



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

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

Τύπος: Έκθεση

Υπο-παραδοτέο Π2.1.1. «Βιβλιογραφική ανασκόπηση της εμπορικής χρήσης της γης διατόμων εναντίον εντομολογικών εχθρών κατά την αποθήκευση»



DiatomiteThem

DiatomiteThem

Τίτλος Έργου:

Προστασία των αποθηκευμένων δημητριακών με τη χρήση γης διατόμων

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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγικά στοιχεία	3
2. Εφαρμογές ευρείας κλίμακας της γης διατόμων εναντίον εντόμων αποθηκών	4
2.1. Εφαρμογές ευρεία κλίμακας γης διατόμων στο προϊόν	5
2.2. Εφαρμογές ευρεία κλίμακας γης διατόμων σε επιφάνειες (άδειες αποθήκες, σιλό κα)	8
3. Συμπεράσματα	9
4. Βιβλιογραφία	9



1. Εισαγωγικά στοιχεία

Η γη διατόμων αποτελείται από τα απολιθωμένα υπολείμματα διατόμων, ενός τύπου δηλαδή φυτοπλαγκτόν, που αναπτύχθηκε κυρίως κατά την Ηώκαινο και Μειόκαινο περίοδο του Καινοζωικού αιώνα (Korunić, 1998). Τα διάτομα είναι μονοκύτταρα, ευκαρυωτικά μικροφύκη, τα οποία χαρακτηρίζονται από έναν εξωτερικό εξωσκελετό που είναι πλούσιος σε διοξείδιο του πυριτίου, τα απολιθωμένα υπολείμματα του οποίου αποτελούν τη γη διατόμων (Korunić, 1998; Subramanyam and Roesli, 2000). Τα διάτομα είναι άφθονα στα υδάτινα οικοσυστήματα, γλυκού και αλμυρού νερού, αλλά απαντώνται επίσης και στα χερσαία οικοσυστήματα.

Ανάμεσα στις διάφορες κατηγορίες αδρανών υλικών που χρησιμοποιούνται στη φυτοπροστασία, η γη διατόμων κατέχει εξέχουσα θέση, καθώς είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό για αυτό τον σκοπό (Korunić, 1998; Baliota and Athanassiou, 2020). Ειδικότερα όσον αφορά στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων από εντομολογικές προσβολές, ένας σημαντικός αριθμός επιστημονικών εργασιών έχει εστιάσει στην αξιοποίηση της γης διατόμων για την καταπολέμηση των εντόμων στα μετασυλλεκτικά στάδια (Subramanyam and Roesli, 2000). Θα πρέπει όμως να αναφερθεί ότι η πλειονότητα των δεδομένων τα οποία είναι διαθέσιμα, οι όποιες δοκιμές έχουν λάβει χώρα σε εργαστηριακό επίπεδο.

Εξαιτίας των χαρακτηριστικών της, η εφαρμογή της γης διατόμων έχει σημαντικά πλεονεκτήματα για μια σειρά βιομηχανικών εφαρμογών (Subramanyam and Roesli, 2000). Καταρχάς, η γη διατόμων είναι φυσικής προέλευσης υλικό και με δεδομένο τη χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά και το περιβάλλον, η διαδικασία έγκρισης και αδειοδότησης της χρήσης της είναι εξαιρετικά απλή, ακόμα και με βάση την Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Επιπρόσθετα, καθώς η γη διατόμων είναι ένα αδρανές υλικό, δεν έχει οποιαδήποτε αλληλεπίδραση με το προϊόν, ενώ μπορεί εύκολα να απομακρυνθεί μέσω σύντομων διαδικασιών, όπως το κοσκίνισμα (Korunić et al., 1996, Athanassiou and Kavallieratos, 2005, Kavallieratos et al., 2005). Επίσης, η παρουσία της γης διατόμων στο τελικό προϊόν, όπως το αλεύρι ή το σιμιγδάλι, δεν αλλάζει της ιδιότητες του τελικού προϊόντος, όσον αφορά στις μεταποιητικές του δυνατότητες, π.χ. για ψωμί ή για ζυμαρικά (Korunić, 1998, Korunić et al., 1996). Ακόμα, οι γαίες διατόμων είναι ευρέως διαδεδομένες σε διάφορες γεωγραφικές



ζώνες και μπορούν να ληφθούν με σχετικά απλές διαδικασίες (Athanassiou et al., 2011). Φυσικά κοιτάσματα γης διατόμων μπορούν να βρεθούν σε πάρα πολλές περιοχές παγκοσμίως (Athanassiou et al., 2011). Τέλος, εξαιτίας του μηχανικού τρόπου δράσης τους, δεν αναμένεται να αναπτυχθεί εύκολα ανθεκτικότητα στην εφαρμογή τη γης διατόμων, σε αντίθεση με άλλες χημικές εντομοκτόνες ουσίες (Rigaux et al., 2001, Vayias et al., 2006, 2008).

2. Εφαρμογές ευρείας κλίμακας της γης διατόμων εναντίον εντόμων αποθηκών

Η σταδιακή απόσυρση πολλών δραστικών ουσιών που αποτελούσαν μέχρι πρόσφατα πολύτιμα εργαλεία για τη χημική καταπολέμηση των μετασυλλεκτικών, εντομολογικών προσβολών, καθώς και η ανάγκη για πιο φιλικές προς το περιβάλλον φυτοπροστατευτικές πρακτικές (Hagstrum and Phillips, 2017) επανέφεραν τη χρήση της γης διατόμων στο προσκήνιο και οδήγησαν στην επαναξιολόγηση τους σαν εναλλακτικό, αειφορικό τρόπο καταπολέμησης των εντόμων αποθηκών. Αυτή είναι και η αιτία για την οποία οι βιομηχανία έδειξε πάλι ενδιαφέρον για την εμπορική εφαρμογή της γης διατόμων και την ένταξή της στα πρωτόκολλα και τις στρατηγικές καταπολέμησης των εντόμων κατά τα μετασυλλεκτικά στάδια, παρά το γεγονός ότι εμπορικά σκευάσματα γης διατόμων ήταν διαθέσιμα για την προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων ήδη από τη δεκαετία του 1930 (το σκεύασμα “Naaki” στην Γερμανία και το σκεύασμα “Neosyl” στην Αγγλία) (Parkin, 1944). Τις επόμενες δεκαετίες, πολλά σκευάσματα γης διατόμων αξιολογήθηκαν μέσω διεξοδικού εργαστηριακού πειραματισμού και μερικά από αυτά έγιναν και εμπορικά διαθέσιμα σκευάσματα.

Παρά την ύπαρξη όμως εμπορικών σκευασμάτων με βάση τη γη διατόμων, τα αποτελέσματα που αφορούν στην αποτελεσματικότητά τους στην πράξη μετά από εφαρμογές ευρείας κλίμακας σαν προστατευτικά αποθηκευμένων προϊόντων από τις εντομολογικές προσβολές είναι περιορισμένα. Και αυτό γιατί ενώ αρκετά σκευάσματα γης διατόμων είναι εγκεκριμένα για την καταπολέμηση των εντόμων μετασυλλεκτικά, η βιομηχανία σιτηρών αλλά και των υπολοίπων αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων υπήρξε μέχρι σήμερα σκεπτική στην ευρεία χρήση των σκευασμάτων αυτών για την προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων. Και αυτό κυρίως γιατί τα σωματίδια της γης διατόμων μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά μερικές φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των σπόρων που δέχονται την εφαρμογή της γης διατόμων (Korunić et al., 1998), εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ευρεία χρήση της. Ενδεικτικά, για μια αποτελεσματική εφαρμογή



γης διατόμων θα πρέπει να εφαρμόζονται δόσεις μεταξύ 400 και 1000 ppm, οι οποίες όμως έχει αναφερθεί ότι μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά το προϊόν (Korunić et al., 1998). Υπάρχουν όμως αρκετές αναφορές ότι ακόμα και η εφαρμογή χαμηλότερων δόσεων γης διατόμων από τη συνιστώμενη δόση, θα μπορούσε να έχει αρνητική επίδραση στο ειδικό βάρος (γνωστό διεθνώς ως bulk density ή test weight) των σπόρων (Korunić et al., 1996, Korunić, 1998). Όπως είναι γνωστό, το ειδικό βάρος των σπόρων χρησιμοποιείται ευρέως από τη βιομηχανία για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας των σπόρων και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και την τιμή των σπόρων, ενώ η μείωση του μέσω της εφαρμογής της γης διατόμων θεωρείται μεγάλης σημασίας, παρά το γεγονός ότι η μείωση αυτή δεν σχετίζεται με υποβάθμιση της ποιότητας λόγω ξένων υλών η σπασμένων σπόρων. Ο Korunić (1997) αξιολόγησε 42 γαίες διατόμων από διαφορετικά μέρη του κόσμου και ανέφερε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της εντομοκτόνου δράσης της γης διατόμων και της προσκολλητικής ικανότητας των σπόρων με τη μείωση του ειδικού βάρους των σπόρων. Θεωρείται ότι η εντομοκτόνος δράση και η μείωση του ειδικού βάρους μπορεί να συνδέεται με την ικανότητα της γης διατόμων να προσκολλάται στην επιφάνεια των σπόρων, η οποία με τη σειρά της συσχετίζεται θετικά με την εντομοκτόνο αξία και δράση μιας γης διατόμων (Korunić et al., 1998). Συγκεκριμένα, όταν τα σωματίδια της γης διατόμων προσκολληθούν στην επιφάνεια των σπόρων, τα διαστήματα μεταξύ των σπόρων αυξάνονται, επηρεάζοντας την ρευστότητα τους, ως επί το πλείστον σε εκμηχανοποιημένα συστήματα. Έχει βρεθεί ότι όταν εφαρμόζεται 0.5 g γης διατόμων σε 1 κιλό αραβόσιτου, η ρευστότητα των σπόρων μειώνεται κατά περίπου 39% (Jackson and Webley, 1994). Εκτός από τη βιομηχανία των σιτηρών, και η βιομηχανία των μύλων έχει εκφράσει της ανησυχίες της για τη χρήση σκευασμάτων γης διατόμων, καθώς η παρουσία γης διατόμων πάνω στους σπόρους μπορεί να προκαλέσει φθορές ή ακόμα και να καταστρέψει τον μηχανολογικό εξοπλισμό (Korunić, 1998). Προκειμένου να ξεπεραστούν αυτοί οι σημαντικοί περιορισμοί, νέοι τρόποι εφαρμογής της γης διατόμων έχουν προταθεί, με στόχο να μεγιστοποιηθούν τα πλεονεκτήματα της χρήσης τους.

2.1. Εφαρμογές ευρεία κλίμακας γης διατόμων στο προϊόν

Σε εφαρμογές στο πεδίο που έγιναν από το Croatian Plant Protection Institute το 1996 αξιολογήθηκε η εφαρμογή σε ευρεία κλίμακα του εμπορικού σκευάσματος Protect-It® σε δύο περιοχές στην Κροατία (Bertovic, 1997, Hamel, 1997). Αρχικά έγινε μια προληπτική εφαρμογή αμέσως μετά τη συγκομιδή του σιταριού σε μία περιοχή. Στην άλλη περιοχή το



σιτάρι δέχθηκε μια εφαρμογή με γη διατόμων αμέσως μετά τον καθαρισμό του, δηλαδή ενάμιση μήνα μετά τη συγκομιδή. Η γη διατόμων εφαρμόστηκε με δύο τρόπους, σαν σκόνη επίπασης στα 100 ppm και σαν υδατικό διάλυμα στα 150 ppm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δόση των 100 ppm ήταν αποτελεσματική στον έλεγχο των ειδών του γένους *Cryptolestes* spp. (Coleoptera: Cucujidae), ενώ μείωσε σε σημαντικό βαθμό και τον πληθυσμό του είδους *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Αντίθετα, οι συγκεντρώσεις που εφαρμόστηκαν δεν παρείχαν ικανοποιητική προστασία εναντίον των ειδών *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) και *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae).

Σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας στο πεδίο με το ίδιο σκεύασμα γης διατόμων (Protect-It®) στην Ραβένα της Ιταλίας το 1997, έγινε εφαρμογή γης διατόμων στο σιτάρι στα 300 και 600 ppm (Contessi and Mucolini, 1997). Μετά την εφαρμογή, άτομα των *S. oryzae*, *R. dominica* και *T. castaneum* εκτέθηκαν στο προϊόν που είχε δεχθεί την εφαρμογή για 4 εβδομάδες. Με βάση τα αποτελέσματα, προτάθηκε η εφαρμογή της γης διατόμων στα 300 ppm για το *S. oryzae* και στα 600 ppm για τα άλλα δύο είδη εντόμων. Σε παρόμοιες δοκιμές στο πεδίο που πραγματοποιήθηκαν από το Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC), Cereal Research Centre, στο Winnipeg του Καναδά το 1994 και 1995 με το ίδιο εμπορικό σκεύασμα, έγινε εφαρμογή σε 40 τόνους σκληρού σιταριού με 300 ppm γης διατόμων (Protect-It®) σε μεταλλικά σιλό (Fields and Timlick, 1995, Fields et al., 1996). Στις δοκιμές που έγιναν το 1994, μετά την εφαρμογή έγινε τεχνητή επιμόλυνση του προϊόντος από την κορυφή του σωρού των σπόρων με άτομα των ειδών *T. castaneum* και *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae). Με βάση τα αποτελέσματα, μερικούς μήνες μετά ο πληθυσμός του *C. ferrugineus* μειώθηκε στο μηδέν, ενώ ο πληθυσμός του *T. castaneum* μειώθηκε σε ποσοστό μεγαλύτερο του 95% σε σχέση με τον μάρτυρα.

Το 1995 έγιναν δοκιμές σε τρεις περιοχές στην Νότια Μανιτόμπα στον Καναδά σε μεταλλικά σιλό χωρητικότητας 27 έως 80 τόνων που περιείχαν από 16 έως 20 τόνους σκληρό σιτάρι που είχε συγκομιστεί τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο της ίδιας χρονιάς. Όπως είχε γίνει και την προηγούμενη χρονιά, πραγματοποιήθηκαν τεχνητές μολύνσεις με άτομα των ειδών *C. ferrugineus* και *T. castaneum* στην κορυφή του σωρού των σπόρων αμέσως μετά την εφαρμογή με το εμπορικό σκεύασμα γης διατόμων Protect-It®. Η εκτίμηση του πληθυσμού των εντόμων έγινε τόσο με παγίδες pitfall, όσο και με δειγματοληψία σιταριού από τα σιλό. Οι δόσεις που εφαρμόστηκαν ήταν 75 και 100 ppm



γης διατόμων με επίταση, ενώ σε κάθε περίπτωση υπήρχε και μάρτυρας που δεν είχε δεχθεί μεταχείριση. Επιπρόσθετα, πραγματοποιήθηκε και μια εφαρμογή με ψεκασμό υδατικού διαλύματος στα 100 ppm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πληθυσμοί του *C. ferrugineus* καταπολεμήθηκαν και από τις τρεις μεταχειρίσεις (75 και 100 ppm σκόνη επίτασης και 100 ppm υδατικό διάλυμα με ψεκασμό), καθώς οι πληθυσμοί του είδους αυτού μειώθηκαν στα σιλό που είχαν δεχθεί τις εφαρμογές κατά 87.5-99.8% σε σχέση με τον μάρτυρα. Αντίθετα, οι πληθυσμοί του *T. castaneum* μειώθηκαν αλλά δεν ελέγχθηκαν πλήρως ακόμα και από την πιο αποτελεσματική εφαρμογή, δηλαδή την εφαρμογή σκόνη επίτασης στη δόση των 100 ppm.

Το ίδιο εμπορικό σκεύασμα (Protect-It®) αξιολογήθηκε και σε εμπορικές εφαρμογές στο πεδίο στις επαρχίες Sichuan και Guangdong στην Κίνα το 1997 σε μαλακό και σκληρό σιτάρι και ρύζι εναντίον των ειδών *T. castaneum*, *R. dominica* και *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) (Korunić, 2013). Σαν μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε το χημικό εντομοκτόνο fenitrothion (65% EC). Με βάση τα αποτελέσματα οι δόσεις που εξασφάλισαν ικανοποιητική προστασία (90-100% θνησιμότητα των εντόμων), αντίστοιχη του μάρτυρα (8 ppm fenitrothion) ήταν τα 300-500 ppm για τα είδη *S. zeamais* και *T. castaneum* στο σιτάρι και το ρύζι, 500-700 ppm για τον έλεγχο του είδους *R. dominica* στο σιτάρι και 300-500 για τον έλεγχο του είδους *R. dominica* στο ρύζι. Επιπρόσθετα, στις δοκιμές αυτές έγινε αντιληπτή και η μεγάλη υπολειμματική διάρκεια της εντομοκτόνου δράσης του σκευάσματος γης διατόμων που αξιολογήθηκε (Protect-It®), καθ' όσον η γη διατόμων δεν αλληλεπιδρά με το περιβάλλον, σε αντίθεση με τα συμβατικά προστατευτικά εντομοκτόνα (Korunić, 1998).

Στη Βραζιλία έγιναν δοκιμές σε μεταλλικά σιλό των 90 τόνων με κριθάρι με ένα τοπικό σκεύασμα γης διατόμων (Rupp et al., 1998). Η εφαρμογή της γης διατόμων έγινε είτε με επίταση (1500 ppm) είτε με ψεκασμό (300 ppm) κατά τη μεταφορά του κριθαριού με τον ιμάντα μεταφοράς (conveyor belt) στο σιλό. Το κριθάρι αποθηκεύτηκε για 6 μήνες. Σε αντίθεση με τον μάρτυρα στον οποίο οι πληθυσμοί των εντόμων ήταν μεγάλοι, στο κριθάρι που δέχθηκε τις εφαρμογές της γης διατόμων οι αριθμοί των ατόμων των εντόμων (είδη του γένους *Sitophilus*) ήταν χαμηλοί.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ένα από τα μειονεκτήματα της εφαρμογής της γης διατόμων είναι η μείωση του ειδικού βάρους των σπόρων που έχουν δεχθεί την εφαρμογή. Προκειμένου να μειωθεί αυτή η δυσμενής επίδραση της εφαρμογής στο προϊόν έχει



προταθεί να γίνεται εφαρμογή σε ένα μέρος μόνο του προϊόντος (layer-treatment), το οποίο είναι συνήθως το ανώτερο στρώμα του σωρού των δημητριακών. Η μέθοδος αυτή δοκιμάστηκε σε ευρεία κλίμακα στο Οντάριο του Καναδά (Korunic and Mackay, 2000), όπου εφαρμόστηκε το εμπορικό σκεύασμα Protect-It® σαν επιφανειακή εφαρμογή (surface layer-treatment, διαδικασία η οποία είναι επίσης γνωστή και ως “top-dressing”) σε σκληρό σιτάρι (hard red spring wheat) εναντίον τριών ειδών εντόμων, δηλαδή των *S. oryzae*, *T. castaneum* και *R. dominica*. Όλες οι εφαρμογές, δηλαδή εφαρμογή 500 και 750 ppm σε βάθος 50 και 100 εκ., ήταν αποτελεσματικές στην μείωση του αριθμού των εντόμων των τριών ειδών που αξιολογήθηκαν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 98% σε σχέση με τους μάρτυρες. Όσον αφορά στο ειδικό βάρος, οι εφαρμογές με 500 και 750 ppm γης διατόμων μείωσαν το ειδικό βάρος των σπόρων στα 4.9 και 5.2 kg/hL. Τα αποτελέσματα αυτών των βιοδοκιμών οδήγησαν τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή με 500 ppm γης διατόμων σε βάθος 100 εκ. είναι αρκετή για τον έλεγχο των ειδών *S. oryzae*, *R. dominica* και *T. castaneum*. Όσον αφορά στην ποσότητα των σπόρων που πρέπει να δεχτούν την εφαρμογή, οι ερευνητές πρότειναν ότι εφαρμογή ακόμη και στο 20% της συνολικής ποσότητας των σπόρων δεν έχει τόσο μεγάλη αρνητική επίδραση στο ειδικό βάρος των σπόρων.

2.2. Εφαρμογές ευρεία κλίμακας γης διατόμων σε επιφάνειες (άδειες αποθήκες, σιλό κα)

Πέρα από την εφαρμογή της γης διατόμων απευθείας στο προϊόν, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η εφαρμογή της σε άδειες αποθηκευτικές εγκαταστάσεις και επιφάνειες (surface treatment). Στόχος αυτών των εφαρμογών είναι να καταπολεμηθούν οι πληθυσμοί των εντόμων που πιθανώς επιβιώνουν σε υπολείμματα προϊόντος στις άδειες εγκαταστάσεις. Για παράδειγμα, το εμπορικό σκεύασμα γης διατόμων Protect-It® εφαρμόστηκε σε δύο δόσεις, 3 and 7 g/m², σε άδειους κάδους αποθήκευσης (bins) το καλοκαίρι του 1997 στην κεντρική Οκλαχόμα, μια περιοχή που παράγει κατεξοχήν σιτάρι στις ΗΠΑ (Phillips and Bonjour, 1997). Τα έντομα στόχοι ήταν τα είδη *S. oryzae* και *R. dominica*. Με βάση τα αποτελέσματα, η χαμηλή δόση εφαρμογής προκάλεσε θνησιμότητα των εντόμων μεταξύ 90 και 100% μία εβδομάδα μετά την εφαρμογή.

Χρησιμοποιώντας το ίδιο εμπορικό σκεύασμα σε άδειους κάδους αποθήκευσης, αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα της γης διατόμων μετά από εφαρμογή μεγάλης κλίμακας εναντίον των ειδών *S. zeamais* και *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) (Mason, 1997). Το είδος *T. confusum* θεωρείται ένα από τα πιο



ανθεκτικά είδη εντόμων στην γη διατόμων γι' αυτό και επιλέχθηκε για αυτή τη σειρά πειραματισμών. Συγκεκριμένα, οι εφαρμογές έγιναν σε δύο μεταλλικά σιλό χωρητικότητας 218 τόνων (9.1 μέτρα ύψος και 4.3 μέτρα διάμετρο) στην πολιτεία της Indiana το 1997, τα οποία ήταν και τα δύο εξοπλισμένα με σύστημα αερισμού. Οι εφαρμογές της γης διατόμων σε μορφή σκόνης έγιναν μέσω του συστήματος αερισμού των σιλό σε δύο δόσεις, δηλαδή 3 και 7 g/m², ενώ επιτεύχθηκε πλήρης έλεγχος του εντόμου *S. zeamais* με τη χαμηλή δόση εφαρμογής (3 g/m²) και ικανοποιητικός έλεγχος του *T. confusum* (94% θνησιμότητα) με την εφαρμογή της υψηλής δόσης (7 g/m²). Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι η γη διατόμων θα μπορούσε να αξιοποιηθεί με επιτυχία σε εφαρμογές σε επιφάνειες, όπως τοίχοι, πατώματα κ.α.

Σε άλλες εφαρμογές μεγάλης κλίμακας εφαρμόστηκε η γη διατόμων σε υγρή μορφή σαν υδατικό διάλυμα στο Queensland της Αυστραλίας. Σε αυτές τις δοκιμές αξιολογήθηκε το εμπορικό σκεύασμα Dryacide με πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα για το σκεύασμα αυτό (Bridgeman, 1994, Bridgeman and Collins, 1994). Σε άλλες περιπτώσεις, η γη διατόμων συνδυάστηκε με εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών (heat treatment) για την αντιμετώπιση των εντόμων σε άδειες αποθηκευτικές εγκαταστάσεις στο Οντάριο του Καναδά (Fields et al., 1997). Στις συγκεκριμένες δοκιμές, έντομο-στόχος ήταν το είδος *T. confusum*, ενώ η εφαρμογή έγινε με επίπαση του δαπέδου με 1 έως 2 g/m² γης διατόμων και ταυτόχρονη εφαρμογή θερμότητας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παρουσία της γης διατόμων τα ενήλικα *T. confusum* θανατώνονταν σε μια μέση θερμοκρασία των 40 °C, ενώ για τα άτομα που δεν είχαν δεχθεί εφαρμογή γης διατόμων, η αντίστοιχη θανατηφόρα θερμοκρασία ήταν οι 46 °C. Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων είχε σαν αποτέλεσμα και την αύξηση της ταχύτητας θανάτωσης των εντόμων, καθώς τα έντομα θανατώθηκαν μετά από 17 ώρες κατά μέσο όρο μετά την εφαρμογή των υψηλών θερμοκρασιών παρουσία γης διατόμων, ενώ χρειάστηκαν περίπου 35 ώρες ώστε να επέλθει ο θάνατος των εντόμων απουσία γης διατόμων. Στην ίδια λογική με τη συνδυασμένη εφαρμογή της γης διατόμων με υψηλές θερμοκρασίες, έχει δοκιμαστεί και η εφαρμογή της σε μεγάλη κλίμακα συνδυαστικά με χαμηλές θερμοκρασίες (Nickson et al., 1994) ή ακόμα και φωσφίνη (Winks et al., 1994). Τα παραπάνω στοιχεία είναι ιδιαίτερα σημαντικά, καθώς καταδεικνύουν το στρες (καταπόνηση) που προκαλεί η γη διατόμων στα έντομα που έχουν εκτεθεί σε αυτή και την πιθανή συνεργιστική δράση με άλλες ουσίες. Ιδιαίτερα στην περίπτωση της θερμικής επεξεργασίας/εφαρμογής (heat treatment), η ταυτόχρονη παρουσία της γης διατόμων φαίνεται να μειώνει σημαντικά το



χρόνο που χρειάζεται για την πλήρη θνησιμότητα των εντόμων αποθηκών, καθώς και την απαιτούμενη θερμοκρασία.

3. Συμπεράσματα

Όπως έγινε κατανοητό με τα παραπάνω παραδείγματα, η εφαρμογή της γης διατόμων σε μεγάλη κλίμακα έχει δώσει σε πολλές περιπτώσεις πολύ καλά αποτελέσματα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τα σημαντικά πλεονεκτήματα της γης διατόμων, όπως η δυνατότητα εύκολης απομάκρυνσης της από το προϊόν, η μεγάλη υπολειμματική δράση της, η μεγάλη ασφάλεια στη χρήση της όταν λαμβάνονται οι απαραίτητες προφυλάξεις, καθώς και ο διαφορετικός τρόπος δράσης της σε σχέση με τα συμβατικά εντομοκτόνα, καθιστούν τη γη διατόμων ένα πολύτιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών κατά τα στάδια της αποθήκευσης στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης των εντομολογικών προσβολών στα μετασυλλεκτικά στάδια.

4. Βιβλιογραφία

Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G. (2005). Insecticidal effect, and adherence of PyriSec® in different grain commodities. *Crop Protection* 24: 703–710.

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

Baliota G. V., Athanassiou C. G. (2020). Evaluation of a Greek diatomaceous earth for stored product insect control and techniques that maximize its insecticidal efficacy. *Applied Sciences* 10: 6441.

Bertovic V. (1997). The first experimental application of diatomaceous earth (Protect-It®) in Croatia. In *Proceedings Seminar ZUPP'97, Zagreb, Croatia*. pp. 95-99.

Bridgeman B.W. (1994). Structural treatment with amorphous silica slurry: an integral component of GRAINCO's IPM strategy. In: *Proceedings 6th International Conference on Stored-Product Protection, Canberra, Australia*, pp. 628-630.



Bridgeman B.W., Collins P.J. (1994). Integrated Pest management in the Grainco, Queensland, Australia, Storage System. In: Proceedings 6th International Conference on Stored-Product Protection, Canberra, Australia, pp. 910-914.

Contessi A., Mucciolini G. (1997). Prove comparative insetticida di polveri silicee a base di zeoliti e di farina fossile diatomee. Ravenna, Italy. Report Regione Emilia Romagna, Servizio fitosanitario.

Fields P.G., Timlick B. (1995). Efficacy assessment of Super Insecolo. Report of Agriculture and Agri-Food Canada, Cereal Research Center, Winnipeg, Mb, Canada.

Fields P.G., White N., MacKay A., Korunic Z. (1996). Efficacy assessment of Protect-It. Report of Agriculture and Agri-Food Canada, Cereal Research Center, Winnipeg, Mb, Canada, pp. 35.

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

Hagstrum D. W., Phillips T. W. (2017). Evolution of stored-product entomology: Protecting the world food supply. *Annual Review of Entomology* 62: 379–397.

Hamel D. (1997). The efficacy of Protect-It (diatomaceous earth) on stored-product pests applying by dusting. In Proceedings Seminar ZUPP'97, Zagreb, Croatia. pp. 89-94.

Jackson K., Webley D. (1994). Effects of dryacide on the physical properties of grains, pulses and oilseeds. In *Stored Product Protection, Proceedings of the Sixth International Conference on Stored Product Protection, Canberra, Australia*; Highley E., Wright E. J., Banks H. J., Champ B. R., Eds.; University Press: Cambridge, UK, pp. 635–637.

Kavallieratos N. G., Athanassiou C. G., Paschalidou F. G., Andris N. S., 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: 660–666.



Korunić Z., Fields P. G., Kovacs M. I. P., Noll J. S., Lukow O. M., Demianyk C. J., Shibley K. J. (1996). The effect of diatomaceous earth on grain quality. *Postharvest Biology and Technology* 9: 373–387.

Korunić Z. (1997). Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. *Journal of Stored Product Research* 33: 219–229.

Korunić Z. (1998). Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research* 34: 87–97.

Korunić Z., Cenkowski S., Fields P. G. (1998). Grain bulk density as affected by diatomaceous earths and application method. *Postharvest Biology and Technology* 13: 81–89.

Korunić Z., Mackay A. (2000). Grain surface-layer treatment of diatomaceous earth for insect control. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju* 51: 1-11.

Korunić Z. (2013). Diatomaceous Earths – Natural Insecticides. *Pesticidi i fitomedicina (Pesticides and Phytomedicine)* 28: 77–95.

Mason L. (1997). Activity of Protect-It in empty granaries against two stored-product pests. Purdue University. Report prepared by Department of Entomology, Food and Pest Management.

Nickson P.J., Deschmarselier J.M., Gibbs P. (1994). Combination of cooling with a surface application of Dryacide® to control insects. In *Proceedings 6th International Conference on Stored-Product Protection, Canberra, Australia*. p. 646-649.

Parkin E. A. (1944). Control of the granary weevil with finely ground mineral dusts. *Annals of Applied Biology* 31: 84–88.

Phillips T.W., Bonjour E.L. (1997). Application of Protect-It to empty grain bins: Insect mortality and deposition rates. Stillwater, USA: Oklahoma State University. Report by Department of Entomology and Plant Pathology.

Rigaux M., Haubruge E., Fields P. G. (2001). Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 101 33–39.



Rupp M.M.M., Lazzari F.A., Lazzari S.M.N. (1998). Insect control on stored malting barley with diatomaceous earth in Southern Brazil. In Proceedings 7th International Working Conference on Stored-product Protection, Beijing, PR China. pp. 77-78.

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

Vayias B. J., Athanassiou C. G., Kavallieratos N. G., Buchelos C. T. (2006). Susceptibility of different European populations of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) to five diatomaceous earth formulations. Journal of Economic Entomology 99: 1899–1904.

Vayias B.J., Athanassiou C.G., Buchelos C.T. (2008). Evaluation of resistance development by *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) to diatomaceous earth under laboratory selection. Journal of Stored Product Research 44: 162–168.

Winks R.G., Deschmarchelier J.M., Russell G.F., Hyne E., Allen S.E. (1994). Phosphine and its application to stored products. Canberra, Australia: SGRL Stored Grain Research Laboratory, CSIRO Division of Entomology. Annual Report.