η μεταχείριση με το ζεόλιθο Zeoprofit 0,05 στα 2000 ppm με τιμή ειδικού βάρους 72,8 Kg/HL (Πίνακες 23 – 24). Όταν, αντίστοιχα, η σχετική υγρασία ήταν 15%, χαμηλότερες τιμές ειδικού βάρους παρουσίασε η μεταχείριση με το Zeoprofit 0,05 στη συγκέντρωση των 2000 ppm κατά την πρώτη μέτρηση αμέσως μετά την εφαρμογή των σκευασμάτων (δηλαδή στα 0 λεπτά), κατά τη δεύτερη μέτρηση που έγινε 30 λεπτά μετά την εφαρμογή και στις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή (Πίνακες 23 – 24). Ωστόσο, στην τελευταία καταγραφή των ειδικών βαρών που πραγματοποιήθηκε 28 ημέρες μετά την εφαρμογή των σκευασμάτων, η χαμηλότερη τιμή παρατηρήθηκε στη μεταχείριση με τα 2000 ppm Silico Sec με 73,9 Kg/HL (Πίνακες 23 – 24).

**Πίνακας 20.** Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης της διασποράς (MANOVA)

<b>Παράμετροι</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Ζεόλιθοι	4	74,93	<,0001
Σχετική υγρασία	1	17,95	<,0001
Ζεόλιθοι * Σχετική υγρασία	6	3,02	<b>0,0064</b>
Χρόνος έκθεσης	3	39,51	<,0001
Ζεόλιθοι * Χρόνος έκθεσης	18	0,91	0,5621
Σχετική υγρασία * Χρόνος έκθεσης	3	21,02	<,0001
Ζεόλιθοι * Σχετική υγρασία * Χρόνος έκθεσης	18	1,10	0,3431

**Πίνακας 21.** Μέσα ειδικά βάρη, βάσει σχετικής υγρασίας

<b>Σ.Υ. (%)</b>	<b>E.B. (Kg/HL)</b>
13	76,46
15	75,70

**Πίνακας 22.** Μέσα ειδικά βάρη, βάσει χρόνου έκθεσης

<b>Χρόνος έκθεσης</b>	<b>E.B. (Kg/HL)</b>
0 λεπτά	76,46
30 λεπτά	76,65
7 ημέρες	74,40
28 ημέρες	76,81

**Πίνακας 23.** Ειδικά βάρη ( $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή δύο συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, βάσει της σχετικής υγρασίας και του χρόνου έκθεσης (0 και 30 λεπτά)

Σκεύασμα	Χρόνος έκθεσης	
	0 λεπτά	30 λεπτά
<b>RH: 13%</b>		
Μάρτυρας	81,0 $\pm$ 0,6 A	80,6 $\pm$ 0,6 AB
Zeoprofit 0,05/500	76,7 $\pm$ 0,6 BCD	76,9 $\pm$ 0,3 CD
Zeoprofit 0,05/2000	76,5 $\pm$ 0,4 BCD	75,3 $\pm$ 1,0 CD
Σλοβένικος/500	77,8 $\pm$ 0,3 BC	77,4 $\pm$ 0,7 ABC
Σλοβένικος/2000	75,3 $\pm$ 0,5 BCD	75,4 $\pm$ 0,5 CD
Silico Sec/500	75,0 $\pm$ 0,5 CD	75,9 $\pm$ 0,6 CD
Silico Sec/2000	74,2 $\pm$ 0,4 D	73,3 $\pm$ 0,8 D
<b>RH: 15%</b>		
Μάρτυρας	81,6 $\pm$ 0,7 A	81,1 $\pm$ 1,5 A
Zeoprofit 0,05/500	74,7 $\pm$ 0,5 D	76,5 $\pm$ 0,8 CD
Zeoprofit 0,05/2000	74,2 $\pm$ 0,6 D	75,1 $\pm$ 0,4 CD
Σλοβένικος/500	78,0 $\pm$ 0,8 B	77,0 $\pm$ 0,4 BCD
Σλοβένικος/2000	75,9 $\pm$ 0,8 BCD	76,1 $\pm$ 0,6 CD
Silico Sec/500	75,2 $\pm$ 0,3 BCD	75,3 $\pm$ 0,6 CD
Silico Sec/2000	75,2 $\pm$ 0,6 CD	76,5 $\pm$ 0,5 CD

**Πίνακας 24.** Ειδικά βάρη ( $\pm$  Τυπικό Σφάλμα (ΤΣ)) με εφαρμογή δύο συγκεντρώσεων διαφορετικών σκευασμάτων ζεόλιθου – γης διατόμων, βάσει της σχετικής υγρασίας και του χρόνου έκθεσης (7 και 28 ημέρες)

Σκεύασμα	Χρόνος έκθεσης	
	7 ημέρες	28 ημέρες
<b>RH: 13%</b>		
Μάρτυρας	78,5 $\pm$ 0,5 A	81,2 $\pm$ 0,5 A
Zeoprofit 0,05/500	74,5 $\pm$ 0,4 C	80,0 $\pm$ 0,4 AB
Zeoprofit 0,05/2000	72,8 $\pm$ 0,4 C	77,5 $\pm$ 0,6 BC
Σλοβένικος/500	74,7 $\pm$ 0,7 BC	78,7 $\pm$ 0,4 ABC
Σλοβένικος/2000	73,7 $\pm$ 0,5 C	77,6 $\pm$ 0,5 BC
Silico Sec/500	73,6 $\pm$ 0,5 C	77,2 $\pm$ 0,6 CD
Silico Sec/2000	73,2 $\pm$ 0,8 C	76,2 $\pm$ 0,7 CDE
<b>RH: 15%</b>		
Μάρτυρας	78,2 $\pm$ 0,9 AB	80,1 $\pm$ 0,2 AB
Zeoprofit 0,05/500	74,0 $\pm$ 0,6 C	74,4 $\pm$ 0,5 E
Zeoprofit 0,05/2000	71,9 $\pm$ 0,6 C	74,1 $\pm$ 0,6 E
Σλοβένικος/500	75,4 $\pm$ 1,3 ABC	74,8 $\pm$ 0,7 DE
Σλοβένικος/2000	75,1 $\pm$ 0,6 ABC	74,6 $\pm$ 0,4 E
Silico Sec/500	73,4 $\pm$ 0,6 C	74,4 $\pm$ 0,4 E
Silico Sec/2000	72,2 $\pm$ 0,7 C	73,9 $\pm$ 0,2 E

#### 4. Συζήτηση

Στην παρούσα διατριβή, εκπονήθηκε στα πλαίσια χρήσης φυσικών σκευασμάτων με σκοπό την καταπολέμηση των εντόμων σε αποθηκευμένα δημητριακά. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η εντομοκτόνος δράση ποικίλων σκευασμάτων γης διατόμων, όπως είναι ο ζεόλιθος και ο διατομίτης. Φυσικά, μελετήθηκαν αρκετοί παράγοντες που ενδέχεται να τροποποιήσουν την αποτελεσματικότητά τους, όπως είναι η δόση (συγκέντρωση της γης διατόμων), ο χρόνος έκθεσης, η κοκκομετρία, η υγρασιακή κατάσταση (δηλαδή αν η γη διατόμων εφαρμόζεται ως σκεύασμα σε υγρή – χωρίς περαιτέρω επεξεργασία – ή ξηρή μορφή, με εφαρμογή πρωτοκόλλου ξήρανσης) και το είδος των εντόμων στα οποία εφαρμόζονται. Επιπλέον, μελετήθηκε η επίδραση της γης διατόμων, υπό πληθώρα συνθηκών όπως διαφορετικές συγκεντρώσεις και διαφορετικά χρονικά διαστήματα έκθεσης, στο ειδικό βάρος τριών διαφορετικών ειδών σπόρου (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι).

Από τα δεδομένα της παρούσας μελέτης γίνεται σαφές ότι η αποτελεσματικότητα όλων των σκευασμάτων ζεόλιθου και γενικότερα γης διατόμων κυμάνθηκε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα, ιδίως στο πρώτο μέρος του πειράματος που χρησιμοποιήθηκε ένας τύπος ζεόλιθου (Zeoprofit) σε τρεις διαφορετικές κοκκομετρίες και τρεις συγκεντρώσεις. Ωστόσο, ειδικά στις πρώτες μετρήσεις – που είχαν προηγηθεί 3 ημέρες έκθεσης των εντόμων στα αντίστοιχα σκευάσματα – σημαντικός παράγοντας κρίθηκε η κοκκομετρία του ζεόλιθου που χρησιμοποιήθηκε, ειδικά στο *S. oryzae* που παρουσίασε υψηλότερη θνησιμότητα στην κοκκομετρία των 0-0,05 mm. Στις περιπτώσεις όλων των εντόμων εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας κρίθηκε η συγκέντρωση του ζεόλιθου που χρησιμοποιήθηκε, σε όλα τα χρονικά διαστήματα έκθεσης. Φυσικά, είναι άξιο αναφοράς το γεγονός ότι εξαιρετική ανθεκτικότητα, ιδιαίτερα στις μεγαλύτερες κοκκομετρίες έως την 7<sup>η</sup> ημέρα, φαίνεται να παρουσίασε το *S. granarius*. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκε πως ακόμη και με την αύξηση του χρόνου έκθεσης, η αποτελεσματικότητα κυμάνθηκε σε παρόμοια, σχετικά χαμηλά επίπεδα με ελάχιστες εξαιρέσεις. Υπάρχουν, βέβαια, και πρότερες μελέτες που αφορούν σε παραπλήσια σκευάσματα και είδη εντόμων, στις οποίες σημειώθηκαν αντίστοιχα αποτελέσματα ως προς τα επίπεδα θνησιμότητας (Athanassiou et al, 2004, Kavallieratos et al, 2005). Για παράδειγμα, οι Athanassiou et al. (2004) κατέγραψαν αξιοσημείωτη θνησιμότητα των *S. oryzae* και *T. confusum* αλλά σε διαφορετικά δημητριακά από αυτά που ελέγχθηκαν στην παρούσα διατριβή, όπως η βρώμη, η σίκαλη και το τριτικάλε και στα τρία ακόλουθα σκευάσματα: Insecto, Silico Sec, PyriSec. Αξίζει, όμως, να αναφερθεί ότι ιδιαίτερα για την περίπτωση του *S. oryzae*, έχουν καταγραφεί σημαντικότερα επίπεδα θνησιμότητας σε φιαλίδια που περιείχαν το PyriSec – συγκριτικά με τα άλλα δύο σκευάσματα – τα οποία, όμως, περιορίζονταν σε

χρόνους έκθεσης της τάξης της 1 με 2 ημερών, το οποίο μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το PyriSec περιέχει φυσικό πύρεθρο και σύμφωνα με τον Arthur (1996) το *S. oryzae* είναι αρκετά ευαίσθητο στα συνθετικά πυρεθροειδή. Άξιο αναφοράς, όμως, είναι ότι το ίδιο σκεύασμα μπορεί να παρουσιάσει διαφορετική συμπεριφορά κατά την περίπτωση που μελετηθεί σε άλλο δημητριακό-υπόστρωμα (Athanassiou et al, 2004).

Παράλληλα, μέσω της παρούσας μελέτης, ήταν ξεκάθαρο το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητα των διάφορων σκευασμάτων γης διατόμων, επηρεάστηκε από ποικίλους παράγοντες, όπως η υγρασιακή κατάστασή της πριν την εφαρμογή της (υγρή / ξηρή), τη δόση που εφαρμόστηκε (συγκέντρωση σε ppm), το μέγεθος των κόκκων (κοκκομετρία) και ο συνδυασμός ζεόλιθων με γαίες διατόμων, όπως ο διατομίτης που χρησιμοποιήσαμε στο δεύτερο πειραματικό μέρος της διατριβής. Βρέθηκε, λοιπόν, ότι με τη δόση των 2000 ppm και κοκκομετρία της τάξης των 0,05 mm, σημειώθηκαν αρκετά υψηλά επίπεδα θνησιμότητας από την 3<sup>η</sup> κιόλας ημέρα μετά την εφαρμογή των σκευασμάτων, καταλήγοντας σε εξίσου υψηλά επίπεδα θνησιμότητας την 21<sup>η</sup> ημέρα μετά την εφαρμογή, αγγίζοντας το 88% στο *S. oryzae*. Αντίστοιχα, υψηλά επίπεδα θνησιμότητας παρουσίασε το *S. granarius* στα 1000 ppm του σκευάσματος Silico Sec την 21<sup>η</sup> ημέρα με 93%. Οπότε, μεταξύ των σκευασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν, αποτελεσματικότερο κρίθηκε το Silico Sec με διατομίτη. Βέβαια, θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί το γεγονός ότι τα πιο πρόσφατα σκευάσματα γης διατόμων φαίνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αισθητά μικρότερες δόσεις με ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ κατά τους Subramanyam and Roesli (2000) σκευάσματα που είναι αποτελεσματικά σε δόσεις μεγαλύτερες των 1500 ppm (περισσότερα του 1,5 g/kg) δε θα πρέπει να είναι αποδεκτά. Επιπλέον, ο Korunic (1998) αναφέρει ότι ίσως το σημαντικότερο μειονέκτημα της γης διατόμων είναι η αρνητική επίδραση που έχει στις φυσικές ιδιότητες των δημητριακών και κυρίως στο ειδικό βάρος – δηλαδή στη σχέση βάρους με όγκο – μειώνοντας την τιμή του. Συνεπώς, ενδεχομένως να είναι προτιμότερο να μειωθεί η δόση και να αυξηθεί ο χρόνος έκθεσης, δοθέντος του ότι η αποτελεσματικότητα των εν λόγω σκευασμάτων δεν παρουσιάζει αισθητή μείωση με την πάροδο του χρόνου. Προκειμένου, λοιπόν, να μειωθούν οι χρησιμοποιούμενες δόσεις της γης διατόμων, αυτή κατά περιπτώσεις αναμιγνύεται με μείγμα σιλικόνης, ξηρό μέλι, απενεργοποιημένη μαγιά ή ζάχαρη προκειμένου να αυξηθεί η ισχύς της (Quarles and Winn, 1996, Korunic and Fields, 1998, Subramanyam and Roesli, 2000). Παρόλα αυτά, οι υψηλές δόσεις αυτών των συνδυασμών παρουσιάζουν, επίσης, αρνητικές επιδράσεις στο ειδικό βάρος του σπόρου (Korunic et al., 1998). Πιθανή λύση αποφυγής των εν λόγω υψηλών δόσεων γαιών διατόμων, αποτελεί ο συνδυασμός γης διατόμων και μεθόδων χαμηλού κινδύνου, όπως εφαρμογή ακραίων θερμοκρασιών (Fields et al., 1997, Dowdy, 1999), ψύξη του σπόρου με επιφανειακή εφαρμογή γης διατόμων (Nickson

et al., 1994), χρήση ενός μίγματος με εντομοπαθογόνους μύκητες (Akbar et al., 2004, Kavallieratos et al., 2006, Vassilakos et al., 2006, Michalaki et al., 2007), χρήση ενός μίγματος με συνθετικά εντομοκτόνα (Korunic, 2001, Stathers, 2003, Arthur, 2004a, 2004b, Athanassiou 2006, Chanbang et al., 2007, Korunic and Rozman, 2010) ή ενός μίγματος με φυτικά εκχυλίσματα (Korunic, 2007, Athanassiou and Korunic, 2007).

Επιπρόσθετα, μέσω των αποτελεσμάτων της παρούσας διατριβής, παρατηρήθηκε πως ο απαιτούμενος χρόνος έκθεσης στα εκάστοτε σκευάσματα, ώστε να επιτευχθούν ικανοποιητικά επίπεδα θνησιμότητας, δεν ήταν λιγότερος των 7 ημερών, ενώ όταν ξεπερνούσε τις 14 ημέρες, τα αποτελέσματα άγγιζαν ιδιαίτερα ικανοποιητικά επίπεδα. Παρατηρείται, λοιπόν, πως οι ζεόλιθοι χρειάζονται ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα για να παρουσιάσουν τη μέγιστη αποτελεσματικότητα, με άμεση συνέπεια η θνησιμότητα να καθυστερεί χρονικά και ομοίως να υπάρχει συνέχεια της προσβολής, γεγονός που προκύπτει και μέσω των αποτελεσμάτων των απογόνων που καταγράφηκαν στην παρούσα διατριβή. Αξίζει, όμως, να σημειωθεί στο σημείο αυτό, πως η γη διατόμων – ως αδρανές υλικό – μπορεί να προστατεύσει τα δημητριακά για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, που μπορεί να φτάσει και τις 300 ημέρες (Athanassiou et al., 2005). Όμως, το εν λόγω χρονικό διάστημα δε μπορεί να καλυφθεί με τη χρήση χημικών σκευασμάτων (Arthur, 1996).

Από τα δεδομένα της παρούσας μελέτης, προκύπτει ότι ενδιαφέρουσα αποτελεσματικότητα κατά των εντόμων αποθηκευμένων δημητριακών παρουσιάζει ο ζεόλιθος *Zeoprofit* κοκκομετρίας 0-0,05 mm, ιδιαίτερα στη συγκέντρωση των 2000 ppm και μετά από 21 ημέρες έκθεσης, ενώ αξιοσημείωτη αποτελεσματικότητα παρουσιάζει επίσης ο διατομίτης *Silico Sec*, ομοίως μετά από 21 ημέρες έκθεσης από τα 1000, όμως, μόλις ppm. Τα εν λόγω αποτελέσματα, βέβαια, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς, η χρήση και εφαρμογή τους δεν προκαλεί τοξικότητα στον άνθρωπο και σε λοιπά θερμόαιμα. Επιπλέον, σημαντική παρατήρηση που προκύπτει από τα αποτελέσματα της διατριβής αυτής, επαληθεύοντας, αντίστοιχες βιβλιογραφικές αναφορές, είναι ότι η χρήση γης διατόμων σε υψηλές συγκεντρώσεις σε δημητριακά προκαλεί μείωση του ειδικού βάρους του σπόρου, γεγονός που υπό περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει στην αποφυγή εφαρμογής αντίστοιχων σκευασμάτων σε αποθηκευμένα προϊόντα. Ωστόσο, λόγω του γεγονότος ότι η χρήση σκευασμάτων γης διατόμων αποτελεί εναλλακτική μέθοδο σε σχέση με τη χρήση αντίστοιχων συνθετικών εντομοκτόνων, απαντάται συχνά στα πλαίσια μιας στρατηγικής ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των εντόμων. Σημειώνεται, ότι σύμφωνα με την τρέχουσα βιβλιογραφία, πρόκειται για μία από τις πρώτες προσπάθειες αξιολόγησης ζεόλιθων και γενικότερα γαιών διατόμων σε δημητριακά. Κρίνεται απαραίτητος περαιτέρω πειραματισμός για παράγοντες

που επηρεάζουν της αποτελεσματικότητα των γαιών διατόμων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, τα δοχεία αποθήκευσης και άλλα.

### Σημαντικά συμπεράσματα

- Η κοκκομετρία του ζεόλιθου (μέγεθος των κόκκων) που χρησιμοποιείται κατά εντόμων αποθηκευμένων δημητριακών αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα
- Το έντομο *S. oryzae* δεν παρουσιάζει ανθεκτικότητα σε μεθόδους καταπολέμησης που συνδυάζουν μικρή κοκκομετρία και υψηλή συγκέντρωση του ζεόλιθου που εφαρμόζεται
- Το έντομο *R. dominica* παρουσιάζει χαρακτηριστική ανθεκτικότητα σε υψηλές συγκεντρώσεις, ιδιαίτερα όταν αυτές εφαρμόζονται για μικρό χρονικό διάστημα
- Το έντομο *S. granarius* παρουσιάζει αρκετά υψηλή ανθεκτικότητα σε χαμηλές συγκεντρώσεις ζεόλιθου, αλλά σημαντικά μειωμένη παρατηρείται η ανθεκτικότητά του σε αντίστοιχες υψηλές συγκεντρώσεις γης διατόμων
- Το πλήθος των απογόνων των εντόμων αποθηκευμένων δημητριακών επηρεάζεται αισθητά και μειώνεται κατ' αναλογία με την αύξηση της συγκέντρωσης των σκευασμάτων ζεόλιθου ή γης διατόμων που εφαρμόζονται
- Οι τιμές του ειδικού βάρους του σπόρου παρουσιάζουν αισθητή μείωση όσο αυξάνονται οι συγκεντρώσεις του ζεόλιθου ή της γης διατόμων που εφαρμόζονται
- Οι τιμές του ειδικού βάρους του σπόρου παρουσιάζουν μείωση κατ' αναλογία με την αύξηση του χρόνου έκθεσης τόσο στην περίπτωση του ζεόλιθου όσο και στις γης διατόμων
- Η γη διατόμων έχει κατά γενικότερη ομολογία αρνητικές επιδράσεις στις ιδιότητες του σπόρου
- Στα πλαίσια καταπολέμησης εντόμων που έχουν εμφανιστεί σε αποθηκευμένα προϊόντα, συνίσταται η αύξηση του χρόνου έκθεσης των προϊόντων στο ζεόλιθο ή τη γη διατόμων που θα εφαρμοστεί και μείωση των αντίστοιχων συγκεντρώσεων

## 5. Βιβλιογραφία

### 5.1. Ξενόγλωσση

1. Abkar, W., Lord, J.C., Nechols, J.R. and Howard, R.W. (2004). Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology* 97 (2), 273 – 280.
2. Arthur, F.H. (1996). Grain protectants: current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research* 32, 293 – 302.
3. Arthur, F.H. (2000). Impact of food source on survival of red flour beetles and confused flour beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to diatomaceous earth. *Journal of Economic Entomology*. 93: 1347 – 1356
4. Arthur F.H. (2004a). Evaluation of a new insecticide formulation (F2) as a protectant of stored wheat, maize, and rice. *Journal of Stored Products Research*. 40 (3): 317 – 330.
5. Arthur, F.H. (2004b). Evaluation of methoprene alone and in combination with diatomaceous earth to control *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) on stored wheat. *Journal of Stored Products Research* 40 (5), 485 – 498.
6. Athanassiou, C.G. (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* 25 (8), 788 – 794.
7. Athanassiou, C.G. and Korunic, Z. (2007). Evaluation of two new diatomaceous earth formulations, enhanced with abamectin and bitterbarkomycin, against four stored-grain beetle species. *Journal of Stored Products Research* 43(4), 468 – 473.
8. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G. and Andris, N.S. (2004). Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on oat, rye and triticale. *Journal of Economic Entomology* 97, 2160 – 2167.
9. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Economou, L., Dimizas, C.B., Vayias, B.J., Tomanovic, Z. and Milutinovic, M. (2005). Persistence and Efficacy of Three Diatomaceous Earth Formulations Against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) on Wheat and Barley. *Journal of Economic Entomology* 98 (4), 1404 – 1412.
10. Breese, M.H. (1960). The infestibility of stored paddy by *Sitophilus sasakii* (Tak.) and *Rhyzopertha dominica* (F.). *Bulletin of Entomological Research* 51, 599 – 630.
11. Campbell, A., Sinha, R.N. (1976). Damage of wheat by feeding of some stored product beetles. *Journal of Economic Entomology* 69, 11 – 13.



12. Carlson, S.D. and Ball, H.J. (1962). Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. *Journal of Economic Entomology* 55 (6), 964 – 970.
13. Chanbang, Y., Arthur, F.H., Wilde, G.E. and Throne, J.E. (2007). Efficacy of diatomaceous earth and methoprene alone and in combination, against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in rough rice. *Journal of Stored Products Research* 43 (4), 396 – 401.
14. Daghilish, G.J. (1998). Efficacy of six grain protectants applied alone or in combination against three species of Coleoptera. *Journal of Stored Products Research* 34, 263 – 268.
15. Dowdy, A.K. (1999). Mortality of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to high temperature and diatomaceous earth combinations. *Journal of Stored Products Research* 35 (2), 175 – 182.
16. Ebeling, W. (1971). Sorptive dust for pest control. *Annual Review of Entomology* 16, 123 – 158.
17. Edde, P.A., Phillips, T.W. (2006). Longevity and pheromone output in stored-product Bostrichidae. *Bulletin of Entomological Research* 96, 547 – 554.
18. Fields, P., Dowdy, A. and 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*. Report prepared for Environment Bureau, Agriculture and Agri-Food Canada and the United States Department of Agriculture.
19. Fields, P.G. and Muir, W.E. (1996). Physical Control. In Subramanyam & Hagstrum (Eds.), *Integrated Management of Insect in Stored Products*. pp. 195 – 221.
20. Ivkovic, S., Deutsch, U., Silberbach, A., Walraph, E., Mannel, M. (2004). Dietary supplementation with the tribomechanically activated zeolite clinoptilolite in immunodeficiency: effects on the immune system. *Advances in Therapy* 21 (2), 135 – 147.
21. Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Pashalidou, F.G., Andris, N.S. and Tomanovic, Z. (2005). Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Management Science* 61 (7), 660-666.
22. Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Michalaki, M.P., Batta, Y.A., Rigatos, H.A., Pashalidou, F.G., . . . Vayias, B.J. (2006). Effect of the combined use of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin and diatomaceous earth for the control of three stored-product beetle species. *Crop Protection* 25 (10), 1087 – 1094.

23. Koehler, P.G. (1994). Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Longstaff B.C., 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus oryzae*: A critical view. *Protection Ecology* 2, 83 – 130.
24. Korunic, Z. (1997). Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Products Research*. 33 (3): 219-229.
25. Korunic, Z. (1998). Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research* 34 (2-3), 87 – 97.
26. Korunic, Z. (2001). A new type of grain protectant. In *Proceedings Seminar DDD i ZUPP 2007 – Disinfection, Disinfestation, Deratization and Protection of Stored Agricultural Products*, Zagreb, Croatia. pp. 173 – 208.
27. Korunic, Z. (2007). Joint action of ready to use insecticide mixture of plant extract bitterbarkomycin and diatomaceous earth to control stored grain insects. In *Proceedings Seminar DDD i ZUPP 2007 – Disinfection, Disinfestation, Deratization and Protection of Stored Agricultural Products*, Zagreb, Croatia. pp. 375 – 387.
28. Korunic, Z. and Fields, P.G. (1998). *Diatomaceous Earth Insecticidal Composition*. U.S.A. Patent 5,773,017
29. Korunic, Z. and Rozman, V. (2010). A synergistic mixture of diatomaceous earth and deltamethrin to control stored grain insects. In *Proceedings 10th International Working Conference on Stored-Products Protection*, Estoril, Portugal. pp. 894 – 898.
30. Korunic, Z., Cenkowski, S. and Fields, P. (1998). Grain bulk density as affected by diatomaceous earth and application method. *Postharvest Biology and Technology* 13 (1), 81 – 89.
31. Korunic, Z., Fields, P.G., Kovacs, M.I.P., Noll, J.S., Lukow, O.M., Demianyk, C.J. and Shibley, K.J. (1996). The effect of diatomaceous earth on grain quality. *Postharvest Biology and Technology* 9 (3), 373 – 387.
32. Mallis, A. (2004). Stored product pests. *Handbook of Pest Control* (eds. Alain Van Rycheghem), 9<sup>th</sup> edition. pp. 747 – 818.
33. Maloupa, E., Mitsios, I.K., Martinez, P.F. and Bladenopoulou, S. (1992). Study of substrates use in gerbera soilless culture grown in plastic greenhouses. *Acta Horticulturae*. pp. 139 – 144.
34. Michalaki, M.P., Athanassiou, C.G., Steeberg, N.G., and Buchelos, C. (2007). Effect of *Paecilomyces fumosorroseus* (Wise) Brown and Smith (Ascohyta: Hypocreales) alone and in combination with diatomaceous earth against *Tribolium castaneum* Jacquelin duVal (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Biological Control* 2 (40), 280 – 286.

35. Moore, D., Lord, J.C. and Smith, S.M. (2000). Pathogens. In: Bh. Subramanyam and D. W. Hagstrum, *Alternatives to Pesticides in Stored Products IPM*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 193 – 227.
36. Nickson, P.J., Deschmarselier, J.M. and Gibbs, P. (1994). Combination of cooling with a surface application of Dryacide to control insects. In *Proceedings 6<sup>th</sup> International Conference on Stored-Product Protection*, Canberra, Australia. pp. 646 – 649.
37. Quarles, W. (1992). Diatomaceous earth for pest control. *IPM Practitioner* 14, 1 – 11.
38. Quarles, W. and Winn, P. (1996). Diatomaceous earth and stored-product pests. *IPM Practitioner* 18, 1 – 10.
39. Rodrigues – Fuentes, G., Barrios, M.A., Iraizoz, A., Perdomo, I., Cedre, B. (1997). Enterex: Anti-diarrheic drug based on purified natural clinoptilolite. *Zeolites* 19 (5-6), 441 – 448.
40. Round, F.E., Crawford, R.M. and Mann, D.G. (1992). *The Diatoms. Biology & Morphology of the genera.* Cambridge University Press, New York, USA.
41. Rouquerol, J. et al. (1994). Recommendations for the characterization of porous solids (Technical Report). *Pure & Applied Chemistry* 66 (8), 1739 – 1758.
42. Sall, J., Lehman, A., Creighton, L. (2001). *JMP Start Statistics. A guide to Statistics and Data Analysis using JMP and JMP IN Software.* Suxbury Press, Belmont, CA. 491.
43. Shayya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J. and Sukprakarn, C. (1997). Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research* 33 (1), 7 – 15.
44. Stathers, T.E. (2003). Combinations to enhance the efficacy of diatomaceous earths against the larger grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn). In *Proceedings 8<sup>th</sup> International Working Conference of Stored Product Protection*, York, U.K. pp. 925 – 929.
45. Subramanyam, Bh., Roesli, R. (2000). Inert dusts. In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds.), *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 321–380.
46. Vassilakos, T.N., Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G. and Vayias, B.J. (2006). Influence of temperature on the insecticidal effect of *Beauveria bassiana* in combination with diatomaceous earth against *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* on stored wheat. *Biological Control* 38 (2), 270 – 281.
47. Walter, V.E. (1990). Stored product pests. *Handbook of Pest Control* (Story K, Moreland D.). Franzak & Foster Co., Cleveland, OH. pp. 526 – 529.

48. Wirtz, R.A. (1991). Food pests as disease agents. Chapter 36. In: Ecology and management of food industry pests, J.R. Gorham, Ed. FDA Technical Bulletin 4. Assoc. of Official Analytical Chemists, Arlington, Va. 595
49. Zarkovic, N., Zarkovic, K., Kralj, M. et al. (2003). Anticancer and antioxidative effects of micronized zeolite clinoptilolite. Anticancer Research 23 (2B), 1589 – 1595.

## 5.2. Ελληνική

50. Βάρβογλης, Α., Βάρβογλης, Χ. (2014). Ζεόλιθος: ένα ορυκτό, δεκάδες χρήσεις. Το Βήμα. 9 Μαρτίου 2014.
51. Εμμανουήλ, Ν., Μπουχέλος, Κ. (1996). Ζωικοί εχθροί τροφίμων και γεωργικών προϊόντων, Αθήνα, σελ. 30 – 51.
52. Ζιώγας, Ν. Β., Μαρκόγλου, Ν.Α. (2007). Γεωργική Φαρμακολογία. Εκδόσεις ΖΒ. Ζιώγας/Α. Μαρκόγλου. Αθήνα.
53. Θωμαΐδης, Σ. (1992). Καταπολέμηση εντόμων σε αποθηκευμένα σιτηρά. Γεωργική τεχνολογία 10. σελ. 70 – 83.
54. Θωμαΐδης, Σ. (1992). Χρησιμοποίηση φωσφινούχων σκευασμάτων. Γεωργική τεχνολογία 12.
55. Μήτσιος, Ι. Κ. (2001). Εδαφολογία, πυριτικά ορυκτά. σελ. 16 – 23.
56. Μπουχέλος, Κ. (2000). Η ολοκληρωμένη προστασία στα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα. Γεωργία-κτηνοτροφία 2. σελ. 50 – 53.
57. Μπουχέλος, Κ., Αθανασίου, Χ. (2000). Νέες μέθοδοι για ανίχνευση και εκτίμηση προσβολών από κολεόπτερα έντομα σε αποθηκευμένα σιτηρά. Γεωργία-κτηνοτροφία 1. σελ. 16 – 22.
58. Μπουχέλος, Κ. (1996). Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων (Πανεπιστημιακές παραδόσεις ΓΠΑ).
59. Σταμόπουλος, Δ.Κ. (1995). Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
60. Σταμόπουλος Δ.Κ. (2008a). Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
61. Σταμόπουλος, Δ.Κ. (2008b). Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος.