

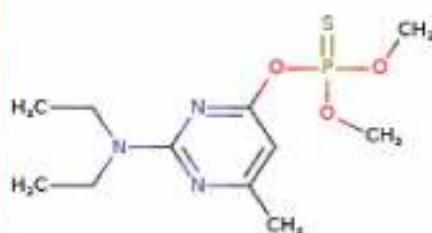


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Υπολειμματική δράση του εντομοκτόνου pirimiphos-methyl κατά
του *Sitophilus oryzae* σε διάφορες επιφάνειες»**



Αδαμάκη-Σωτηράκη Χριστίνα

Επιβλέπων Καθηγητής: **Τσιρόπουλος Νικόλαος**

Φεβρουάριος 2019

Βόλος

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Υπολειμματική δράση του εντομοκτόνου pirimiphos-methyl κατά του
Sitophilus oryzae σε διάφορες επιφάνειες»**
**«Residual efficacy of pirimiphos-methyl against *Sitophilus oryzae*, in different
surfaces»**

Αδαμάκη-Σωτηράκη Χριστίνα

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Τσιρόπουλος Νικόλαος

Καθηγητής Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας, Τμήμα Γεωπονίας
Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αθανασίου Χρήστος

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

Παπαδόπουλος Νικόλαος

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

Φεβρουάριος 2019

Βόλος

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία
εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του
ΤΓΦΠΑΠ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με τη διεκπεραίωση της παρούσας μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου Τσιρόπουλο Νικόλαο, Καθηγητή του Εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας καθώς και τον Καθηγητή του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Αθανασίου Χρήστο που μου έδωσαν την ευκαιρία να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα και να συνδυάσω δύο εξαιρετικά ενδιαφέροντες κλάδους της επιστήμης της Γεωπονίας. Ακόμη θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για τη βοήθεια που μου προσέφεραν με τις πολύτιμες συμβουλές και γνώσεις τους.

Ευχαριστώ επίσης τον Παπαδόπουλο Νικόλαο, Καθηγητή Εντομολογίας και Εφαρμοσμένης Ζωολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για τη συμμετοχή του στην τριμελή εξεταστική επιτροπή καθώς και για τις συμβουλές του.

Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω το προσωπικό του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας και ιδιαίτερα τον Δρ. Ρούμπο Χρήστο και την Υποψήφια Διδάκτορα Αγραφιώτη Παρασκευή, για τον πολύτιμο χρόνο τους αλλά και για τη βοήθειά τους σε οποιοδήποτε εμπόδιο ή απορία προέκυψε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αλλά και της συγγραφής της παρούσας μελέτης. Μάλιστα η ευχάριστη διάθεσή και η εμπύχωση τους έκανε την εκπόνηση της μελέτης πολύ ευκολότερη. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την Υποψήφια Διδάκτορα στο Εργαστήριο Ζιζανιολογίας Λιάβα Βασιλική για την πολύτιμη βοήθειά της στην εφαρμογή της αναλυτικής μεθοδολογίας της εργασίας.

Τέλος θα ήταν παράλειψή μου να μην ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου, την αδελφή μου και την οικογένειά μου για την κατανόηση και την ψυχολογική στήριξη που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειας. Ακόμη οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ τους φίλους μου Χούπη Δέσποινα, Κολοφωτιά Γεωργία, Τζιφοπούλου Γεωργία και Μουτσινά Γιάννη που συνέχισαν να είναι δίπλα μου και να δείχνουν κατανόηση ακόμη και όταν ο χρόνος που κατάφερα να τους αφιερώσω ήταν περιορισμένος. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πολύτιμο φίλο μου Σπαράγγη Παναγιώτη για τις εποικοδομητικές συζητήσεις μας και την αμέριστη συμπαράσταση.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 Υποβάθμιση της αξίας και της ποιότητας των αποθηκευμένων προϊόντων	8
1.1.1 Κίνδυνοι ποσοτικών απωλειών σπόρων.....	8
1.1.2 Κίνδυνοι υγειονομικής σημασίας.....	9
1.2 Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων	10
1.2.1 Sitophilus oryzae	12
1.3 Υλικά κατασκευής σε αποθήκες δημητριακών.....	13
1.4 Μέθοδοι αντιμετώπισης εντόμων αποθηκών	14
1.4.1 Χημικές μέθοδοι απεντόμωσης.....	14
1.4.2 Φυσικές μέθοδοι απεντόμωσης	17
1.4.3 Βιολογικές.....	19
2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	21
3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	22
3.1 Εντομοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε.....	22
3.2 Διαδικασία εκτροφής	22
3.3 Επιφάνειες τριβλίων	23
3.4 Παρασκευή ψεκαστικών διαλυμάτων	24
3.5 Εφαρμογή εντομοκτόνου σε τρυβλία.....	24
3.6 Βιοδοκιμές - Μετρήσεις θνησιμότητας & περιορισμένης κίνησης	25
3.7 Προσδιορισμός υπολειμμάτων pirimiphos-methyl.....	26
3.7.1 Ποιοτική ανάλυση	26
3.7.2 Πρότυπη ουσία – Πρότυπα διαλύματα	27
3.7.3 Εκχύλιση τριβλίων	27
3.7.4 Χρωματογραφικός προσδιορισμός του pirimiphos methyl.....	27
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	29
4.1 Αποτελέσματα πορείας υπολειμμάτων.....	29
4.2 Αποτελέσματα βιοδοκιμών	35
5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	58
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης διερευνήθηκε η υπολειμματικότητα και η εντομοκτόνος δράση του οργανοφωσφορικού εντομοκτόνου pirimiphos-methyl εναντίον ενηλίκων του εντόμου αποθηκών *Sitophilus oryzae* μετά από ψεκασμό σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου, οι οποίες αποθηκεύτηκαν για 4 μήνες σε δύο συνθήκες φωτισμού [έκθεση στο φως (12:12) και σκοτάδι]. Το σκεύασμα του εντομοκτόνου που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Actellic 50 EC και η δόση που εφαρμόστηκε ήταν 0,05 mg δραστικής ουσίας/cm² επιφάνειας. Συνολικά διενεργήθηκαν 4 σειρές βιοδοκιμών, μία αμέσως μετά την εφαρμογή και άλλες τρεις μετά από 1, 2 και 4 μήνες αποθήκευσης των ψεκασμένων επιφανειών. Για την αξιολόγηση των βιοδοκιμών, καταγράφονταν το ποσοστό ημιθανών (knockdown) και νεκρών ατόμων μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης στις ψεκασμένες επιφάνειες. Η πορεία των υπολειμμάτων του pirimiphos-methyl στις ψεκασμένες επιφάνειες καταγράφονταν σε τακτά χρονικά διαστήματα έως και 120 ημέρες μετά την εφαρμογή (HME). Τα υπολείμματα του pirimiphos-methyl προσδιορίστηκαν με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης με ανιχνευτή υπεριώδους μετά από εκχύλιση τους από τις επιφάνειες με μεθανόλη. Η ποσοστιαία μείωση του pirimiphos-methyl στις επιφάνειες μετάλλου σε 120 HME ήταν 33,4% στο σκοτάδι και 66,7% στο φως. Όσον αφορά στις επιφάνειες τσιμέντου η μείωση της συγκέντρωσης του pirimiphos-methyl σε 120 HME ήταν υψηλή τόσο στο σκοτάδι όσο και στο φως (99%). Όσον αφορά τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών, παρατηρήθηκε ότι η θνησιμότητα των εντόμων στις επιφάνειες μετάλλου ήταν υψηλή (>85% σε όλες τις περιπτώσεις), καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, ανεξάρτητα από την έκθεση ή όχι των επιφανειών στο φως. Αντίθετα στις επιφάνειες τσιμέντου οι οποίες εκτέθηκαν στο φως, η θνησιμότητα ήταν υψηλή μόνο τον πρώτο μήνα αμέσως μετά τον ψεκασμό (Μήνας 0) (78% μετά από 14 ημέρες έκθεσης), όμως μετά τον πρώτο μήνα αποθήκευσης η θνησιμότητα των εντόμων μειώθηκε ραγδαία και δεν ξεπέρασε, σε όλες τις περιπτώσεις, το 15%.

ABSTRACT

In the context of this study, the fate of residual and insecticidal activity of the organophosphate insecticide pirimiphos-methyl as surface treatment on cement and metal, which has been stored for 4 months under two lighting conditions [light exposure (12:12), darkness], was evaluated in laboratory against adults of the store insect *Sitophilus oryzae*. The formulation of the insecticide used was Actellic 50 EC applied at the dose of 0.05 mg/cm². A bioassay was initiated at the day of storage and every 4 weeks for 3 consecutive months (4 bioassays in total). Mortality of the exposed adult beetles was measured after 3 and 7 days of exposure. Residues of pirimiphos-methyl on the sprayed surfaces was measured at regular intervals until 120 days after application. Residues were determined by high performance liquid chromatography with an ultraviolet detector after extraction from the surfaces with methanol. The reduction of pirimiphos-methyl concentration on metal surfaces at 120 days after spraying was 33.4% in the dark and 66.7% in the light. Regarding to cement surfaces 120 days after spraying, the percent reduction of pirimiphos-methyl was high; 99%. According bioassays' results mortality on metal surfaces was high (> 85% in all cases) throughout the experiment, regardless of whether or not the surfaces were exposed to light. Mortality for cement surfaces exposed to light was high the first month (Month 0) (78% after 14 days of exposure), but after one month of storage, insect mortality declined rapidly and did not exceeded 15% in all cases.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο συνεχώς αυξανόμενος πληθυσμός της γης απαιτεί από τη σύγχρονη κοινωνία την παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας προϊόντων σε μικρότερες εκτάσεις γης και την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των απωλειών των παραχθέντων προϊόντων κατά το στάδιο συντήρησής τους. Παράλληλα βέβαια η διατροφική αξία και η ποιότητα θα πρέπει να διατηρούνται σε υψηλά επίπεδα. Τα 2/3 του παγκόσμιου πληθυσμού έχουν ως βασική πηγή διατροφής την πρωτεΐνη που περιέχεται σχεδόν αποκλειστικά σε τρία προϊόντα: το σιτάρι, το ρύζι και τον αραβόσιτο, αφού δεν έχουν συχνή πρόσβαση σε προϊόντα ζωικής προέλευσης (Αθανασίου, 2018). Στις αναπτυσσόμενες χώρες μάλιστα τα προϊόντα αυτά αποτελούν το 30% της πηγής θερμίδων για περισσότερους από 4.5 δισεκατομμύριο ανθρώπους, ενώ μέχρι το 2050 προβλέπεται ότι η ζήτηση στις χώρες αυτές θα διπλασιαστεί (Manu *et al.*, 2018). Ο Cordain (1999) αναφέρει συγκεκριμένα ότι οκτώ δημητριακά όπως το σιτάρι, ο αραβόσιτος, το ρύζι, το κριθάρι, το σόργο, η βρώμη, η σίκαλη και το κεχρί παρέχουν το 56% της ενέργειας που λαμβάνει ο άνθρωπος από τα τρόφιμα και το 50% της πρωτεΐνης που καταναλώνεται στη γη. Από τα σιτηρά αυτά ξεχωρίζουν το σιτάρι, ο αραβόσιτος και το ρύζι καθώς αποτελούν το 75% της παραγωγής σιτηρών παγκοσμίως. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα είναι το γεγονός ότι πολλοί κλάδοι της βιομηχανίας τροφίμων και ποτών χρησιμοποιούν τα δημητριακά ως πρώτη ύλη για την παρασκευή προϊόντων, όπως αλεύρι, ψωμί, είδη ζαχαροπλαστικής, ζύθο και διάφορα αποστάγματα (Vassilakos *et al.*, 2015).

Τα προϊόντα που έχουν χαμηλή υγρασία, όπως το σιτάρι, τα άλευρα, τα ψυχανθή και τα αποξηραμένα φρούτα είναι αυτά που αποθηκεύονται για μεγάλο χρονικό διάστημα και το χαρακτηριστικό αυτό συνδέεται άμεσα με τη διατροφική επάρκεια της ανθρωπότητας. Μακρά συντήρηση, όμως, συνεπάγεται και μεγαλύτερη έκθεση σε εχθρούς. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους τα προϊόντα αυτά προσβάλλονται από διάφορους εχθρούς και παθογόνα, που πολλές φορές υποβαθμίζουν την αξία τους και προκαλούν σημαντική οικονομική ζημία. Είναι προφανές λοιπόν ότι ο ορθός τρόπος διαχείρισης και αποθήκευσης των σπόρων με χαμηλή υγρασία αποτελούν στοιχεία μείζονος σημασίας για την επισιτιστική ασφάλεια καθώς μηδενίζοντας τις απώλειες αυτές θα ήταν δυνατόν να καλυφθούν εξ ολοκλήρου οι ανάγκες των υποσιτισμένων χωρών. Βασικοί πυλώνες για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι η κατανόηση του γεγονότος ότι όσο σημαντική είναι η ορθολογική χρήση

φυτοπροστατευτικών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, εξίσου σημαντική είναι και η σωστή χρήση των εντομοκτόνων μετασυλλεκτικά κατά την αποθήκευση των προϊόντων (Balkonič *et al.*, 2014; Vassilakos *et al.*, 2015).

Για τη χρήση και την εφαρμογή ενός εντομοκτόνου αποθήκης παράγοντα κλειδί αποτελεί η υπολειμματική του δράση. Υπάρχει μια πληθώρα παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν την υπολειμματικότητα ενός εντομοκτόνου, αλλά ίσως ένας από τους πιο σημαντικούς είναι ο τύπος της επιφάνειας όπου θα εφαρμοσθεί. Οι επιφάνειες ποικίλουν από υλικά χωρίς πόρους, όπως μέταλλο, κεραμίδι και γυαλί, έως αρκετά πορώδη, όπως ξύλο και τσιμέντο (Arthur, 2012; Rumbos *et al.*, 2014).

1.1 Υποβάθμιση της αξίας και της ποιότητας των αποθηκευμένων προϊόντων

Τα έντομα αποθηκών διαδόθηκαν και εγκαταστάθηκαν στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη από τότε που ο άνθρωπος ξεκίνησε να αποθηκεύει τα προϊόντα μετά τη συγκομιδή τους. Διάφορα είδη εντόμων ξεκίνησαν έτσι να ανταγωνίζονται τον άνθρωπο όσον αφορά τους διαθέσιμους πόρους τροφής, πολλά από αυτά μεταδίδουν ασθένειες, ενώ η ύπαρξή τους και μόνο στα προϊόντα προκαλεί συχνά δυσφορία. Η προσβολή των προϊόντων από εντομολογικούς εχθρούς υποβαθμίζει την ποιότητα τους και συνεπώς την εμπορική τους αξία ενώ δεν είναι λίγες οι φορές που θέτει την υγεία του ανθρώπινου είδους σε κίνδυνο (Geier, 1966).

1.1.1 Κίνδυνοι ποσοτικών απωλειών σπόρων

Η αλυσίδα της πορείας των δημητριακών ξεκινάει με διεργασίες όπως το αλώνισμα, συνεχίζεται με τη ξήρανση, τη μεταφορά, την αποθήκευση, την άλεση ενώ περιλαμβάνει ακόμη και τα τελικά στάδια της κατάληξης των προϊόντων στα ράφια των σούπερ μάρκετ και των καταναλωτών. Εάν σε κάποιο από αυτά τα στάδια οι διεργασίες, οι έλεγχοι και τα προληπτικά μέτρα δεν εφαρμοσθούν σωστά οι απώλειες των προϊόντων δε θα αργήσουν να εμφανισθούν.

Το πρώτο στάδιο της αλυσίδας όπου μπορεί να υποστούν αλλοίωση οι σπόροι είναι η συλλογή τους από το χωράφι. Λάθος χειρισμοί έχουν ως συνέπεια οι σπόροι να φτάνουν στο χώρο αποθήκευσης με υψηλή υγρασία ή σπασμένοι. Κατά το ίδιο στάδιο παράλειψη καταπολέμησης των εχθρών των καλλιεργειών μπορεί να προκαλέσει προσβολή των σπόρων. Τα προϊόντα αυτά σε επόμενο στάδιο θα αποτελέσουν εστία "μόλυνσης" για τα μη προσβεβλημένα προϊόντα που φυλάσσονται ήδη στην αποθήκη

και συνεπώς η προσβολή θα εξαπλωθεί. Βέβαια ακόμη και αν τα τελικά προϊόντα σταλούν απαλλαγμένα από εντομολογικούς εχθρούς, τα έντομα αποθηκών είναι ικανά να διαπεράσουν τις συσκευασίες των προϊόντων κατά τη μεταφορά, την αποθήκευση, την παραμονή στα καταστήματα λιανικής πώλησης ή ακόμη και όταν το προϊόν καταλήξει στον καταναλωτή. Υπάρχουν δύο τύποι εντόμων που προσβάλλουν τα συσκευασμένα προϊόντα: τα έντομα τα οποία μπορούν να ανοίξουν τρύπες στα υλικά συσκευασίας και τα έντομα "εισβολείς", τα οποία εισέρχονται στις συσκευασίες από ήδη υπάρχουσες οπές. Τα είδη *Sitophilus* spp., *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) και *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, ενώ τα είδη *Tribolium* spp., *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae) και *Oryzaephilus* spp. στη δεύτερη (Hou *et al.*, 2004; Σταμόπουλος, 2013).

Όμως οι πιο συχνές προσβολές είναι αυτές οι οποίες συμβαίνουν σε ενδιάμεσα στάδια κατά τη διάρκεια δηλαδή της παραμονής των προϊόντων στους χώρους αποθήκευσης. Αυτό συμβαίνει εξ' αιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και της αυξημένης υγρασίας των αποθηκευτικών χώρων, ενώ η μεταφορά και διανομή των αγροτικών προϊόντων παράτεινε το χρόνο αποθήκευσης και κατά συνέπεια τον όγκο και την ένταση των προσβολών (Lucas *et al.*, 2002). Το φαινόμενο αυτό εμφανίζει έξαρση σε περιοχές με τέτοιου είδους συνθήκες όπως είναι οι σε χώρες της Βόρειας Αφρικής. Το μέγεθος των ζημιών μετά τη συγκομιδή ανέρχεται στο 9% στις ανεπτυγμένες χώρες, ενώ πολλές φορές υπερβαίνει το 20% στις αναπτυσσόμενες χώρες (Phillips *et al.*, 2010). Είναι γενικώς αποδεκτό ότι κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς χάνεται 5–15% του συνολικού βάρους των σπόρων (Padin *et al.*, 2002). Φτάνει να λάβει κανείς υπόψη του ότι μόνο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης χάνεται το 4-6% των σπόρων, με τα έντομα να είναι η κυριότερη αιτία (80%) των απωλειών αυτών (Manu *et al.*, 2018; Wijayarathne *et al.*, 2018).

1.1.2 Κίνδυνοι υγειονομικής σημασίας

Η παρουσία εντόμων στους χώρους αποθήκευσης προϊόντων είναι κοινώς αποδεκτό ότι αποτελεί σοβαρή απειλή για την υγεία των ανθρώπων, των οικόσιτων ζώων και των ζώων φάρμας. Μια από τις βασικότερες απειλές αφορά την υποβάθμιση των προϊόντων από τα έντομα με φυσικό τρόπο (π.χ. με τμήματα του σώματος των αρθροπόδων). Έντομα που τρέφονται με το εσωτερικό των σπόρων,

όπως τα είδη *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) και *R. dominica*, αποτελούν την κυριότερη πηγή υποβάθμισης των προϊόντων με τμήματα του σώματος των εντόμων. Ο Αμερικανικός Οργανισμός Φαρμάκων (FDA) των ΗΠΑ έχει οριστεί ως επιτρεπτά όρια τα 75 θραύσματα εντόμων ανά 50g αλεύρου σίτου. Ταυτόχρονα η ανοχή της Ευρώπης για την ίδια επιβάρυνση έχει οριστεί ως μηδενική. Παρ' όλα αυτά οι απαραίτητοι έλεγχοι απουσιάζουν και η μηδενική ανοχή θεωρείται μη ρεαλιστική, δεδομένου ότι είναι αποδεδειγμένο ότι σωματικά μέλη εντόμων εντοπίζονται πολύ συχνά στο αλεύρι και το σιμιγδάλι. Εξίσου σημαντική είναι και η χημική υποβάθμιση των προϊόντων. Η πλειονότητα των εντόμων αποθηκών παράγει ορισμένες χημικές ουσίες, τις κινόνες, οι οποίες προκαλούν καρκινογένεση, ενώ ταυτόχρονα σχετίζονται άμεσα με διάφορες ασθένειες όπως η δερματίτιδα, οι διαταραχές των ματιών και οι αλλεργίες. Οι αλλεργίες είναι ίσως η εμφανέστερη αντίδραση του ανθρώπινου οργανισμού. Έρευνες έχουν δείξει ότι η έκθεση σε μολυσμένη σκόνη δημητριακών συνδέεται με ποικίλους τύπους αλλεργιών. Ταυτόχρονα οι εκλύσεις ανεπιθύμητων αερίων που προκαλούνται από τις κινόνες φαίνεται ότι ευθύνονται για πρόκληση όγκων στη σπλήνα και στο ήπαρ των μικρών σπονδυλωτών. Πειράματα σε ποντίκια έδειξαν μάλιστα ότι μεταλλάξεις συνέχισαν να συμβαίνουν ακόμη και αφότου το μολυσμένο αλεύρι μαγειρευτεί. Τα έντομα αποθηκών είναι ικανά να προκαλέσουν επίσης κίνδυνο της υγείας με έμμεσους τρόπους. Στους τρόπους αυτούς περιλαμβάνονται οι τροποποιήσεις των συνθηκών αποθήκευσης (υγρασία, θερμοκρασία), δημιουργώντας συνθήκες ευνοϊκές για διάφορα είδη μυκήτων και βακτηρίων. Ακόμη είναι δυνατόν να φιλοξενούν μύκητες και βακτήρια στο πεπτικό τους σύστημα βοηθώντας έτσι στην εξάπλωσή τους. Ορισμένα είδη *Aspergillus* που παράγουν αφλατοξίνες και *Fusarium* που παράγουν διάφορες μυκοτοξίνες είναι μόνο δύο από τα χιλιάδες είδη μυκήτων που εμπλέκονται σε μολύνσεις οι οποίες θέτουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία (Hubert *et al.*, 2018).

1.2 Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων

Ένα έντομο θεωρείται εχθρός των αποθηκευμένων προϊόντων όταν μπορεί να αναπτυχθεί και αναπαραχθεί εντός του χώρου αποθήκευσης, ενώ ταυτόχρονα προκαλεί ζημιά στο αποθηκευμένο προϊόν. Η επιτυχία των εντόμων αυτών οφείλεται σε διάφορα χαρακτηριστικά τους όπως το γεγονός ότι είναι "ταξιδιώτες", αφού ακόμη και όσα είδη έχουν χάσει την ικανότητα να πετούν καταφέρνουν να διανύουν δεκάδες

χιλιόμετρα μακριά. Διαθέτουν πολλές γενιές το χρόνο, ενώ πολλές φορές ένα μόνο άτομο καταφέρνει να προσβάλλει μεγάλη ποσότητα σπόρων. Ακόμη, έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται μαζί με το προϊόν μέσω του διεθνούς εμπορίου και να χρησιμοποιούν μια σειρά από καταφύγια και συνθήκες για να επιζήσουν για πολλά χρόνια. Τέλος το σχήμα τους (στενά, μικρά και πεπλατυσμένα) αποτελεί και αυτό ένα πλεονέκτημα για την επιβίωσή τους (Μπουχέλος, 2005).

Τα έντομα αποθηκών χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες. Στη πρώτη ανήκουν τα πρωτεύοντα είδη τα οποία έχουν την ικανότητα να προσβάλουν σπόρους με ακέραιο περίβλημα, ενώ στη δεύτερη ανήκουν τα δευτερεύοντα είδη τα οποία προσβάλλουν μόνο σπασμένους σπόρους. Υπάρχει όμως και μια επιπλέον, εξίσου σημαντική, κατηγορία όπου εντάσσονται τα έντομα που δεν τρέφονται απευθείας με τα αποθηκευμένα προϊόντα. Σε αυτήν ανήκουν τα μυκητοφάγα, τα αρπακτικά και τα παράσιτα εντόμων και άλλων αρθροπόδων. Τα είδη αυτά τρέφονται από μύκητες που δημιουργούνται λόγω των προσβολών που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Επιπλέον τα είδη αυτά προαναγγέλλουν ότι το προϊόν είναι προσβεβλημένο ή βρίσκεται σε κακή κατάσταση. Βέβαια, η παρουσία και μόνο των εντόμων υποβαθμίζει την ποιότητα των προϊόντων. Τα περισσότερα είδη ανήκουν στα Κολεόπτερα, αρκετά ανήκουν στα Λεπιδόπτερα, ενώ τα λιγότερα ανήκουν στα Υμενόπτερα και στα Ημίπτερα (Athanassiou *et al.*, 2017; Μπουχέλος, 2005).

1.2.1 *Sitophilus oryzae*

(Coleoptera: Curculionidae)

Κοινή ονομασία: Rice weevil

Η παρούσα εργασία ασχολήθηκε με ένα από τα πιο κοινά έντομα αποθήκης, το *S. oryzae*, το οποίο ανήκει στην τάξη των κολεόπττερων και στην οικογένεια Curculionidae. Η κοινή ονομασία των ενηλίκων αυτής της τάξης είναι σκαθάρια ή κάνθαροι του ρυζιού. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι το γεγονός ότι φέρουν έλυτρα, δηλαδή παχιές, δερματοειδείς, σκληρές πρόσθιες πτέρυγες, οι οποίες προστατεύουν τα μαλακά μέρη όπως τα νώτα του μεταθώρακα και της κοιλιάς. Τα μεγέθη των εντόμων που ανήκουν στην τάξη αυτή ποικίλλουν, ορισμένα μπορεί να φθάσουν σε μήκος τα 155 mm, ενώ άλλα δεν είναι μεγαλύτερα του 0,5 mm (Τζανακάκης, 2007).



Εικόνα 1: Ενήλικο *Sitophilus oryzae*.
(Berger, 2009)

1.2.1.1 Ο κύκλος του εντόμου

Το θηλυκό ενήλικο σκαθάρι δημιουργεί μια σπή στους σπόρους των δημητριακών, τοποθετεί το αυγό, συνήθως ένα αυγό ανά μεμονωμένο σπόρο, και σφραγίζει την τρύπα με μια ζελατινώδη έκκριση που προστατεύει το αυγό. Ο αριθμός των ωών κυμαίνεται στα 200 – 300 αυγά ανά ημέρα, η διακύμανση αυτή οφείλεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και στη σκληρότητα του σπόρου. Στη συνέχεια η προνύμφη εκκολάπτεται και αναπτύσσεται στο εσωτερικό τους σπόρου ενώ τρέφεται μέσα σε αυτόν. Όταν πλέον εξέρχεται ως ενήλικο αφήνει το σπόρο εντελώς κούφιο. Ο

βιολογικός κύκλος, όσον αφορά τις αποθήκες, υπολογίζεται ότι συμπληρώνεται σε 6 – 7 εβδομάδες (Lucas & Riudavets, 2002; Padín *et al.*, 2002; Αγραφιώτη, 2014). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ο τρόπος, η περιοχή του σπόρου και οι συνθήκες του περιβάλλοντος στις οποίες γεννά τα αυγά του το ενήλικο *S. Oryzae*, καθορίζουν το πόσο ανταγωνιστικά ή μη θα είναι έναντι των υπόλοιπων εντόμων με τα οποία συνυπάρχουν (Athanassiou *et al.*, 2017).

1.2.1.2 Προσβολές

Το έντομο προσβάλλει σπόρους σιτηρών όπως σιτάρι, καλαμπόκι, ρύζι και σίκαλη. Ο τρόπος διατροφής του *S. oryzae* είναι και η αιτία που προκαλεί όλες τις ζημιές. Πιο συγκεκριμένα, τα ενήλικα άτομα τρέφονται κυρίως από το ενδοσπέρμιο, μειώνοντας έτσι την περιεκτικότητά του σε υδατάνθρακες, ενώ οι προνύμφες επιλέγουν να τραφούν με το σπέρμα αφαιρώντας έτσι από το σπόρο βιταμίνες και πρωτεΐνες (Dai Bello *et al.*, 2000).

1.3 Υλικά κατασκευής σε αποθήκες δημητριακών

Οι παραδοσιακές πρακτικές αποθήκευσης στις αναπτυσσόμενες χώρες οδηγούν στις περισσότερες των περιπτώσεων σε σοβαρές απώλειες των συγκομισμένων προϊόντων. Η έλλειψη κατάλληλων αποθηκευτικών χώρων για την αποθήκευση των σιτηρών και η απουσία τεχνολογιών διαχείρισης των αποθεμάτων αναγκάζουν τους μικροπαραγωγούς να πωλούν τα προϊόντα τους αμέσως μετά τη συγκομιδή. Το οξύμωρο είναι ότι οι παραγωγοί αυτοί αγοράζουν ξανά τα πρωτογενή προϊόντα τους επεξεργασμένα και σε υψηλότερες τιμές. Όλα αυτά οδηγούν σε ένα φαύλο κύκλο που οδηγεί στην υποβάθμιση της οικονομικής κατάστασης και της ποιότητας ζωής των οικογενειών που έχουν ως κύρια πηγή εσόδων τη γεωργία.

Οι οργανωμένοι χώροι αποθήκευσης (σιλό) αποτελούν μια αξιόλογη λύση για την καταπολέμηση του υποσιτισμού και την εξασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας. Τα πιο κοινά υλικά κατασκευής των σιλό είναι το μέταλλο και το ενισχυμένο τσιμέντο. Εστιάζοντας στο κάθε υλικό ξεχωριστά οι μεταλλικές κατασκευές έχουν το πλεονέκτημα του ερμητικού σφραγίσματος με αποτέλεσμα τη μείωση του οξυγόνου και πρόκληση θανάτωσης σε οποιοδήποτε εντομολογικό εχθρό μπορεί να υπάρχει ήδη στο εσωτερικό της εγκατάστασης. Οι μεταλλικές εγκαταστάσεις όμως, είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας γεγονός που μπορεί να προκαλέσει αλλοίωση του σπόρου, ενώ ταυτόχρονα η εύκολη επίδρωση του συγκεκριμένου υλικού είναι δυνατόν να

επιηρεάσει τα επίπεδα υγρασίας των εξωτερικών στρωμάτων των σπόρων. Αντίθετα το τσιμέντο, ως υλικό, φέρει το πλεονέκτημα να είναι κακός αγωγός της θερμότητας. Παρόλα αυτά οι εγκαταστάσεις οι οποίες είναι κατασκευασμένες από τσιμέντο είναι μη αεροστεγής αλλά και φθαρτές (Arthur, 2012; Tefera et al., 2011; Toews et al., 2005).

1.4 Μέθοδοι αντιμετώπισης εντόμων αποθηκών

1.4.1 Χημικές μέθοδοι απεντόμωσης

Οι χημικές ουσίες που εφαρμόζονται είτε ως υποκαπνιστικά είτε ως εντομοκτόνα σε επιφάνειες αλλά και απευθείας στο προϊόν χρησιμοποιούνται κατά κόρον για την αντιμετώπιση των εντόμων αποθηκών.

Τα υποκαπνιστικά εντομοκτόνα χάρη στην αέρια μορφή τους διαθέτουν το μοναδικό πλεονέκτημα να διαχέονται στο χώρο. Επιπλέον αποτελούν χημικές ουσίες ιδιαίτερης σημασίας καθώς επιδρούν σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των εντόμων. Η εφαρμογή τους γίνεται για έλεγχο παρασίτων σε κτίρια, αποθήκες, μικρούς σάκους, χύμα, σπόρους και αποθηκευμένα προϊόντα. Ένα υποκαπνιστικό εντομοκτόνο θεωρείται κατάλληλο όταν προκαλεί το θάνατο των παρασίτων, ενώ ταυτόχρονα δεν επιφέρει δυσμενείς επιδράσεις στη διατροφική ποιότητα, τη γεύση ή την επεξεργασία του προϊόντος και δεν επιφυλάσσει κινδύνους για τον άνθρωπο. Τα υποκαπνιστικά πρέπει να είναι επαρκώς πτητικά ώστε να αφαιρούνται με αερισμό, να μην απορροφώνται από τους σπόρους, να μην είναι εύφλεκτα και να μη διαβρώνουν τις επιφάνειες στις οποίες εφαρμόζονται. Τα δύο πιο γνωστά αέρια εντομοκτόνα είναι το βρωμιούχο μεθύλιο και η φωσφίνη (Hagstrum *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2001). Η χρήση του βρωμιούχου μεθυλίου βέβαια έχει απαγορευτεί πλέον, παρόλο που χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία στο παρελθόν. Ο λόγος της απαγόρευσης ήταν οι καταστροφικές συνέπειές του για το στρατοσφαιρικό όζον. Σήμερα η φωσφίνη είναι αυτή που χρησιμοποιείται παγκοσμίως σε ευρεία κλίμακα. Ο ακριβής τρόπος δράσης της φωσφίνης δεν είναι γνωστός, είναι όμως γενικώς αποδεκτό ότι παρεμποδίζει το μεταβολισμό του οξυγόνου στις κυτταρικές μεμβράνες. Έτσι για να καταστεί η φωσφίνη τοξική απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη οξυγόνου. Ωστόσο παρά την ευρεία χρήση της η φωσφίνη παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα όπως η ευφλεξιμότητά της, η ικανότητά της να διαβρώνει ορισμένα μέταλλα (όπως χαλκό, ασήμι, μπρούτζο και χρυσό), η υψηλή τοξικότητά της στα θερμόαιμα, η μικρή υπολειμματική της δράση, η ανάπτυξη

ανθεκτικότητας σε αυτήν από ορισμένα σημαντικά είδη εντόμων και η ανάγκη καλής σφράγισης των εγκαταστάσεων για αποφυγή διαρροών (Hagstrum *et al.*, 2012; Vassilakos *et al.*, 2015).

Τα εντομοκτόνα που εφαρμόζονται απευθείας σε γεωργικές πρώτες ύλες καθώς και σε διάφορες επιφάνειες αποθηκευτικών χώρων αποτελούν μια οικονομική λύση, χρησιμοποιούνται με ευκολία και ασφάλεια καθώς επίσης διατηρούν την υπολειμματικότητα τους για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή τους. Οι κυριότερες ομάδες των εντομοκτόνων αυτών είναι τα οργανοφωσφορικά, τα πυρεθροειδή και τα καρβαμιδικά (Arthur, 1996).

1.4.1.1 Οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα

Η εφαρμογή των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων βρήκε έδαφος στη βιομηχανία τροφίμων καθώς τα συγκεκριμένα εντομοκτόνα εξασφαλίζουν τη γρήγορη εξάλειψη των εχθρών αλλά και την προστασία για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα (OPs) αποτελούν μία από τις σημαντικότερες ομάδες εντομοκτόνων και κατατάσσονται χρονικά μετά τη λήξη του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Χαρακτηρίζονται από υψηλή αποτελεσματικότητα, ευρύ φάσμα δράσης, χαμηλή υπολειμματικότητα και σχετικά γρήγορη αποικοδόμηση σε μεταβολικά παραπροϊόντα.

Χρησιμοποιούνται είτε σε υγρή μορφή είτε σε μορφή σκόνης (Janikov *et al.*, 2013; Rumbos *et al.*, 2014). Ως εντομοκτόνα επαφής δρουν θανατώνοντας τα έντομα εφόσον έρθουν σε απευθείας επαφή με αυτά. Εισέρχονται στον οργανισμό των εντόμων μέσω των αναπνευστικών τρημάτων, μέσω των ταρσών των ποδιών και μέσω του σωματικού περιβλήματος και καταλήγουν στην αιμόλεφο. Ως εντομοκτόνα αναπνοής ή ασφυκτικά εντομοκτόνα δρουν είτε προσβάλλοντας το αναπνευστικό σύστημα των εντόμων, προκαλώντας ασφυξία, είτε μέσω του κυκλοφορικού συστήματος (Ζιώγας *et al.*, 2010). Ο μηχανισμός δράσης των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων είναι κατά βάση κοινός και αφορά την περιοχή των νευρικών συνάψεων των αρθροπόδων. Συγκεκριμένα τα συστατικά τους δεσμεύονται στην ακετυλοχολινεστεράση (AChE) αντί του φυσικού νευροδιαβιβαστή ακετυλοχολίνη (ACh) και παρεμποδίζουν την υδρόλυση της ACh. Συνεπώς η ACh παραμένει συνδεδεμένη στους υποδοχείς της μετασυναπτικής μεμβράνης και προκαλεί έναν συνεχή νευρικό ερεθισμό. Το κεντρικό νευρικό σύστημα μπλοκάρεται και το έντομο τελικά πεθαίνει

(Andrić *et al.*, 2014; Herrmann *et al.*, 1999; Ζιώγας & Μαρκόγλου, 2010; Σταμόπουλος, 2013).

1.4.1.2 Η τύχη τους στο περιβάλλον

Όσον αφορά το περιβάλλον η κίνηση των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων στο έδαφος είναι αμελητέα καθώς προσροφούνται ισχυρά στα εδαφικά κolloειδή. Έχει βρεθεί μάλιστα ότι ορισμένα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, όπως τα diazinon, methidathion και profenofos είναι δυνατόν να διασπασθούν στο έδαφος μέσα σε 24 ώρες, εφόσον εκτεθούν σε συνθήκες φωτισμού (Burkhard *et al.*, 1979). Το pirimiphos methyl συγκεκριμένα που αποτελείται από την πλέον τυπικά χημική δομή των οργανοφωσφορικών, καταλύεται εύκολα όταν εκτεθεί στο φως. Χάρη σε αυτό του το χαρακτηριστικό, ειδικά στις μεσογειακές περιοχές όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι συνεχώς διαθέσιμη, αποφεύγεται η ρύπανση των υδάτων (Herrmann *et al.*, 1999). Ένας επιπλέον παράγοντας ο οποίος μειώνει το χρόνο ημιζωής των οργανοφωσφορικών ενώσεων είναι το pH, καθώς έχει αποδειχθεί ότι τα συγκεκριμένα εντομοκτόνα είναι ευαίσθητα σε αλκαλικά περιβάλλοντα (Osama *et al.*, 1982; Guedes *et al.*, 2008).

1.4.1.3 Pirimiphos-methyl

Η χημική ονομασία του pirimiphos-methyl είναι O-2-diethylamino-6-methylpyrimidin-4-yl O,O-dimethyl phosphorothioate (Authority, 2011). Το pirimiphos methyl είναι ένα απολυμαντικό εντομοκτόνο το οποίο χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση πολλών ειδών εντόμων και ακάρεων. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας θεωρείται χημική ουσία μέτρια επικινδυνότητας.



Εικόνα 2: Χημικός τύπος Pirimiphos-methyl
(National Center for Biotechnology Information, 2019)

Μερικά παράσιτα τα οποία μπορεί να καταπολεμήσει είναι η σιταρόψειρα, η εφέστια του καπνού, τα σκαθάρια των αλεύρων, ο μεσογειακός σκώρος των αλεύρων και το

άκαρι των αλεύρων, ενώ εφαρμόζεται για την προστασία αποθηκευμένων σπόρων όπως κριθάρι, σιτάρι και βρώμη. Επιπλέον είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί και για απεντομώσεις κενών αποθηκών ή εργοστασιακών εγκαταστάσεων (Hertfordshire, 2010). Το pirimiphos methyl ανήκει στην ομάδα των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων, συγκεκριμένα στα ετεροκυκλικά οργανοφωσφορικά παράγωγα.

1.4.2 Φυσικές μέθοδοι απεντόμωσης

Μια φυσική ή μηχανική μέθοδος επιλέγεται συνήθως διότι δεν αφήνει χημικά υπολείμματα στο προϊόν, δεν προκαλεί ρύπανση του περιβάλλοντος αλλά και λόγω του γεγονότος ότι τα έντομα δεν είναι ικανά να αναπτύξουν κάποιου είδους ανθεκτικότητα (Padín *et al.*, 2002).

1.4.2.1 Θερμοκρασίες

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες ο οποίος προκαλεί στρες στα έντομα. Τρεις είναι οι βασικότερες θερμοκρασιακές ζώνες στις οποίες τα έντομα αποθηκών είτε αναπτύσσονται και αναπαράγονται με μεγάλη ευκολία, είτε θανατώνονται. Το εύρος θερμοκρασιών 25 έως 32°C θεωρείται άριστο, ενώ σε θερμοκρασίες κάτω των 13°C και άνω των 36°C τα έντομα σταματούν να κινούνται και να τρέφονται. Φυσικά όσο πιο ακραίες οι θερμοκρασίες τόσο πιο γρήγορος και ο θάνατος των εντόμων. Έτσι είναι γενικώς αποδεκτό ότι οι καταλληλότερες θερμοκρασίες, για την απαλλαγή των προϊόντων από τους διάφορους εντομολογικούς εχθρούς, είναι πάνω από 50°C και κάτω από 15°C. Ορισμένοι περιοριστικοί παράγοντες για την εφαρμογή των υψηλών θερμοκρασιών που προαναφέρθηκαν είναι η πιθανή πρόκληση ζημιάς στον εξοπλισμό, οι απαιτήσεις για εγκαταστάσεις που πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια, το κόστος των εγκαταστάσεων και της λειτουργίας αυτών. Η μέθοδος των χαμηλών θερμοκρασιών από την άλλη πλευρά δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί σε περιοχές με θερμό κλίμα λόγω του υψηλού κόστους που απαιτείται για τη μείωση της θερμοκρασίας (Fields *et al.*, 2012; Hagstrum *et al.*, 2012).

1.4.2.2 Υγρασία

Η ύπαρξη υγρασίας αποτελεί έναν παράγοντα ο οποίος προκαλεί την ανάπτυξη εντόμων στο προϊόν. Όταν η περιεκτικότητα του προϊόντος σε υγρασία κυμαίνεται από 12-15% τότε οι συνθήκες θεωρούνται ευνοϊκές για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή

των εντόμων, ενώ υγρασία κάτω από 9% επιδρά αρνητικά. Η υγρασία μπορεί να μειωθεί με τεχνητή ξήρανση, δηλαδή με παροχή θερμού αέρα (Vassilakos *et al.*, 2015).

1.4.2.3 Ακτινοβολία

Η ακτινοβολία είναι μια ακόμη μέθοδος ελέγχου των εντόμων αποθηκών η οποία είναι φιλική προς το περιβάλλον. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής οι σπόροι δέχονται την ιονίζουσα ακτινοβολία είτε ως ακτινοβολία γ , που παράγεται από τα ραδιοϊσότοπα κοβάλτιο-60 και καίσιιο-137, είτε ως ακτίνες X, οι οποίες παράγονται με ηλεκτρικό τρόπο (Uradhyay *et al.*, 2011). Παρά την αποτελεσματικότητά της η μέθοδος δε χρησιμοποιείται λόγω του κόστους κατασκευής των εγκαταστάσεων που είναι υψηλό, της εσφαλμένης αντίληψης των καταναλωτών ότι τα προϊόντα γίνονται ραδιενεργά και άρα δεν είναι ασφαλή για κατανάλωση, ενώ ένας ακόμη από τους βασικότερους λόγους είναι το γεγονός ότι σε χαμηλές δόσεις τα έντομα συνεχίζουν να τρέφονται (Phillips & Throne, 2010).

1.4.2.4 Ελεγχόμενη και η τροποποιημένη ατμόσφαιρα

Η ελεγχόμενη και η τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι μέθοδοι οι οποίες σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως για την απεντόμωση των βιολογικών προϊόντων. Στην πρώτη επιδιώκεται η διατήρηση των επιπέδων ενός αερίου σε συγκεκριμένα επίπεδα συγκέντρωσης, ενώ στη δεύτερη η συγκέντρωση ορισμένων αερίων αλλάζει ολοκληρωτικά και γίνεται τοξική για τους εντομολογικούς εχθρούς. Πιο συγκεκριμένα για την τροποποιημένη ατμόσφαιρα επιδιώκονται συγκεντρώσεις οξυγόνου (O_2) κάτω από 3% και διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) πάνω από 60% για διάρκεια 24 ωρών ή και περισσότερο. Η ελεγχόμενη ατμόσφαιρα είναι δυνατόν να επιτευχθεί με αεροστεγείς συσκευασίες έτσι ώστε κατά την αναπνοή τα έντομα να καταναλώνουν το διαθέσιμο O_2 μειώνοντας τη συγκέντρωσή του και αυξάνοντας τη συγκέντρωση του CO_2 (Phillips & Throne, 2010). Βέβαια, παρά την επιτυχία της, ούτε και αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά λόγω της ανεπαρκούς στεγανοποίησης των εγκαταστάσεων αλλά και του υψηλού κόστους εφαρμογής της (Vassilakos *et al.*, 2015).

1.4.2.5 Αδρανείς σκόνες

Οι αδρανείς σκόνες είναι από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες ουσίες για την αντιμετώπιση των εντόμων σε αποθήκες κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν η άμμος, η τέφρα, η στάχτη και η ηφαιστειακή άμμος. Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν διάφορα ορυκτά (όπως ο μαγνησίτης, ο ασβέστης και το κοινό αλάτι). Η τρίτη ομάδα περιλαμβάνει σκόνες που περιέχουν συνθετική σιλικόνη (δηλαδή

διοξειδίου του πυριτίου). Ενώ στην τελευταία ομάδα περιλαμβάνονται σκόνες που περιέχουν φυσικό διοξειδίο του πυριτίου, όπως η γη διατόμων και οι ζεόλιθοι. Ο γενικός τρόπος δράσης τους είναι η προσκόλληση στο σώμα των εντόμων προκαλώντας αφυδάτωση (Uradhyay & Ahmad, 2011).

1.4.2.6 Μηχανικά μέσα

Η μηχανική μέθοδος απομάκρυνσης των εντόμων από τα δημητριακά είναι η πλέον φυσική. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται ο αέρας υπό πίεση ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως για τον καθαρισμό μηχανημάτων, χώρων, σκευών από έντομα προσκολλημένα σ' αυτή αλλά και οι συσκευές φυγοκέντρισης, όπως το «entoleter». Η χρήση αυτής της συσκευής, όμως, περιορίζεται μόνο στην αφαίρεση των εντόμων από τα άλευρα (Vassilakos *et al.*, 2015).

1.4.3 Βιολογικές

Οι βιολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης των εντόμων είναι μια κατηγορία, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση φυσικών εχθρών, μικροβιακών εντομοκτόνων, φερομονών και αιθέριων ελαίων. Το πλεονέκτημα των συγκεκριμένων μεθόδων είναι η αποφυγή της επιβάρυνσης του προϊόντος με χημικές ουσίες.

Ως φυσικοί εχθροί χρησιμοποιούνται κυρίως αρπακτικά και παρασιτοειδή, τα οποία εξαπολύονται εναντίων των εντόμων αποθηκών. Οι βασικότεροι παράγοντες για την επιτυχημένη εφαρμογή της μεθόδου είναι ο σωστός χρόνος εξαπόλυσης των εχθρών και η ορθή επιλογή του φυσικού εχθρού. Μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι οι φυσικοί εχθροί δεν αφήνουν επιβλαβή χημικά κατάλοιπα, μετά την απελευθέρωση τους σε μια αποθήκη, πολλοί φυσικοί εχθροί συνεχίζουν να αναπαράγονται, ενώ τέλος έχουν την ικανότητα να απελευθερωθούν σε μία συγκεκριμένη θέση και να καταπολεμήσουν παράσιτα που βρίσκονται βαθιά σε σχισμές ή εντός της μάζας των σπόρων (Schöller *et al.*, 2006).

Ορισμένα βακτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μικροβιακά εντομοκτόνα. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι ο *Bacillus thuringiensis* (Bt) Berliner (Bacillales: Bacillaceae), που απελευθερώνει τοξίνες μετά την κατάποσή του, οι οποίες μετά την κατάποση προκαλούν σηψαιμία στο έντομο-στόχο καθώς και ο *Saccharopolyspora spinosa*, οι μεταβολίτες του οποίου ονομάζονται σπινουσίνες (Vassilakos *et al.*, 2012).

Ορισμένοι μύκητες με μεγάλο ενδιαφέρον είναι οι *Beauveria brassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) και *Metarhizium anisopliae*

(Metschinkoff) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes), τα κονίδια των οποίων διαπερνούν τον εξωσκελετό των εντόμων και αναπτύσσονται, προκαλώντας θανάτωση του εντόμου (Michalaki *et al.*, 2006).

Οι φερομόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για τον έλεγχο όσο και για την παρακολούθηση των εντόμων αποθηκών. Ο τρόπος με τον οποίο οι φερομόνες περιορίζουν τον πληθυσμό των εντόμων βασίζεται στη μαζική παγίδευση και την παρεμπόδιση της συνεύρεσης των δύο φύλων (Phillips & Throne, 2010).

Ως αιθέριο έλαιο εναντίων εντόμων αποθηκών χρησιμοποιείται ευρέως το φυσικό πύρεθρο από το φυτό *Chrysanthemum cinerariifolium*. Οι κυριότεροι παράγοντες ο οποίοι περιορίζουν τη χρήση των αιθέριων ελαίων αφορούν την έλλειψη σταθερότητας στη σύσταση των εκχυλισμάτων, αλλά και την αμφιλεγόμενη ασφάλειά τους για την ανθρώπινη υγεία (Phillips & Throne, 2010).

2 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι η λήψη μέτρων προστασίας των αποθηκευμένων προϊόντων έχει αυξανόμενη σημασία για τον άνθρωπο.

Η παρούσα μελέτη ασχολήθηκε με την εργαστηριακή αξιολόγηση της υπολειμματικής δράσης του οργανοφωσφορικού εντομοκτόνου pirimiphos-methyl σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου καθώς και της εντομοκτόνου δράσης του εναντίον των ενήλικων ατόμων του σκαθαριού του ρυζιού, *Sitophilus oryzae*. Συγκεκριμένα η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό να διερευνήσει:

1. Την υπολειμματικότητα του γαλακτωματοποιήσιμου συμπυκνώματος (EC) pirimiphos-methyl σε πορώδεις και μη επιφάνειες (τσιμέντο και μέταλλο, αντίστοιχα).
2. Την επίδραση του φωτός στην υπολειμματικότητα του pirimiphos-methyl.
3. Την αποτελεσματικότητα του pirimiphos-methyl σε υπολειμματικούς ψεκασμούς επιφανειών εναντίον ενός από τους σημαντικότερους εχθρούς των αποθηκευμένων προϊόντων, του είδους *Sitophilus oryzae*.
4. Την επίδραση του τύπου της επιφάνειας (τσιμέντο και μέταλλο) στην αποτελεσματικότητα του pirimiphos-methyl στην θνησιμότητα του εντόμου. Οι επιφάνειες που επιλέχθηκαν αποτελούν τις συνήθεις επιφάνειες σε χώρους αποθήκευσης, επεξεργασίας και μεταφοράς τροφίμων.

3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Εντομοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε

Το σκεύασμα Actellic 50 EC (SYNGENTA Crop Protection AG, Ελβετία) περιέχει ως δραστική ουσία το pirimiphos methyl σε περιεκτικότητα 50% β/ο, σε γαλακτοποίησημη μορφή (EC) και βοηθητικές ουσίες 45,53% β/β. Πρόκειται για ένα οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο που δρα δια επαφής, κατάποσης και δια ατμών.

3.2 Διαδικασία εκτροφής

Τα άτομα του *S. oryzae* που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές ελήφθησαν από εκτροφές του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι εκτροφές διατηρούνταν σε γυάλινα βάζα τα οποία ήταν καλυμμένα με ένα κομμάτι ύφασμα ενώ το υπόστρωμα εκτροφής ήταν σκληρό σιτάρι (ποικιλία Simeto). Το υπόστρωμα εκτροφής ήταν απαλλαγμένο από εντομοκτόνα και έντομα, ενώ οι εκτροφές διατηρούνταν στους 25°C και 50% σχετική υγρασία. Μόνο ενήλικα χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές, καθώς είναι γνωστό ότι τα ατελή στάδια του συγκεκριμένου εντόμου βρίσκονται μέσα στο σπόρο του δημητριακού (Lucas & Riudavets, 2002). Οι σπόροι που χρησιμοποιήθηκαν για τις εκτροφές αλλά και για το πείραμα φυλάσσονταν σε ψυγείο (5°C), ενώ οι απαιτούμενες ποσότητες αφαιρούνταν και χρησιμοποιούνταν εφόσον έφταναν σε θερμοκρασία δωματίου.

3.3 Επιφάνειες τριβλίων

Η αποτελεσματικότητα και η υπολειμματική διάρκεια του εντομοκτόνου αξιολογήθηκε σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου. Τα συγκεκριμένα υλικά επιλέχθηκαν καθώς είναι τα πιο κοινά χρησιμοποιούμενα υλικά σε μύλους, αποθήκες σιτηρών και διάφορες εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Τα τριβλία (Petri dishes) που χρησιμοποιήθηκαν είχαν διάμετρο 90 mm (59,4 cm² επιφάνεια πυθμένα), ενώ ο πυθμένας τους καλύφθηκε με τα υλικά που προαναφέρθηκαν. Για την παρασκευή του τσιμέντου χρησιμοποιήθηκε τσιμέντο (Heraclès Ενισχυμένο, Lafarge) και νερό σε αναλογία 2:1. Αρχικά το τσιμέντο κοσκινίστηκε ώστε να σπάσουν τυχόν σβόλοι, οι οποίοι θα εμπόδιζαν την ανάμιξη με το νερό. Ακολούθησε ανάδευση μέχρι το μίγμα να ομογενοποιηθεί. Τέλος το μίγμα χύθηκε σε όλη την επιφάνεια του πυθμένα του κάθε τριβλίου. Όσον αφορά τις επιφάνειες του μετάλλου (galvanized metal), παραλήφθηκαν κομμένες (διάμετρος 85 mm και πάχος 1 mm) και σταθεροποιήθηκαν με κόλλα στον πυθμένα των τριβλίων. Επιπλέον, περιφερειακά στα σημεία επαφής του μετάλλου με την πλαστική επιφάνεια του τριβλίου τοποθετήθηκε σιλικόνη ώστε να διασφαλιστεί η παραμονή των εντόμων στην επάνω επιφάνεια του μετάλλου. Στα εσωτερικά τοιχώματα όλων των τριβλίων τοποθετήθηκε fluon ώστε να αποφευχθεί η διαφυγή των εντόμων.



Εικόνα 3: επιφάνειες τριβλίων τσιμέντου και μετάλλου

3.4 Παρασκευή ψεκαστικών διαλυμάτων

Για την αποφυγή σφαλμάτων αλλά και την καλύτερη ανάμιξη του σκευάσματος με το νερό παρασκευάστηκαν τρία διαλύματα (Α, Β, Γ) σε ογκομετρικές φιάλες των 50 mL. Κάθε ένα από τα διαλύματα περιείχαν 0,05 mg δραστικής ουσίας/mL.

3.5 Εφαρμογή εντομοκτόνου σε τρυβλία

Ο όγκος ψεκαστικού υγρού που εφαρμόστηκε ήταν 1 mL διαλύματος ανά τρυβλίο, ενώ η περιεχόμενη συγκέντρωση της δραστικής ουσίας ανά επιφάνεια ήταν 0,05 mg a.i/cm². Ο ψεκασμός πραγματοποιήθηκε με αερογράφο. Για τα τρυβλία-μάρτυρες ακολουθήθηκε η ίδια ακριβώς διαδικασία με τη διαφορά ότι το 1 mL που εφαρμόστηκε περιείχε μόνο απιονισμένο νερό.

Με το πέρας της εφαρμογής τα τρυβλία αφέθηκαν να στεγνώσουν για 24 ώρες. Στη συνέχεια τα μισά τρυβλία τοποθετήθηκαν σε συνθήκες απόλυτου σκότους, ενώ τα υπόλοιπα σε συνθήκες φωτισμού (12:12 φως:σκοτάδι). Οι συνθήκες του χώρου παραμονής ήταν 25°C και 55% σχετική υγρασία.



Εικόνα 4: εφαρμογή εντομοκτόνου σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου.

3.6 Βιοδοκιμές - Μετρήσεις θνησιμότητας & περιορισμένης κίνησης

Η έναρξη των βιοδοκιμών έγινε την ημέρα του ψεκασμού και επαναλήψεις γίνονταν κάθε τέσσερις εβδομάδες για διάρκεια τριών μηνών. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν τέσσερις βιοδοκιμές. Σε κάθε βιοδοκιμή 20 έντομα (αρσενικά και θηλυκά) τοποθετούνταν σε κάθε τριβλίο. Ως πηγή τροφής εισάγονταν περίπου 5 με 10 σπόροι σιταριού ανά τριβλίο. Η αξιολόγηση της θνησιμότητας και της περιορισμένης κίνησης (ημιθανή – knockdown)¹ των εκτεθειμένων ατόμων λάμβανε χώρα μετά από 3, 7 και 14 ημέρες από την έκθεση τους στις ψεκασμένες και μη ψεκασμένες επιφάνειες. Με το πέρας των 14 ημερών όλα τα άτομα, ζωντανά και νεκρά, απομακρύνονταν από τα τριβλία. Η ίδια διαδικασία (δύο δίσκοι σε κάθε επανάληψη A1, A2) πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο τρεις φορές (τρεις σειρές πιάτων Α, Β, Γ) με την προετοιμασία νέων πιάτων επεξεργασίας και ελέγχου κάθε φορά (2 x 3 πιάτα για κάθε επεξεργασία).



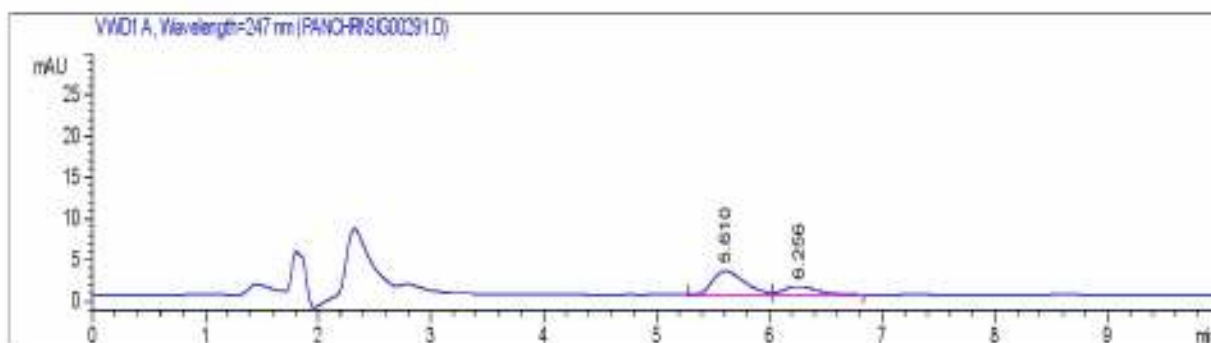
Εικόνα 5: Καταμέτρηση θνησιμότητας εντόμων σε επιφάνεια μετάλλου.

¹ Ως ημιθανή ορίζονται τα έντομα τα οποία βρίσκονται αδραντοποιημένα σε ένα μεταβατικό στάδιο μεταξύ επιβίωσης και θνησιμότητας (Agrafioti *et al.*, 2015)

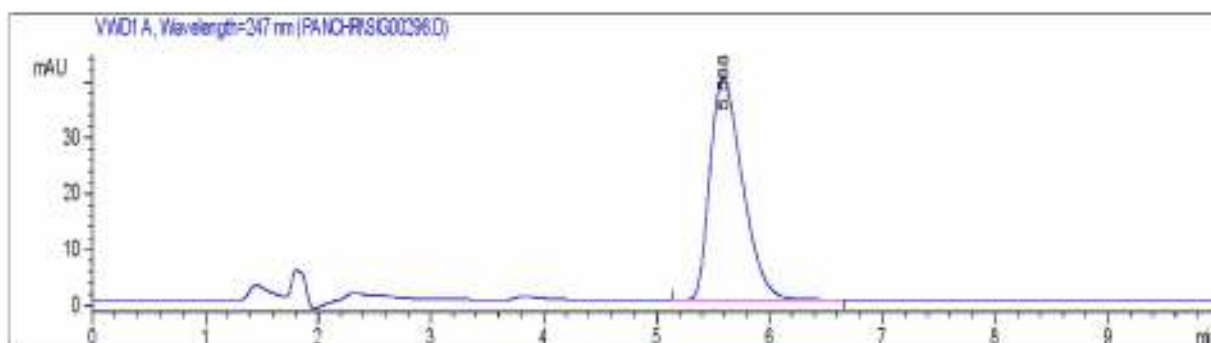
3.7 Προσδιορισμός υπολειμμάτων ririmiphos-methyl

3.7.1 Ποιοτική ανάλυση

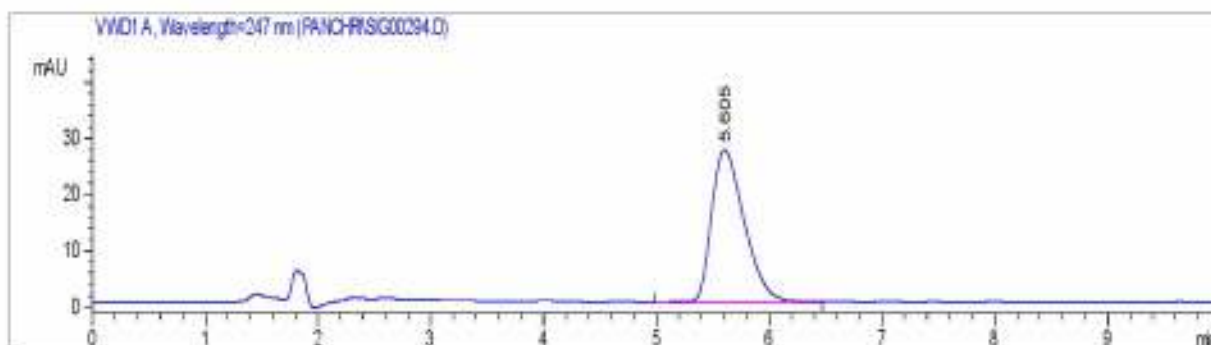
Η ταυτοποίηση του εντομοκτόνου ririmiphos-methyl έγινε με βάση το χρόνο κατακράτησής του (retention time), ο οποίος ήταν 5,6 min (εικόνα 3, 4 και 5).



Εικόνα 3: Χρωματογράφημα μεθανολικού εκχυλίσματος ririmiphos-methyl από επιφάνεια τσιμέντου 60 HME.



Εικόνα 4: Χρωματογράφημα μεθανολικού εκχυλίσματος ririmiphos-methyl από επιφάνεια μετάλλου, η οποία αποθηκεύτηκε στο σκοτάδι 60 HME.



Εικόνα 5: Χρωματογράφημα μεθανολικού εκχυλίσματος ririmiphos-methyl από επιφάνεια μετάλλου, η οποία εκτέθηκε στο φως 60 HME.

3.7.2 Πρότυπη ουσία – Πρότυπα διαλύματα

Η δραστική ουσία που χρησιμοποιήθηκε ήταν το pirimiphos methyl. Παρασκευάστηκε μητρικό πρότυπο διάλυμα pirimiphos methyl συγκέντρωσης 1000 µg/mL σε ακετόνη. Από το μητρικό διάλυμα και ακολουθώντας τον νόμο της αραιώσης παρασκευάστηκε αρχικά πρότυπο ενδιάμεσο διάλυμα 100 µg/mL και από αυτό παρασκευάστηκαν, με κατάλληλες αραιώσεις σε μεθανόλη, τα τελικά πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης 0,5 – 2 – 5 – 10 – 20 - 30 µg/mL. Ο σκοπός της χρήσης των προτύπων διαλυμάτων ήταν η βαθμονόμηση του χρωματογράφου και η αξιολόγηση της αναλυτικής μεθοδολογίας.

3.7.3 Εκχύλιση τριβλίων

Τα επίπεδα υπολειμμάτων του pirimiphos methyl στα τρυβλία μετρήθηκαν στις 0, 30, 60, 90 και 120 HME των τριβλίων. Μετά από προσθήκη 15 mL μεθανόλης σε κάθε τριβλίο ακολουθούσε ανακίνηση των τριβλίων για 15 λεπτά σε ανακινητήρα (τα τρυβλία τοποθετούνταν στον ανακινητήρα χωρίς κάλυψη της επιφάνειάς τους). Μετά το πέρας της ανακίνησης ογκομετρούνταν το παραληφθέν μεθανολικό εκχύλισμα. Ακολούθως 100 µL εκχυλίσματος μεταφέρονταν σε φιαλίδια χρωματογραφίας και αραιώνονταν με προσθήκη 900 µL μεθανόλης. Τα φιαλίδια ανακινούνταν καλά με το χέρι και οδηγούνταν σε κατάψυξη (-18°C) μέχρι τη χρωματογραφική τους ανάλυση για τον ποσοτικό προσδιορισμό του pirimiphos methyl.

3.7.4 Χρωματογραφικός προσδιορισμός του pirimiphos methyl

Για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων της δραστικής ουσίας χρησιμοποιήθηκε σύστημα υγρής χρωματογραφίας Hewlett Packard 1100 με ανιχνευτή υπεριώδους. Για το διαχωρισμό χρησιμοποιήθηκε χρωματογραφική στήλη Zorbax SB-C18 (4,6 x 150 mm, 5µm) της Agilent. Η ανάλυση έγινε ισοκρατικά με σύστημα διαλυτών νερό (με 0,1% φορμικό οξύ)/μεθανόλη 20/80 και με ροή κινητής φάσης 1mL/min. Η θερμοκρασία της στήλης ήταν 40°C. Ο όγκος έκχυσης ήταν 20µL. Το μήκος κύματος για τη μέγιστη απορρόφηση της δραστικής ρυθμίστηκε στα 247 nm. Ο χρόνος καταγραφής των χρωματογραφημάτων ρυθμίστηκε στα 10 λεπτά. Η καταγραφή και

επεξεργασία του χρωματογραφικού σήματος έγινε σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή με το πρόγραμμα Chem Station.

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό του pirimiphos methyl εφαρμόστηκε η τεχνική του εξωτερικού προτύπου. Συγκεκριμένα παράχθηκε καμπύλη αναφοράς με έκχυση σειράς προτύπων διαλυμάτων pirimiphos methyl (0,5 – 2 – 5 – 10 – 20 - 30 $\mu\text{g/mL}$ σε μεθανόλη). Με βάση την καμπύλη αναφοράς προέκυψε η συγκέντρωση του pirimiphos methyl στα εκχυλίσματα των επιφανειών και ακολούθως υπολογίστηκε η μάζα του pirimiphos methyl ανά τριβλίο ($\mu\text{g/τριβλίο}$) ή η συγκέντρωσή του σε $\mu\text{g/cm}^2$.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελέσματα πορείας υπολειμμάτων

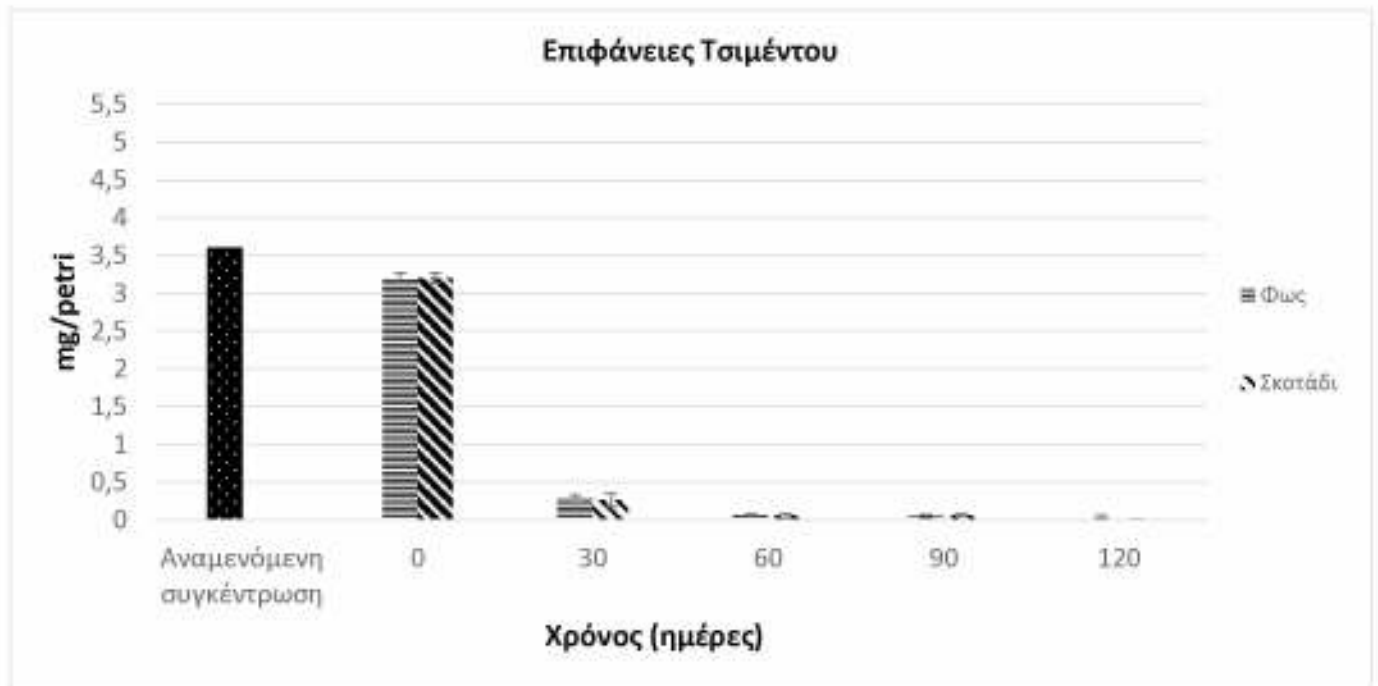
Στα Διαγράμματα 1 και 2 απεικονίζεται η εξέλιξη των συγκεντρώσεων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου, αντίστοιχα, υπό συνθήκες φωτισμού και σκοτάδους. Παρατηρείται ότι στις **επιφάνειες τσιμέντου** το φως δεν επηρέασε ιδιαίτερα την υπολειμματικότητα του pirimiphos-methyl, σε σχέση με το σκοτάδι. Την πρώτη ημέρα μετά τον ψεκασμό (ημέρα 0) η επιφανειακή συγκέντρωση του pirimiphos-methyl βρέθηκε να είναι 3,2 mg/petri. Σε 30 ημέρες οι συγκεντρώσεις της ουσίας τόσο για το φως όσο και για το σκοτάδι μειώθηκαν αισθητά ($0,3 \pm 0,03$ mg/petri και $0,26 \pm 0,09$ mg/petri, αντίστοιχα) χωρίς να παρατηρηθούν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών φωτισμού. Με την πάροδο του χρόνου η συγκέντρωση της δραστικής ουσίας παρέμεινε σε πολύ χαμηλά επίπεδα και τον τελευταίο μήνα (120 ημέρες) έφτασε στα $0,01 \pm 0,0$ mg/petri στο σκοτάδι και στα $0,04 \pm 0,02$ mg/petri στο φως. Η ποσοστιαία μείωση του pirimiphos-methyl στις **επιφάνειες τσιμέντου** ήταν πολύ μεγάλη για το διάστημα 0-4 μήνες μετά τον ψεκασμό, στο φως ήταν 98,7%, ενώ στο σκοτάδι 99,6% (Πίνακες 1 και 2).

Στις **επιφάνειες μετάλλου** παρατηρείται ότι το φως επηρέασε την υπολειμματικότητα του pirimiphos-methyl, σε σχέση με το σκοτάδι. Πιο συγκεκριμένα την πρώτη ημέρα μετά τον ψεκασμό (ημέρα 0) η συγκέντρωση του pirimiphos-methyl ήταν 1,84 mg/petri. Μετά από 30 ημέρες, ενώ στο σκοτάδι η συγκέντρωση της δραστικής παρέμεινε κατά μέσο όρο στα ίδια επίπεδα (1,84 mg/petri) στο φως παρατηρείται μείωση στα 1,08 mg/petri. Η συγκέντρωση της δραστικής συνέχισε να μειώνεται σταδιακά φτάνοντας τον τελευταίο μήνα (ημέρα 120) στα 1,24 mg/petri στο σκοτάδι και μόλις στα 0,64 mg/petri στο φως. Η ποσοστιαία μείωση του pirimiphos-methyl στις **επιφάνειες μετάλλου** σε 120 ΗΜΕ ήταν στο φως 66,7%, ενώ σκοτάδι 33,4% (Πίνακας 3 και 4).

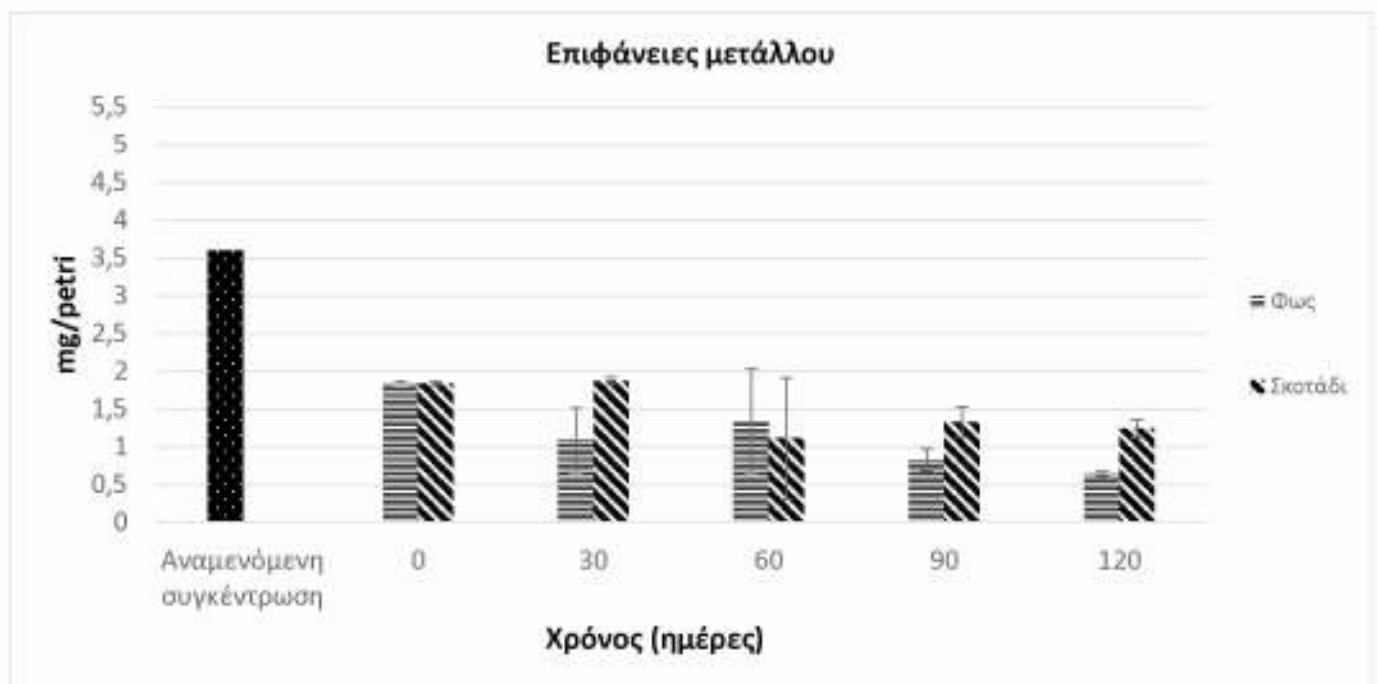
Στα Διαγράμματα 3 και 4 είναι εμφανές ότι στις επιφάνειες τσιμέντου παρατηρήθηκε μείωση των υπολειμμάτων του pirimiphos-methyl σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι στις επιφάνειες μετάλλου, ανεξάρτητα από τις συνθήκες φωτισμού. Ακόμη μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι παρά το γεγονός ότι την ημέρα 0 η συγκέντρωση της δραστικής ουσίας στο τσιμέντο βρέθηκε να είναι σχεδόν διπλάσια (3,2 mg/petri) από την αντίστοιχη συγκέντρωση στις επιφάνειες μετάλλου (1,84 mg/petri), από τον επόμενο

κιάλας μήνα (ημέρα 30) η συγκέντρωση της ουσίας στις επιφάνειες τσιμέντου μειώνεται σημαντικά, ενώ στις επιφάνειες μετάλλου ελαττώνεται ελάχιστα.

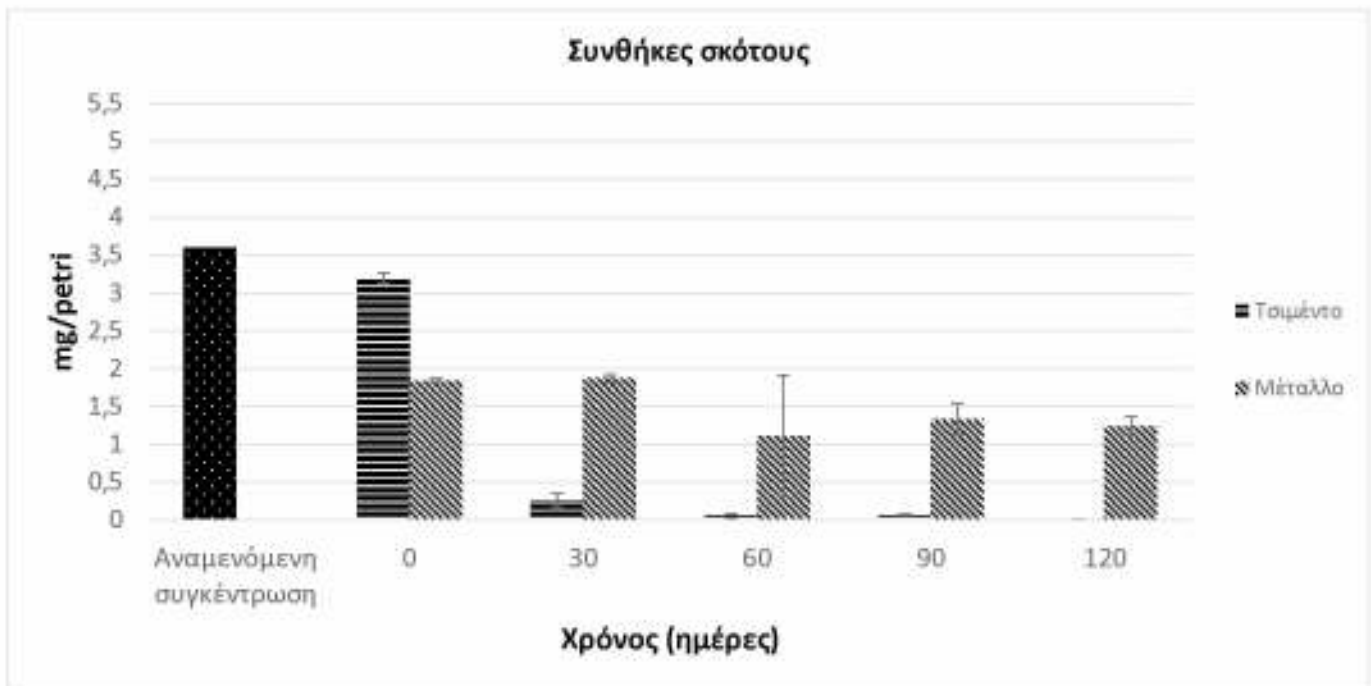
Σε όλα τα διαγράμματα είναι εμφανές ότι η θεωρητική αναμενόμενη συγκέντρωση του pirimiphos-methyl, η οποία μετρήθηκε ότι ήταν 3,6 mg δραστικής ουσίας/petri, διαφέρει από τη συγκέντρωση που μετρήθηκε αμέσως μετά τον ψεκασμό (ημέρα 0). Πιο συγκεκριμένα την πρώτη ημέρα μετά τον ψεκασμό, στις επιφάνειες τσιμέντου η συγκέντρωση της ουσίας ήταν 3,2 mg δραστικής ουσίας/petri και βρίσκεται πολύ κοντά στη θεωρητική συγκέντρωση, ενώ στις επιφάνειες μετάλλου η συγκέντρωση που μετρήθηκε ήταν αρκετά μειωμένη φτάνοντας το 1,84 mg δραστικής ουσίας/petri.



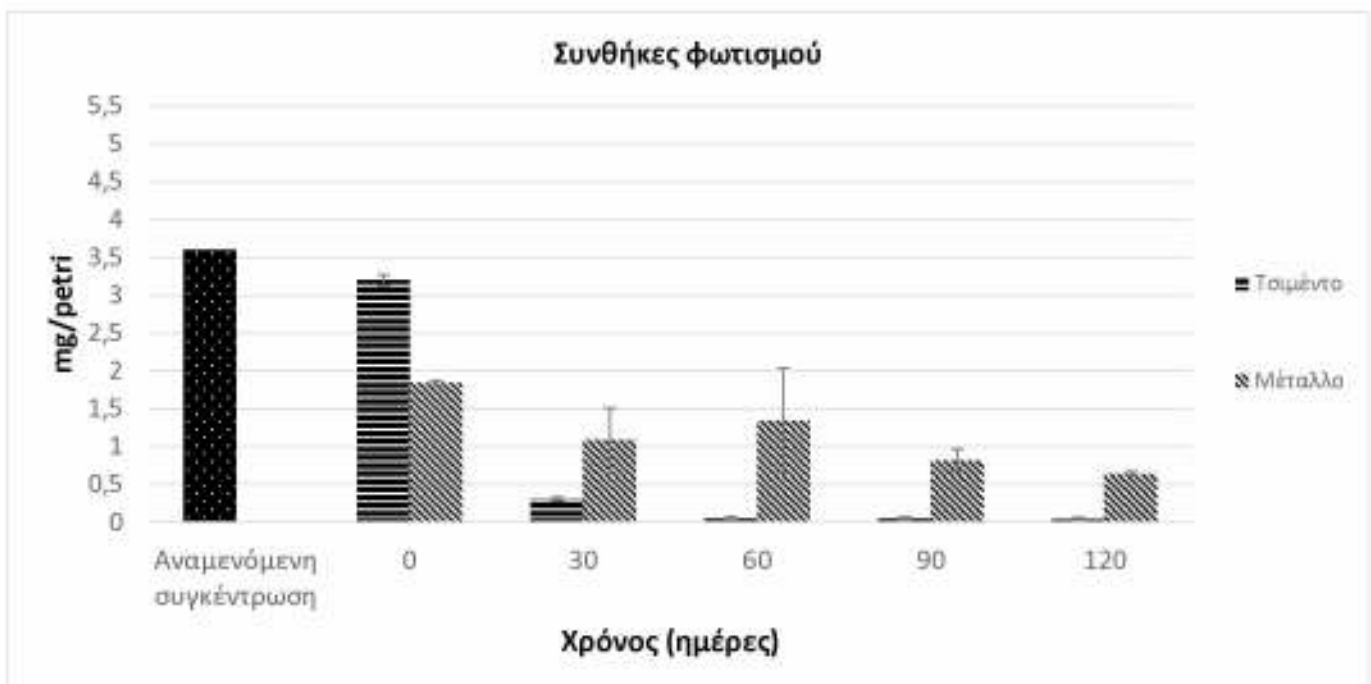
Διάγραμμα 1: Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες τσιμέντου υπό συνθήκες φωτός και σκοταδιού. Σε κάθε σημείο απεικονίζεται ο μέσος όρος τριών μετρήσεων και η σχετική τυπική απόκλιση.



Διάγραμμα 2: Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες μετάλλου υπό συνθήκες φωτός και σκοταδιού. Σε κάθε σημείο απεικονίζεται ο μέσος όρος τριών μετρήσεων και η σχετική τυπική απόκλιση.



Διάγραμμα 3: Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου υπό συνθήκες σκοταδιού. Σε κάθε σημείο απεικονίζεται ο μέσος όρος τριών μετρήσεων και η σχετική τυπική απόκλιση.



Διάγραμμα 4: Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου υπό συνθήκες φωτός. Σε κάθε σημείο απεικονίζεται ο μέσος όρος τριών μετρήσεων και η σχετική τυπική απόκλιση.

Πίνακας 1: Πορεία των υπολειμμάτων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες τσιμέντου υπό συνθήκες φωτισμού με την πάροδο του χρόνου μετά τον ψεκασμό. Οι συγκεντρώσεις των υπολειμμάτων εκφράζονται σε mg/cm², mg/petri και % της αρχικής συγκέντρωσης. Κάθε συγκέντρωση απεικονίζει το μέσο όρο τριών μετρήσεων – επαναλήψεων.

HME	mg/cm ²	mg/petri (μέση τιμή)	Τυπική απόκλιση	%
0	0,054	3,20	0,07	100
30	0,005	0,30	0,03	9,4
60	0,001	0,06	0,02	3,1
90	0,001	0,05	0,02	1,6
120	0,001	0,04	0,02	1,3

Πίνακας 2: Πορεία των υπολειμμάτων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες τσιμέντου υπό συνθήκες σκότους με την πάροδο του χρόνου μετά τον ψεκασμό. Οι συγκεντρώσεις των υπολειμμάτων εκφράζονται σε mg/cm², mg/petri και % της αρχικής συγκέντρωσης. Κάθε συγκέντρωση απεικονίζει το μέσο όρο τριών μετρήσεων – επαναλήψεων.

HME	mg/cm ²	mg/petri (μέση τιμή)	Τυπική απόκλιση	%
0	0,054	3,20	0,07	100
30	0,004	0,26	0,09	9,4
60	0,001	0,06	0,03	3,1
90	0,001	0,06	0,02	3,1
120	0,0002	0,01	0,00	0,3

Πίνακας 3: Πορεία των υπολειμμάτων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες μετάλλου υπό συνθήκες φωτισμού με την πάροδο του χρόνου μετά τον ψεκασμό. Οι συγκεντρώσεις των υπολειμμάτων εκφράζονται σε mg/cm², mg/petri και % της αρχικής συγκέντρωσης. Κάθε συγκέντρωση απεικονίζει το μέσο όρο τριών μετρήσεων – επαναλήψεων.

HME	mg/cm ²	mg/petri (μέση τιμή)	Τυπική απόκλιση	%
0	0,031	1,84	0,03	100
30	0,018	1,08	0,43	61,1
60	0,023	1,34	0,69	72,2
90	0,014	0,82	0,15	44,4
120	0,011	0,64	0,03	33,3

Πίνακας 4: Πορεία των υπολειμμάτων του pirimiphos-methyl σε επιφάνειες μετάλλου υπό συνθήκες σκότους με την πάροδο του χρόνου μετά τον ψεκασμό. Οι συγκεντρώσεις των υπολειμμάτων εκφράζονται σε mg/cm², mg/petri και % της αρχικής συγκέντρωσης. Κάθε συγκέντρωση απεικονίζει το μέσο όρο τριών μετρήσεων – επαναλήψεων.

HME	mg/cm ²	mg/petri (μέση τιμή)	Τυπική απόκλιση	%
0	0,031	1,84	0,03	100
30	0,031	1,84	0,05	100
60	0,019	1,11	0,80	61,1
90	0,022	1,33	0,20	72,2
120	0,021	1,24	0,12	66,7

4.2 Αποτελέσματα βιοδοκιμών

Η θνησιμότητα των ενηλίκων ατόμων του *S. oryzae* επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά τόσο από το χρόνο έκθεσης, την παρουσία ή απουσία φωτός, το είδος της επιφάνειας και το διάστημα αποθήκευσης, όσο και από τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις (Πίνακας 5). Η θνησιμότητα στις επιφάνειες τσιμέντου που εκτέθηκαν στο φως ήταν αρκετά υψηλή (72,5%) μετά από 3 ημέρες έκθεσης αμέσως μετά την εφαρμογή του σκευάσματος (Μήνας 0), ενώ το ποσοστό θνησιμότητας στο τέλος της ίδιας βιοδοκιμής (Ημέρα 14) ανήλθε στο 78,3%. Όμως, ακόμα και μετά από μόλις έναν μήνα αποθήκευσης των ψεκασμένων τριβλίων με τσιμέντο στο φως, η αποτελεσματικότητα του σκευάσματος και αντίστοιχα η θνησιμότητα των εντόμων μειώθηκαν ραγδαία, με αποτέλεσμα τα επίπεδα θνησιμότητας μετά από 14 ημέρες έκθεσης μετά από ένα μήνα αποθήκευσης μόλις που έφθασαν το 14% (Πίνακας 6, Διάγραμμα 5). Παρόμοια χαμηλά ποσοστά θνησιμότητας στις ψεκασμένες επιφάνειες τσιμέντου που εκτέθηκαν στο φως καταγράφηκαν και στις επόμενες βιοδοκιμές (Μήνες 2 και 4) (Πίνακας 6, Διάγραμμα 5). Όσον αφορά τη θνησιμότητα των εντόμων στις ψεκασμένες με pirimiphos-methyl επιφάνειες τσιμέντου που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι ήταν εξαιρετικά υψηλή από τον πρώτο κιόλας μήνα (Μήνας 0) ξεκινώντας από 63,3% στις 3 ημέρες έκθεσης και φτάνοντας στο 96,6% την 14η ημέρα έκθεσης. Στη συνέχεια τους μήνες 1 και 2 τα ποσοστά θνησιμότητας αυξήθηκαν στο 53,3% και 39,1% την ημέρα 14 αντίστοιχα, ενώ τον μήνα 4 η θνησιμότητα μειώθηκε στο 14,1% (ημέρα 14) (Πίνακας 6, Διάγραμμα 6). Όσον αφορά τις επιφάνειες μετάλλου, τόσο στο φως όσο και στο σκοτάδι καταγράφηκε θνησιμότητα 100% αμέσως μετά την εφαρμογή του σκευάσματος (Μήνας 0), ενώ τα επίπεδα θνησιμότητας παρέμειναν υψηλά και στις επόμενες βιοδοκιμές (Μήνες 1, 2 και 4). Ενδεικτικά, ακόμα και στην τελευταία βιοδοκιμή μετά από 4 μήνες αποθήκευσης των τριβλίων με μέταλλο τόσο στο φως όσο και στο σκοτάδι, τα ποσοστά θνησιμότητας ξεπέρασαν σε όλες τις περιπτώσεις το 96% (Πίνακας 6, Διαγράμματα 7 και 8).

Πίνακας 5: Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated measures MANOVA) για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown ενηλίκων του *Sitophilus oryzae* μετά από έκθεση για 3, 7 και 14 ημέρες (διαστήματα έκθεσης) σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου ψεκασμένες με pirimiphos methyl και αποθηκευμένες για 0, 1, 2 και 4 μήνες (διαστήματα αποθήκευσης) [βαθμοί ελευθερίας του σφάλματος (df) = 80].

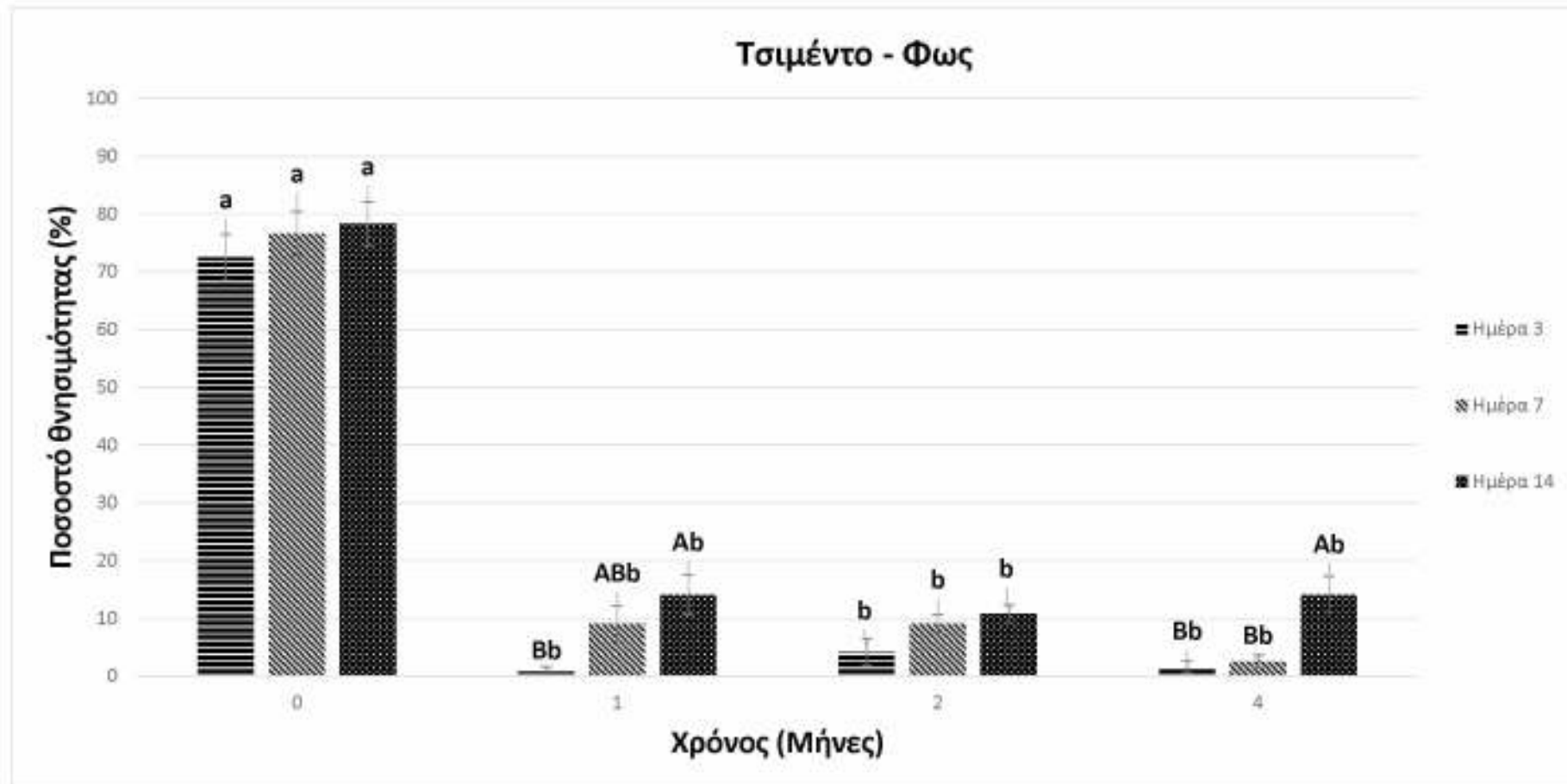
Πηγή παραλλακτικότητας	Knockdown			Θνησιμότητα	
	df	F	P	F	P
Μεταξύ μεταβλητών	15	2,9	<0,001	149,7	<0,001
Τιμή αποκοπής	1	35,5	<0,001	5972,	<0,001
Επιφάνεια	1	8,3	0,005	1699,	<0,001
Συνθήκες φωτισμού	1	0,9	0,330	10,9	0,001
Διάστημα αποθήκευσης	3	6,3	<0,001	84,0	<0,001
Επιφάνεια x Συνθήκες φωτισμού	1	0,9	0,330	10,7	0,002
Επιφάνεια x Διάστημα αποθήκευσης	3	2,8	0,045	83,8	<0,001
Συνθήκες φωτισμού x Διάστημα αποθήκευσης	3	1,1	0,345	3,5	0,017
Επιφάνεια x Συνθήκες φωτισμού x Διάστημα αποθήκευσης	3	1,1	0,345	3,5	0,018
Μέσα στις μεταβλητές	30	1,4	0,083	3,9	<0,001
Χρόνος μετά την έκθεση	2	3,7	0,028	29,2	<0,001
Χρόνος μετά την έκθεση x Επιφάνεια	2	3,4	0,037	28,9	<0,001
Χρόνος μετά την έκθεση x Συνθήκες φωτισμού	2	0,0	0,978	3,9	0,023
Χρόνος μετά την έκθεση x Διάστημα αποθήκευσης*	6	1,6	0,149	3,1	0,006
Χρόνος μετά την έκθεση x Επιφάνεια x Συνθήκες φωτισμού	2	0,6	0,529	4,0	0,022
Χρόνος μετά την έκθεση x Επιφάνεια x Διάστημα αποθήκευσης*	6	1,7	0,109	3,1	0,006
Χρόνος μετά την έκθεση x Συνθήκες φωτισμού x Διάστημα αποθήκευσης*	6	0,8	0,539	2,0	0,057
Χρόνος μετά την έκθεση x Επιφάνεια x Συνθήκες φωτισμού x Διάστημα	6	1,7	0,107	2,0	0,057

* Wilks' Lamda approximate F value

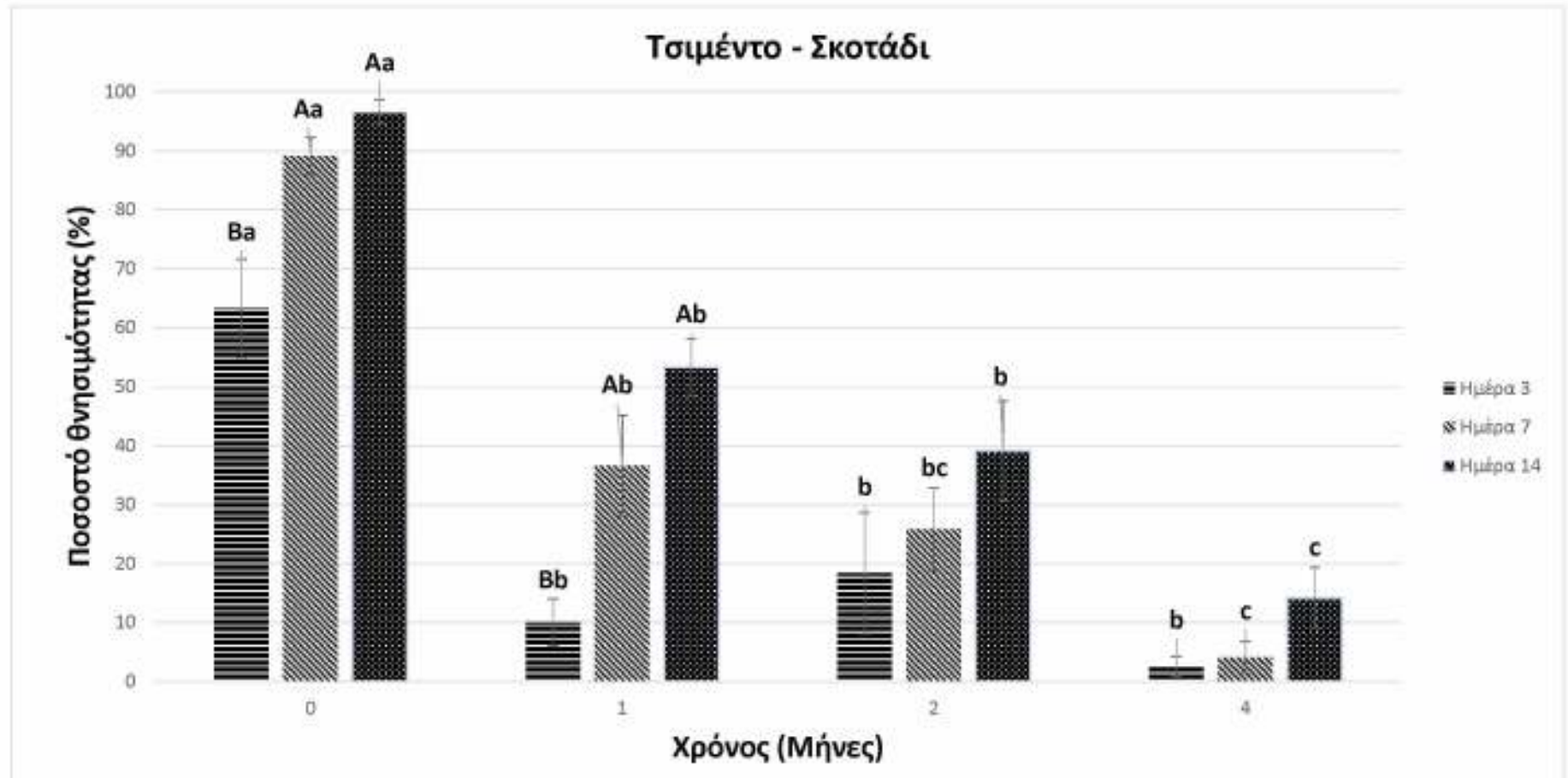
Πίνακας 6: Μέση θνησιμότητα (\pm τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από έκθεση για 3, 7 και 14 ημέρες σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου ψεκασμένες με pirimiphos-methyl μετά από 0, 1, 2 και 4 μήνες αποθήκευσης των επιφανειακών στο φως ή στο σκοτάδι (n = 6).

Διάστημα αποθήκευσης & έκθεσης		Θνησιμότητα (%)			
		Φως		Σκοτάδι	
		Τσιμέντο	Μέταλλο	Τσιμέντο	Μέταλλο
Μήνας 0					
	Ημέρα 3	72,5 \pm 4,0 a	92,5 \pm 2,8 Bab*	63,3 \pm 8,3 Ba	100,0 \pm 0,0a
	Ημέρα 7	76,6 \pm 3,8 a*	100,0 \pm 0,0 Aa	89,1 \pm 3,2 Aa	100,0 \pm 0,0
	Ημέρα 14	78,3 \pm 3,8 a*	100,0 \pm 0,0 A	96,6 \pm 2,1 Ab	100,0 \pm 0,0
Μήνας 1					
	Ημέρα 3	0,8 \pm 0,8 Bb	100,0 \pm 0,0 a	10,0 \pm 4,0 Bb	100,0 \pm 0,0a
	Ημέρα 7	9,1 \pm 3,0 ABb*	100,0 \pm 0,0 a	36,6 \pm 8,5 Ab	100,0 \pm 0,0
	Ημέρα 14	14,1 \pm 3,5 Ab*	100,0 \pm 0,0	53,3 \pm 4,9 Ab	100,0 \pm 0,0
Μήνας 2					
	Ημέρα 3	4,1 \pm 2,3 b	85,8 \pm 2,7 Bb*	18,3 \pm 10,3 b	100,0 \pm 0,0a
	Ημέρα 7	9,1 \pm 1,5 b*	86,6 \pm 3,0 Bb*	25,8 \pm 7,1 bc	100,0 \pm 0,0
	Ημέρα 14	10,8 \pm 1,5 b*	100,0 \pm 0,0 A	39,1 \pm 8,5 b	100,0 \pm 0,0
Μήνας 4					
	Ημέρα 3	1,6 \pm 1,0 Bb	96,6 \pm 1,0 a	2,5 \pm 1,7 b	96,6 \pm 1,6b
	Ημέρα 7	2,5 \pm 1,1 Bb	98,3 \pm 1,0 a	4,1 \pm 2,7 c	97,5 \pm 1,7
	Ημέρα 14	14,1 \pm 3,2 Ab	99,1 \pm 0,8	14,1 \pm 5,2 c	97,5 \pm 1,7

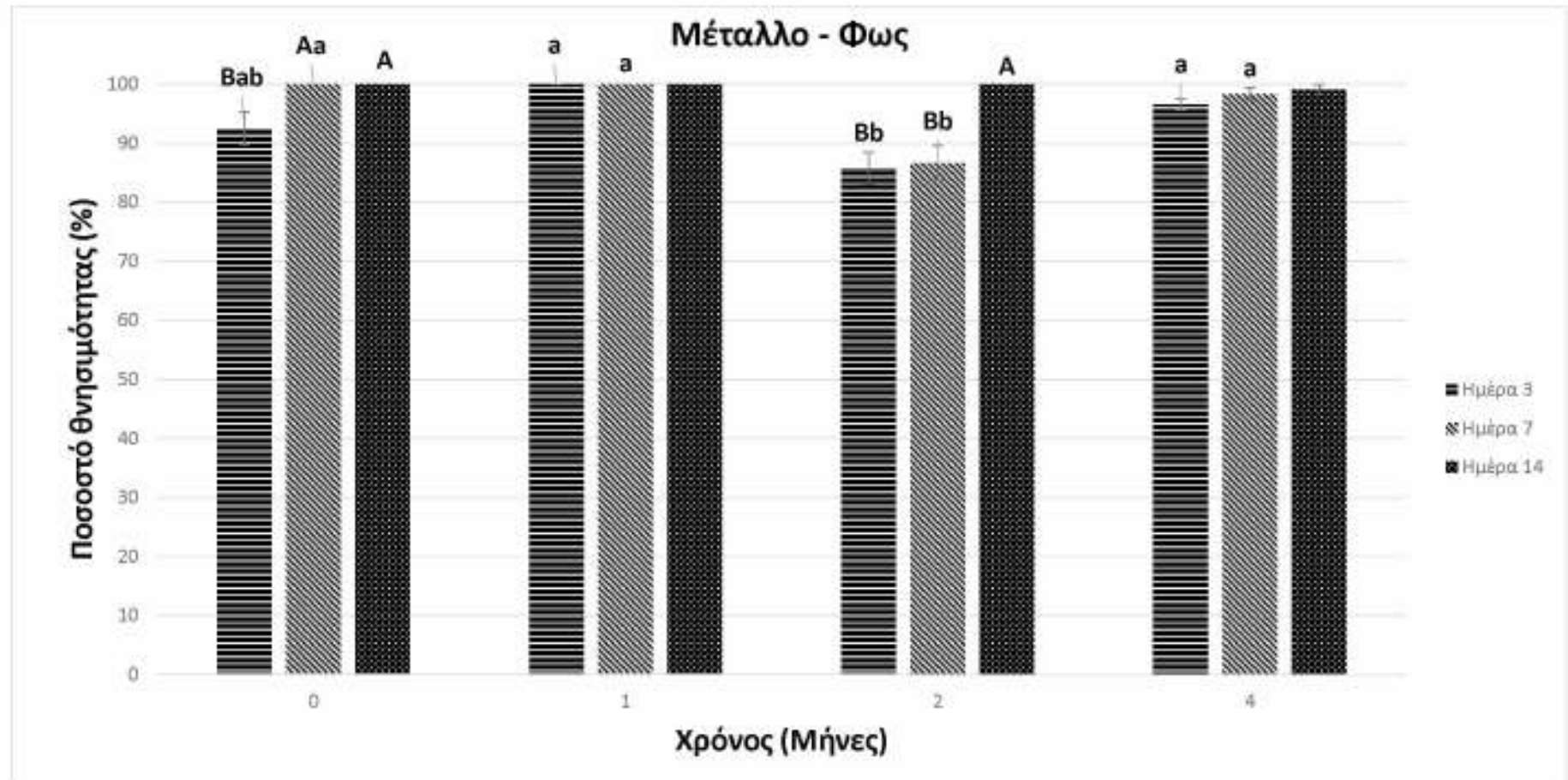
Για κάθε επιφάνεια (τσιμέντο, μέταλλο), χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4) και συνθήκη φωτισμού (φως, σκοτάδι), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Για κάθε επιφάνεια, συνθήκη φωτισμού και διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Μέσοι όροι με αστερίσκο, που αφορούν στη θνησιμότητα που καταγράφηκε σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με pirimiphos-methyl που εκτέθηκαν στο φως, είναι στατιστικώς σημαντικά διαφορετικοί από τους αντίστοιχους μέσους όρους που καταγράφηκαν σε ψεκασμένες επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου αντίστοιχα που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι, σύμφωνα με το Student's t-test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα ή αστερίσκοι, δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



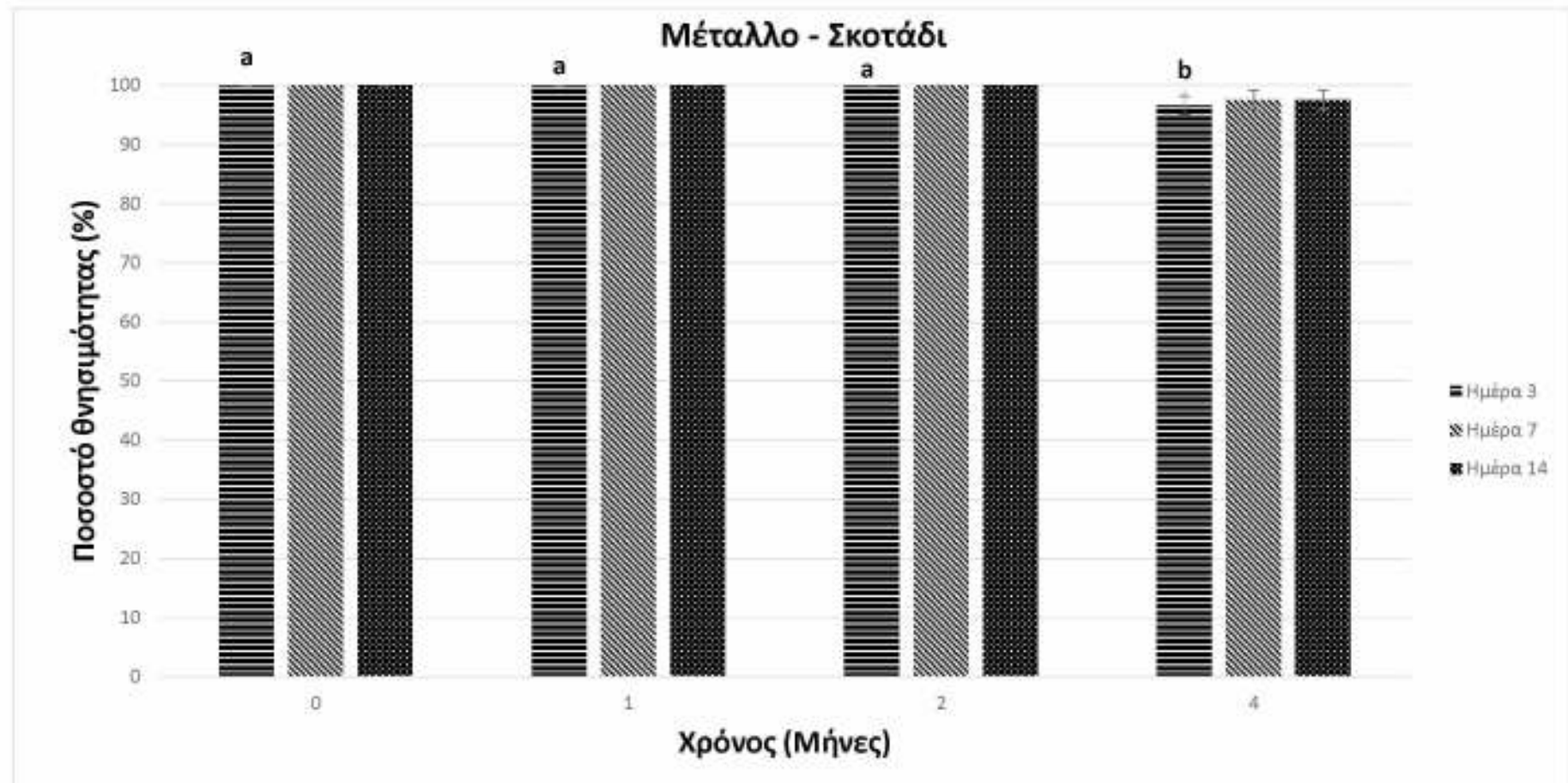
Διάγραμμα 5: Ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλικών *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με τσιμέντο ψεκάσμενα με rigitriphos-methyl που εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, ενώ για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



Διάγραμμα 6: Ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με τσιμέντο ψεκασμένα με riiipirhos-methyl που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, ενώ για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



Διάγραμμα 7: Ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενήλικων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με μέταλλο φεκασμένα με riiipirhos-methyl που εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, ενώ για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



Διάγραμμα 8: Ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με μέταλλο ψεκασμένα με rītipīrhos-methyl που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, ενώ για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.

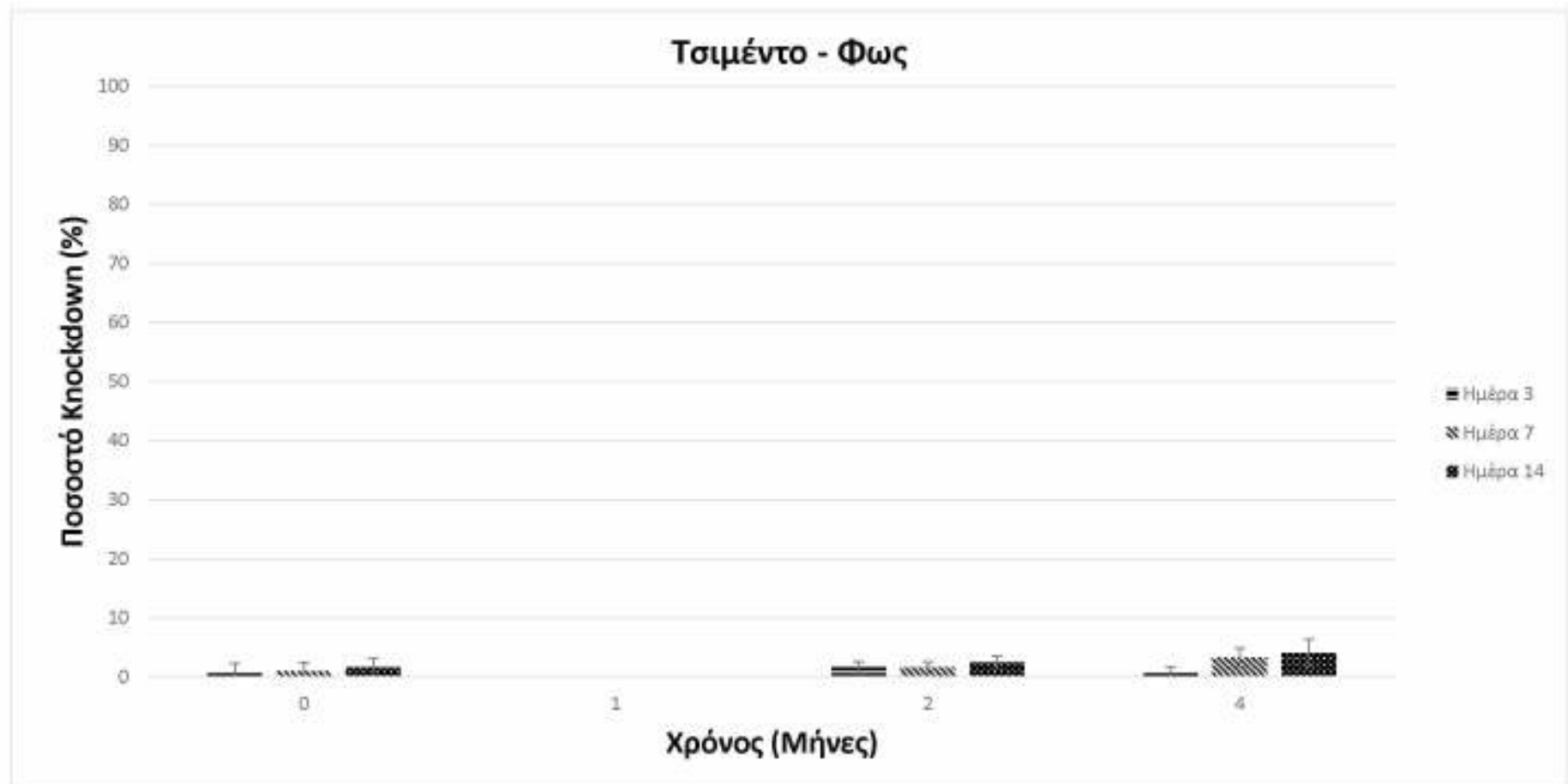
Το ποσοστό των ημιθανών (knocked down) εκτεθέντων ενηλίκων ατόμων του *S. oryzae* επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά από το χρόνο έκθεσης, το είδος της επιφάνειας και το διάστημα αποθήκευσης, όχι όμως και από την παρουσία ή απουσία φωτός (Πίνακας 5). Τα ποσοστά knockdown των ενηλίκων ατόμων *S. oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με pirimiphos-methyl και αποθηκευμένες για 0, 1, 2 και 4 μήνες στο φως ή στο σκοτάδι παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 και στα Διαγράμματα 5 έως 8. Γενικά, τα ποσοστά knockdown σε όλες τις περιπτώσεις ήταν χαμηλά και δεν ξεπέρασαν το 4,1% (Πίνακας 7, Διαγράμματα 9 έως 12).

Τα ποσοστά θνησιμότητας των ενηλίκων ατόμων *S. oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με απιονισμένο νερό (μάρτυρες) και αποθηκευμένες για 0, 1, 2 και 4 μήνες στο φως ή στο σκοτάδι παρουσιάζονται στον Πίνακα 8 και στα Διαγράμματα 13 έως 16. Στις επιφάνειες τσιμέντου, τόσο στο φως όσο και στο σκοτάδι, τα ποσοστά θνησιμότητας στους μάρτυρες μετά από 3 ημέρες έκθεσης ήταν χαμηλά και δεν ξεπέρασαν το 20% (Πίνακας 8, Διαγράμματα 13 και 14). Το υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας που μετρήθηκε ήταν 53% (Ημέρα 14) (Πίνακας 8, Διαγράμματα 13 και 14). Στα τρυβλία με μέταλλο τα ποσοστά θνησιμότητας στους μάρτυρες δεν ξεπέρασαν το 29% ακόμη και την 14η ημέρα (Πίνακας 8, Διαγράμματα 15 και 16). Τα ποσοστά knockdown των ενηλίκων ατόμων *S. oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με απιονισμένο νερό (μάρτυρες) και αποθηκευμένες για 0, 1, 2 και 4 μήνες στο φως ή στο σκοτάδι παρουσιάζονται στον Πίνακα 9 και στα Διαγράμματα 17 έως 20. Γενικά, τα ποσοστά knockdown στους μάρτυρες σε όλες τις περιπτώσεις ήταν χαμηλά και δεν ξεπέρασαν το 7,5% (Πίνακας 9, Διαγράμματα 17 έως 20).

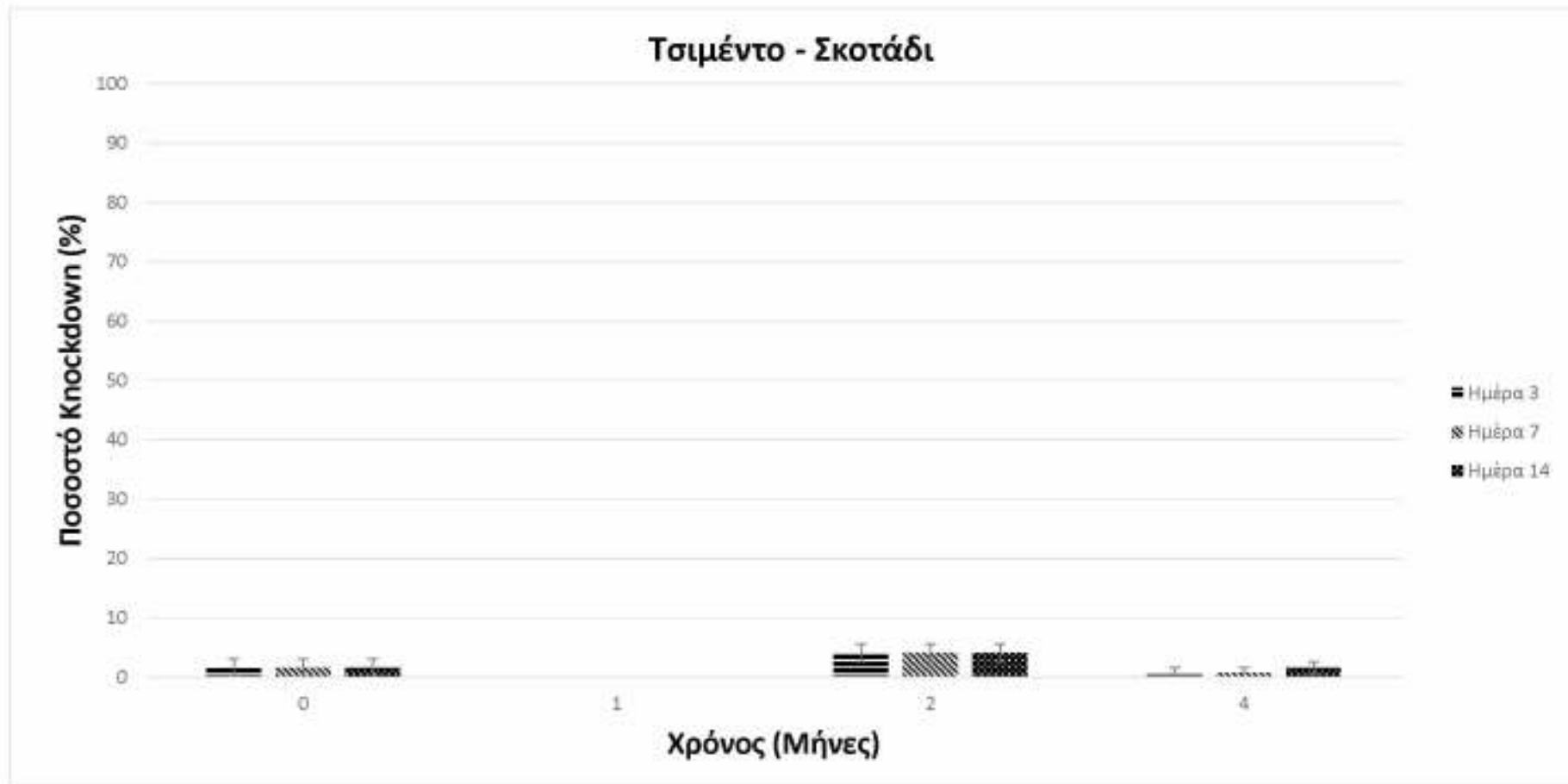
Πίνακας 7: Μέσο ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από έκθεση για 3, 7 και 14 ημέρες σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με pirimiphos-methyl μετά από 0, 1, 2 και 4 μήνες αποθήκευσης των επιφανειών στο φως ή στο σκοτάδι (n = 6).

Διάστημα αποθήκευσης & έκθεσης	Knockdown (%)			
	Φως		Σκοτάδι	
	Τσιμέντο	Μέταλλο	Τσιμέντο	Μέταλλο
Μήνας 0				
Ημέρα 3	4,1 \pm 1,5	0,0 \pm 0,0	1,6 \pm 1,0	0,0 \pm 0,0
Ημέρα 7	4,1 \pm 1,5	0,0 \pm 0,0	1,6 \pm 1,0	0,0 \pm 0,0
Ημέρα 14	4,1 \pm 1,5	0,0 \pm 0,0	1,6 \pm 1,0	0,0 \pm 0,0
Μήνας 1				
Ημέρα 3	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Ημέρα 7	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Ημέρα 14	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Μήνας 2				
Ημέρα 3	1,6 \pm 1,0	0,0 \pm 0,0	4,1 \pm 1,5	0,0 \pm 0,0
Ημέρα 7	1,6 \pm 1,0	0,0 \pm 0,0	4,1 \pm 1,5	0,0 \pm 0,0
Ημέρα 14	2,5 \pm 1,1	0,0 \pm 0,0	4,1 \pm 1,5	0,0 \pm 0,0
Μήνας 4				
Ημέρα 3	0,8 \pm 0,8	1,6 \pm 1,0	0,8 \pm 0,8	0,8 \pm 0,8
Ημέρα 7	3,3 \pm 1,6	2,5 \pm 1,1	0,8 \pm 0,8	2,5 \pm 1,1
Ημέρα 14	4,1 \pm 2,3	3,3 \pm 1,0	1,6 \pm 1,0 4	3,3 \pm 1,6

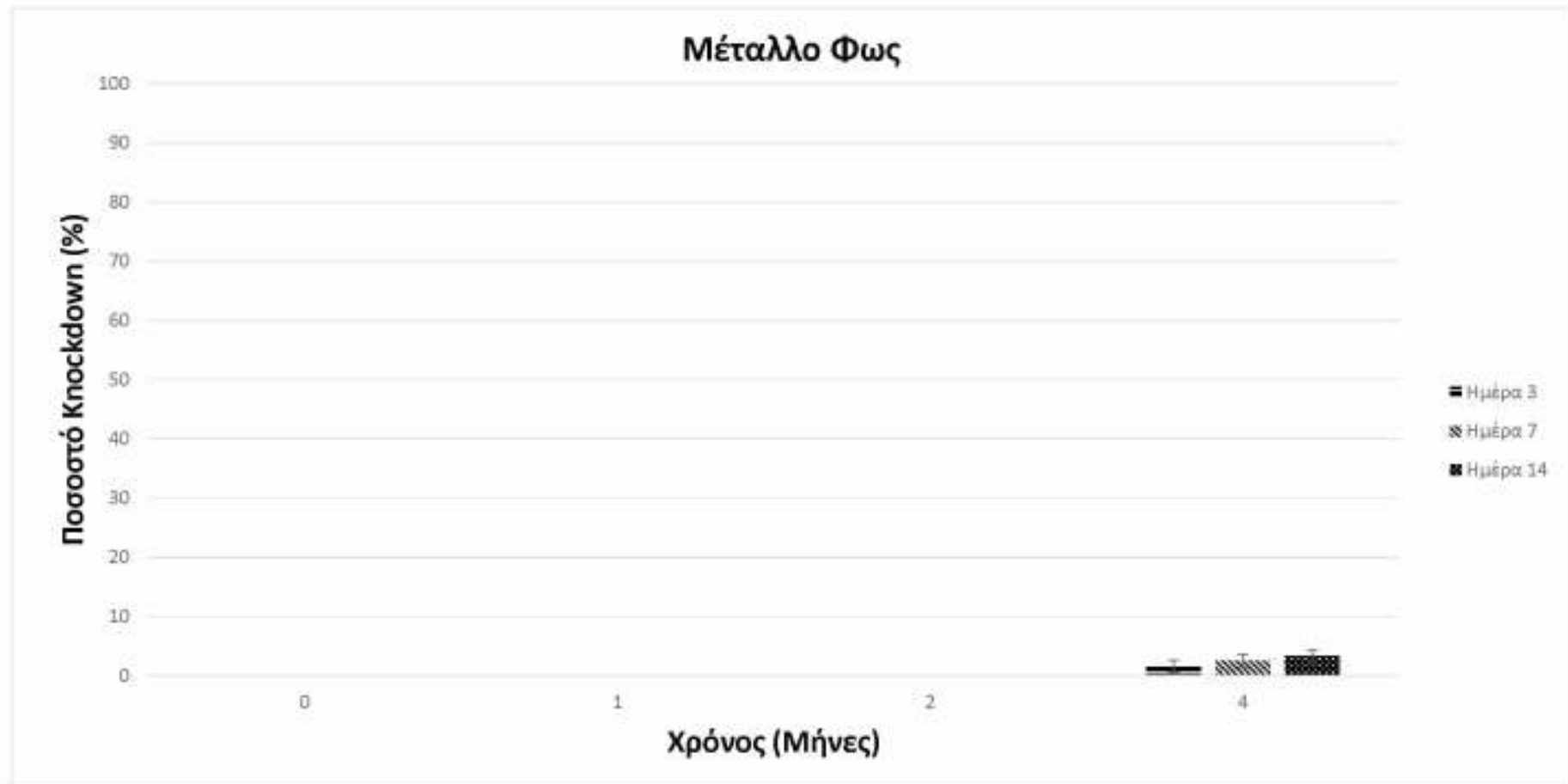
Για κάθε επιφάνεια (τσιμέντο, μέταλλο), χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4) και συνθήκη φωτισμού (φως, σκοτάδι), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε επιφάνεια, συνθήκη φωτισμού και διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων που αφορούν στο ποσοστό knockdown που καταγράφηκε σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με pirimiphos-methyl που εκτέθηκαν στο φως, και των αντίστοιχων μέσων όρων που καταγράφηκαν σε ψεκασμένες επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι, σύμφωνα με το Student's t-test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



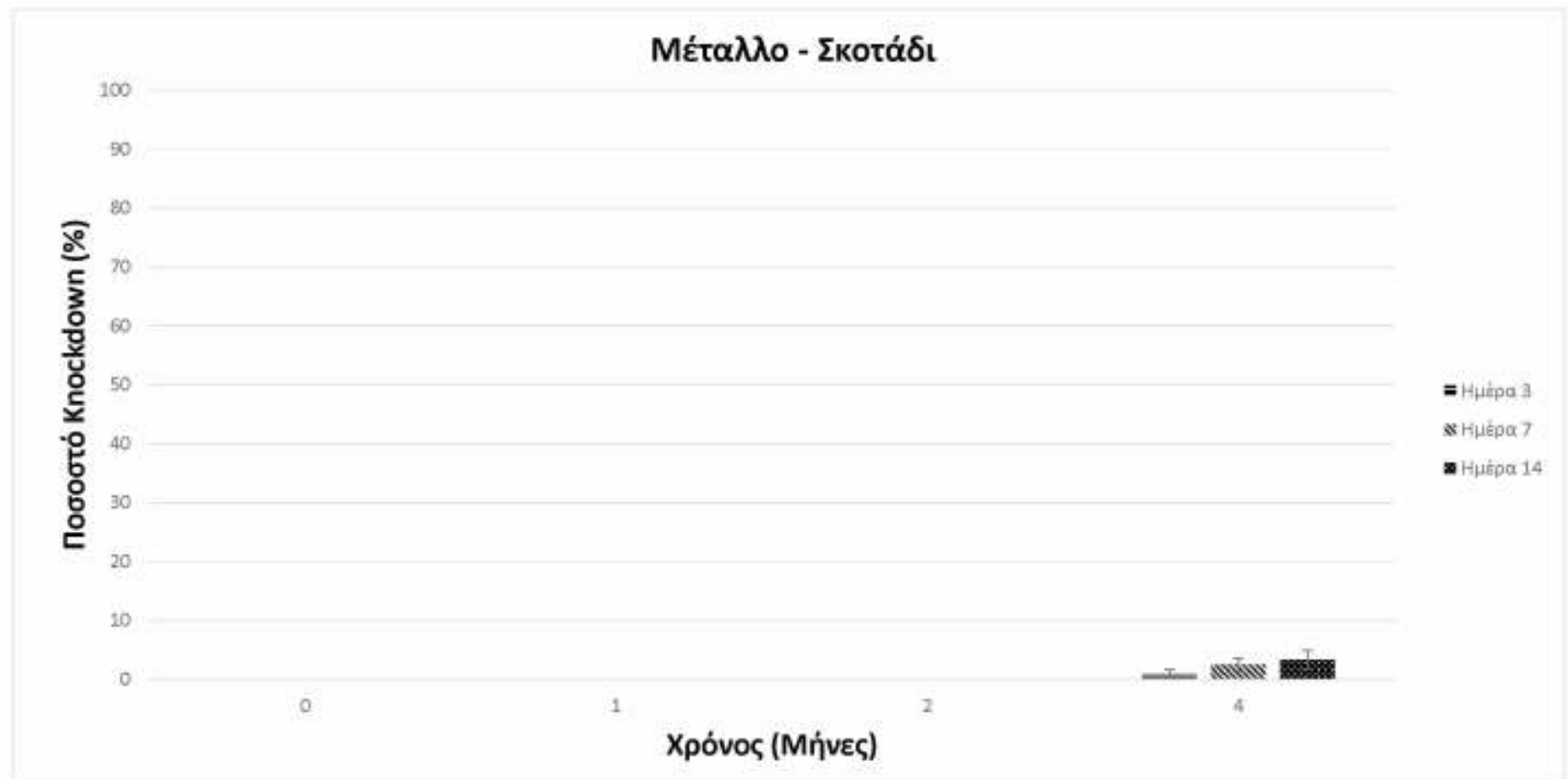
Διάγραμμα 9: Ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με τσιμέντο ψεκασμένα με rigitriphos-methyl που εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



Διάγραμμα 10: Ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με τσιμέντο ψεκασμένα με pirimiphos-methyl που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



Διάγραμμα 11: Ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με μέταλλο ψεκασμένα με rigitipiros-methyl που εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.

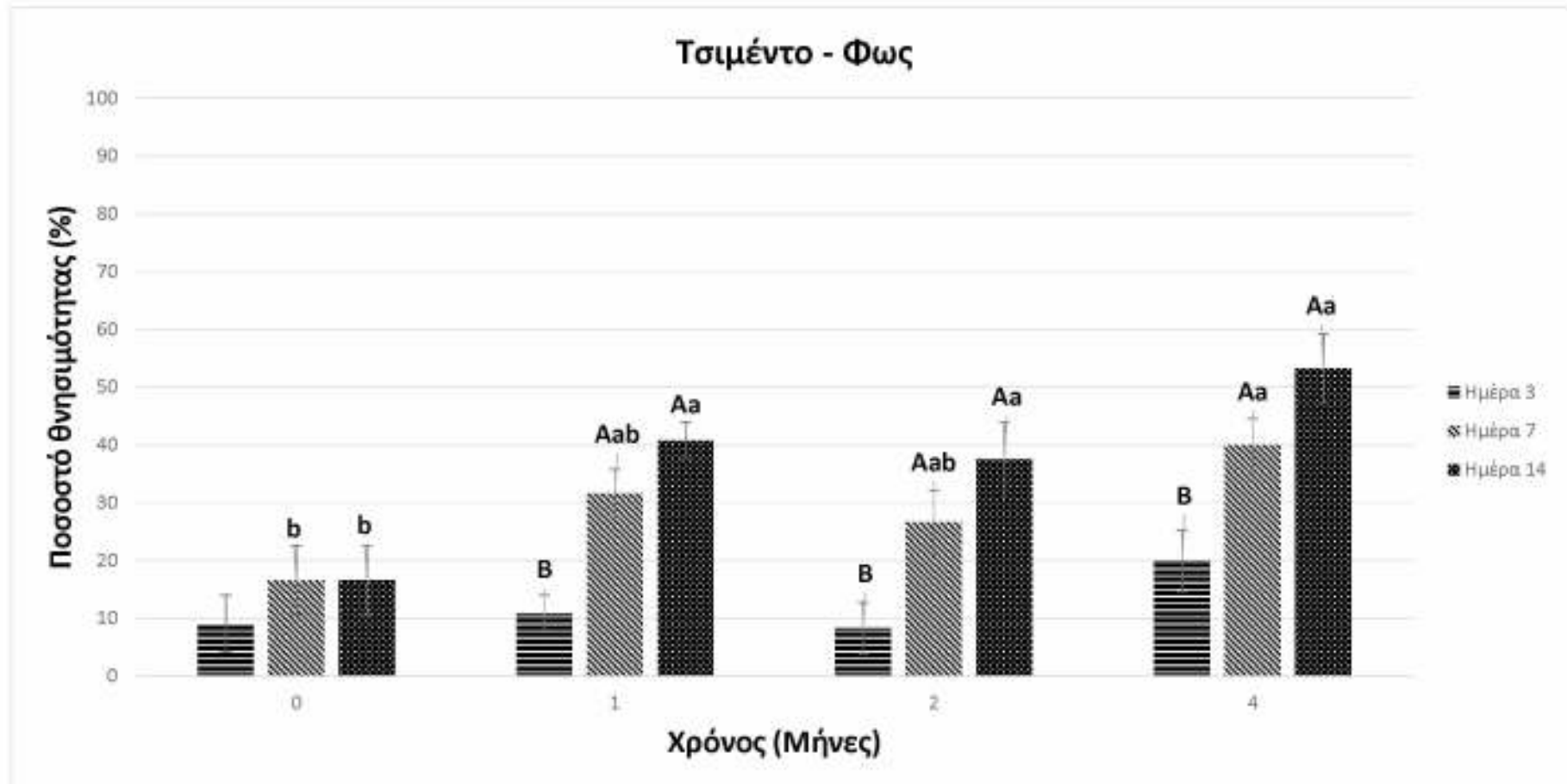


Διάγραμμα 12: Ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με μέταλλο ψεκάσμενα με rigitriphos-methyl που εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.

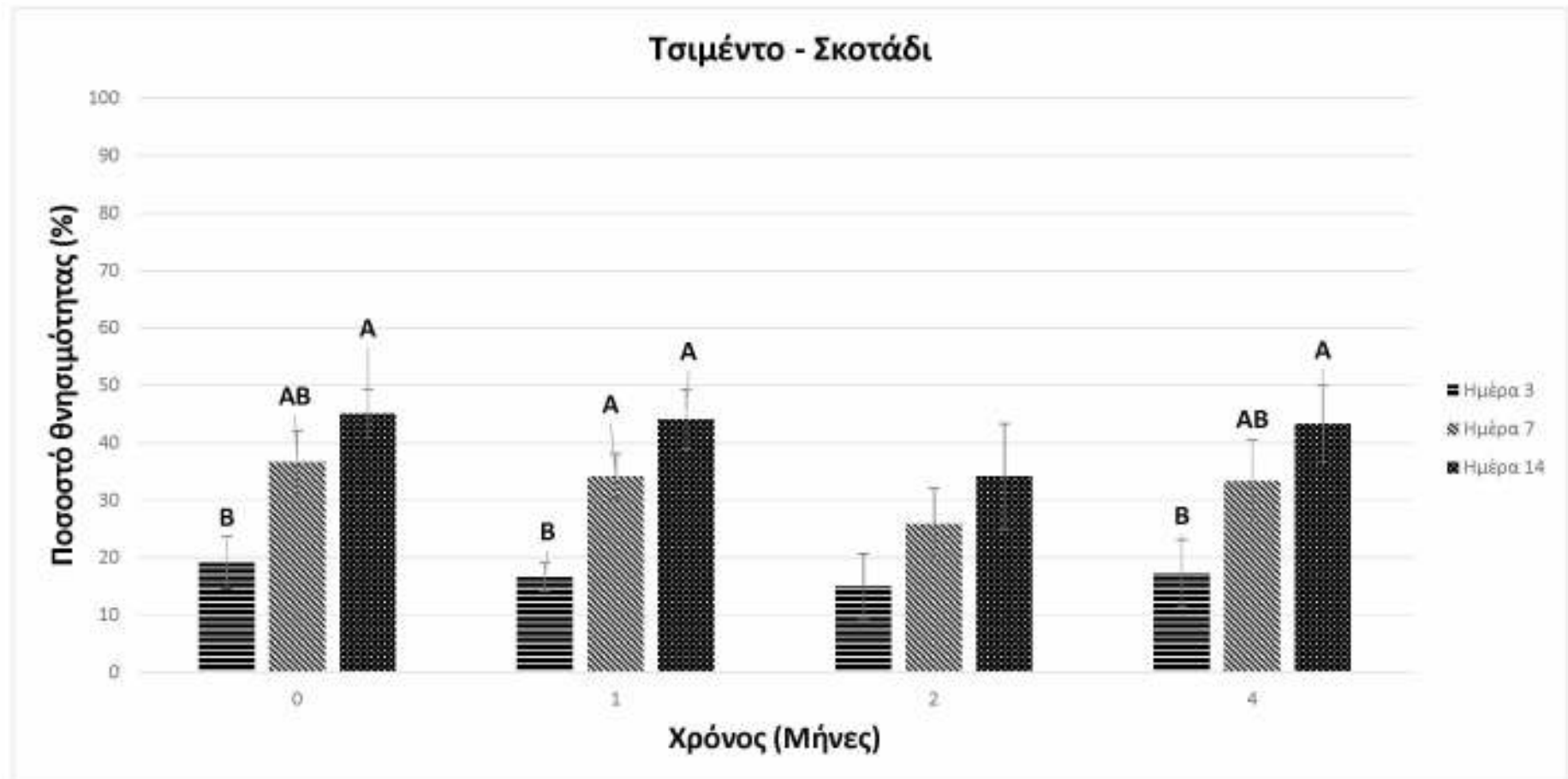
Πίνακας 8: Μέσο ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από έκθεση για 3, 7 και 14 ημέρες σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με απιονισμένο νερό (μάρτυρες) μετά από 0, 1, 2 και 4 μήνες αποθήκευσης των επιφανειών στο φως ή στο σκοτάδι (n = 6).

Διάστημα αποθήκευσης & έκθεσης	Θνησιμότητα (%)			
	Φως		Σκοτάδι	
	Τσιμέντο	Μέταλλο	Τσιμέντο	Μέταλλο
Μήνας 0				
Ημέρα 3	9,1 \pm 4,9	5,8 \pm 3,0	19,1 \pm 4,5 B	1,6 \pm 1,6
Ημέρα 7	16,6 \pm 6,0 b	18,3 \pm 5,4	36,6 \pm 5,4 AB	5,0 \pm 2,5
Ημέρα 14	16,6 \pm 6,0 b	29,1 \pm 10,0	45,0 \pm 4,2 A	10,8 \pm 3,7
Μήνας 1				
Ημέρα 3	10,8 \pm 3,2 B	2,5 \pm 1,1 B	16,6 \pm 2,4 B	6,6 \pm 4,0
Ημέρα 7	31,6 \pm 4,2 Aab	7,5 \pm 2,5 AB	34,1 \pm 3,9 A	17,5 \pm 8,1
Ημέρα 14	40,8 \pm 3,2 Aa	15,0 \pm 4,6 A	44,1 \pm 5,2 A	28,3 \pm 7,2
Μήνας 2				
Ημέρα 3	8,3 \pm 4,5 B	9,1 \pm 7,2	15,0 \pm 5,7	1,6 \pm 1,0 B
Ημέρα 7	26,6 \pm 5,5 Aab	17,5 \pm 9,8	25,8 \pm 6,2	11,6 \pm 2,1 A
Ημέρα 14	37,5 \pm 6,4 Aa	28,3 \pm 8,7	34,1 \pm 9,2	15,8 \pm 3,7 A
Μήνας 4				
Ημέρα 3	20,0 \pm 5,3 B	4,1 \pm 0,8 B	17,3 \pm 5,8 B	4,1 \pm 1,5
Ημέρα 7	40,0 \pm 4,6 Aa	14,4 \pm 5,2 AB	33,3 \pm 7,1 AB	10,0 \pm 2,2
Ημέρα 14	53,3 \pm 6,0 Aa	26,6 \pm 5,4 A	43,3 \pm 6,7 A	12,5 \pm 4,2

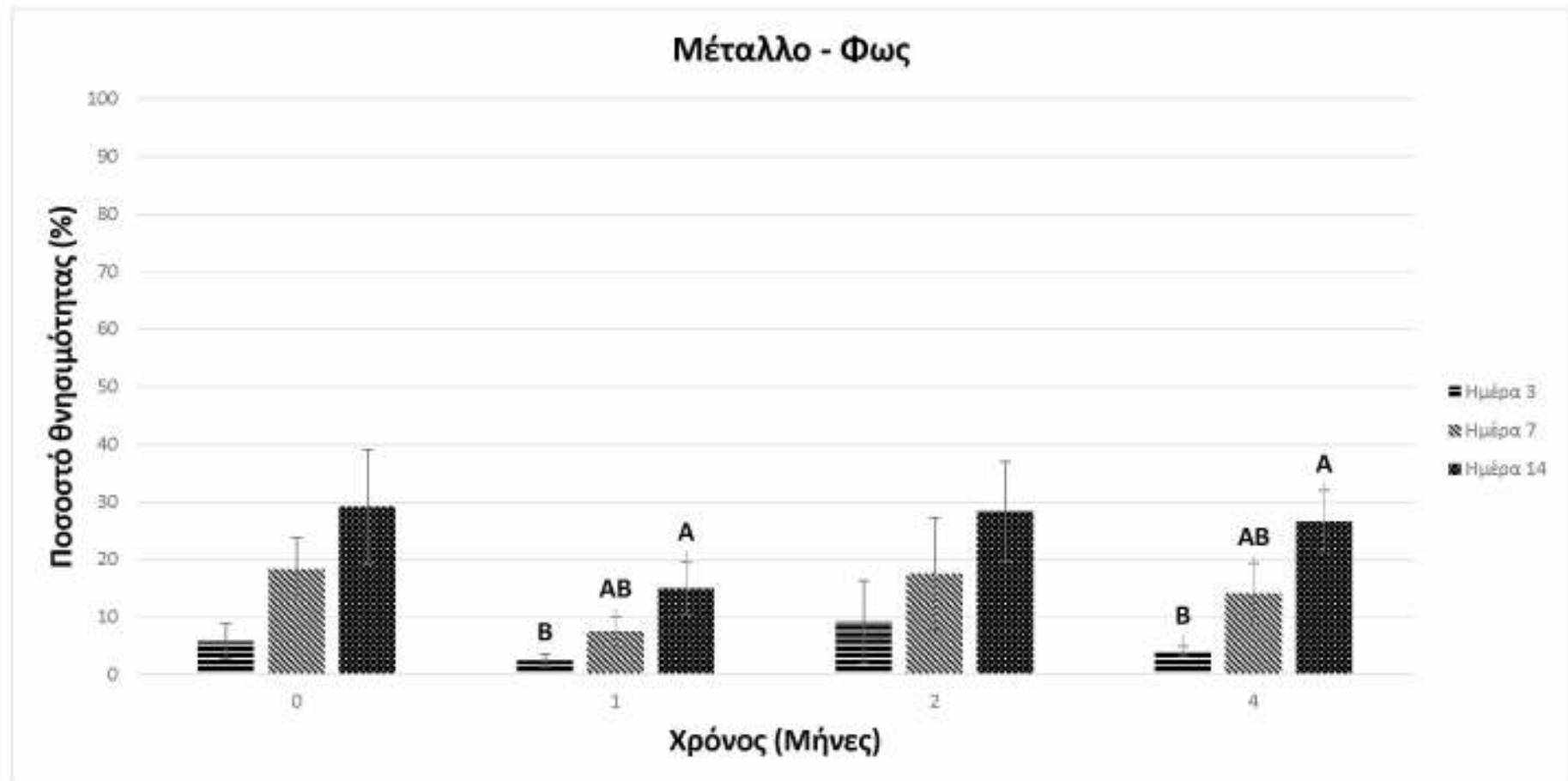
Για κάθε επιφάνεια (τσιμέντο, μέταλλο), χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4) και συνθήκη φωτισμού (φως, σκοτάδι), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Για κάθε επιφάνεια, συνθήκη φωτισμού και διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Μέσοι όροι με αστερίσκο, που αφορούν στη θνησιμότητα που καταγράφηκε σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με pirimiphos-methyl που εκτέθηκαν στο φως, είναι στατιστικώς σημαντικά διαφορετικοί από τους αντίστοιχους μέσους όρους που καταγράφηκαν σε ψεκασμένες επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου αντίστοιχα που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι, σύμφωνα με το Student's t-test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα ή αστερίσκοι, δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



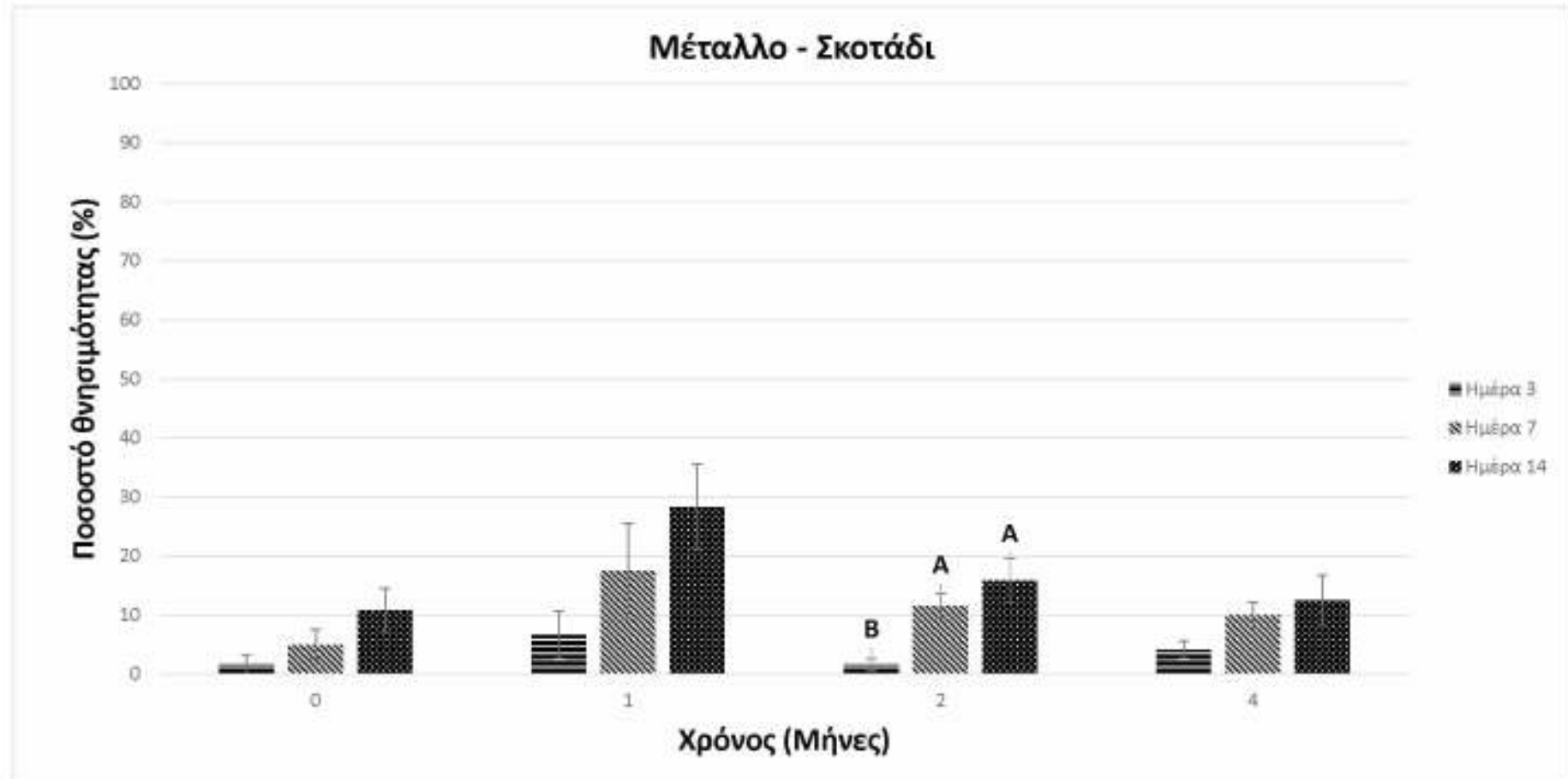
Διάγραμμα 13: Ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* σε 3, 7 και 14 ημέρες σε τρυβλία με επιφάνειες τσιμέντου ψεκασμένες με απιονισμένο νερό τα οποία εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n = 6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνας 0, 1, 2 και 4), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, ενώ για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα ή αστερίσκοι, δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 14: Ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* σε 3, 7 και 14 ημέρες σε τρυβλία με επιφάνειες τσιμέντου ψεκασμένες με αποιονισμένο νερό τα οποία αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνας 0, 1, 2 και 4), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ, ενώ για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα ή αστερίσκοι, δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 15: Ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με επιφάνειες μετάλλου ψεκασμένες με απιονισμένο νερό που εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνας 0, 1, 2 και 4), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους, ενώ για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα ή αστερίσκοι, δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

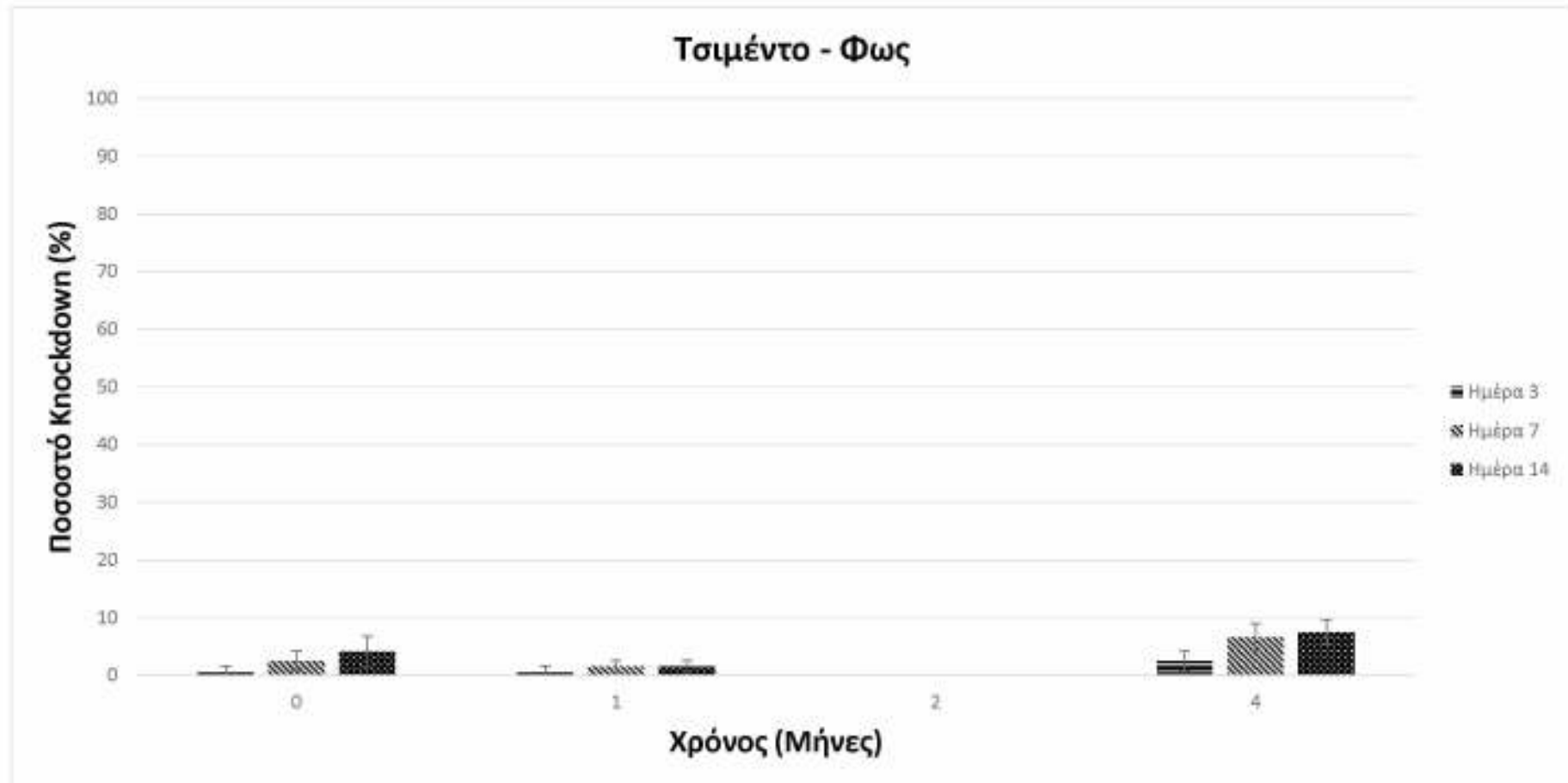


Διάγραμμα 16: Ποσοστό θνησιμότητας (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* σε 3, 7 και 14 ημέρες σε τρυβλία με επιφάνειες μετάλλου ψεκασμένες με απιονισμένο νερό τα οποία αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνας 0, 1, 2 και 4), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ, ενώ για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Όπου δεν υπάρχουν γράμματα ή αστερίσκοι, δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

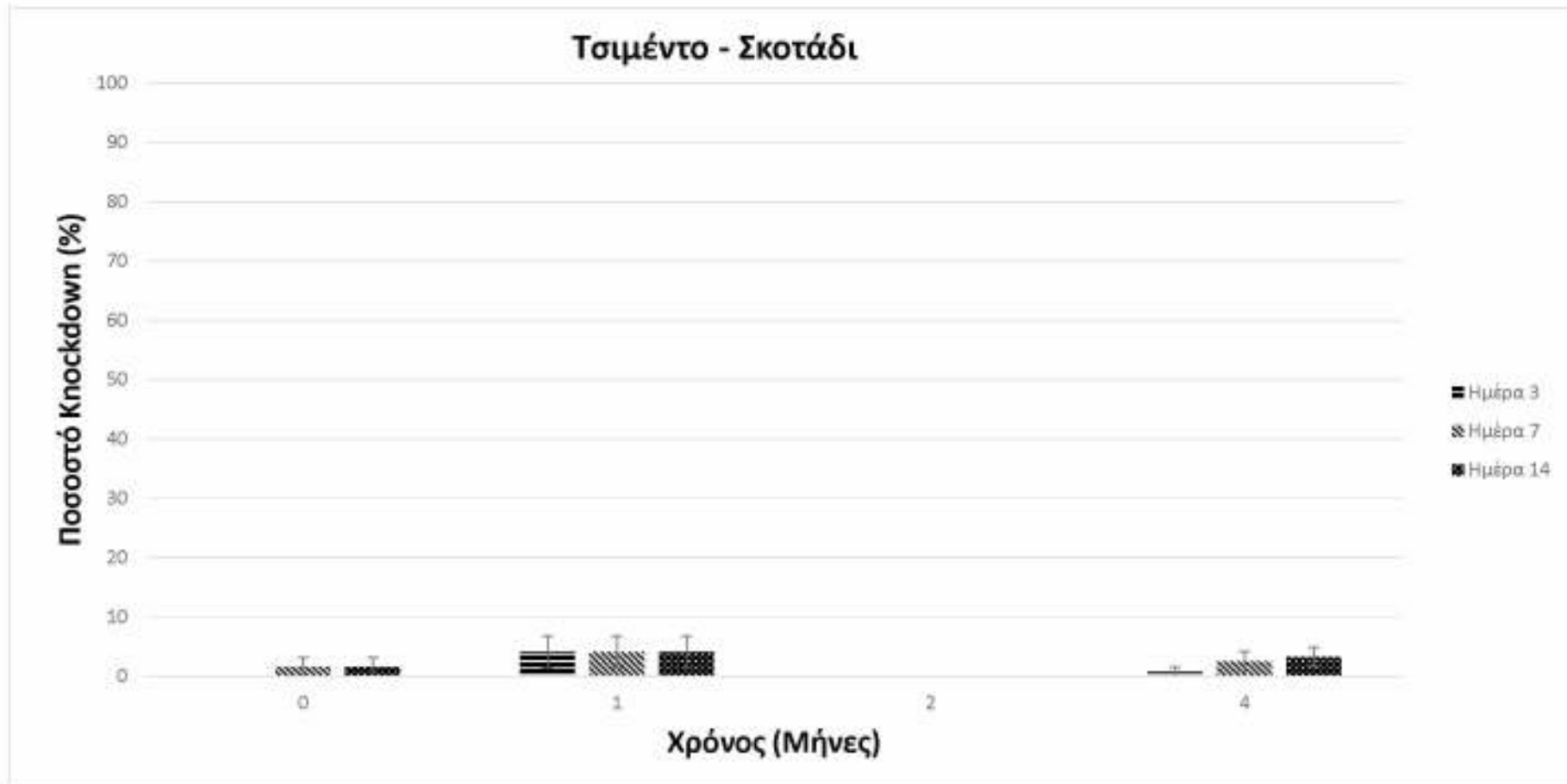
Πίνακας 9: Μέσο ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από έκθεση για 3, 7 και 14 ημέρες σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου ψεκασμένες με απιονισμένο νερό μετά από 0, 1, 2 και 4 μήνες αποθήκευσης των επιφανειών στο φως ή στο σκοτάδι (n = 6).

Διάστημα αποθήκευσης & έκθεσης	Knockdown (%)			
	Φως		Σκοτάδι	
	Τσιμέντο	Μέταλλο	Τσιμέντο	Μέταλλο
Μήνας 0				
Ημέρα 3	0,8 \pm 0,8	0,8 \pm 0,8	0,0 \pm 0,0	0,8 \pm 0,8
Ημέρα 7	2,5 \pm 1,7	1,6 \pm 1,6	1,6 \pm 1,6	1,6 \pm 1,0
Ημέρα 14	4,1 \pm 2,7	3,3 \pm 2,1	1,6 \pm 1,6	3,3 \pm 1,6
Μήνας 1				
Ημέρα 3	0,8 \pm 0,8	0,8 \pm 0,8	4,1 \pm 2,7	0,8 \pm 0,8
Ημέρα 7	1,6 \pm 1,0	0,8 \pm 0,8	4,1 \pm 2,7	1,6 \pm 1,6
Ημέρα 14	1,6 \pm 1,0	0,8 \pm 0,8	4,1 \pm 2,7	1,6 \pm 1,6
Μήνας 2				
Ημέρα 3	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Ημέρα 7	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Ημέρα 14	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Μήνας 4				
Ημέρα 3	2,5 \pm 1,7	1,6 \pm 1,0	0,8 \pm 0,8	3,3 \pm 2,1
Ημέρα 7	6,6 \pm 2,4	3,3 \pm 1,0	2,5 \pm 1,7	5,0 \pm 2,5
Ημέρα 14	7,5 \pm 2,1	3,3 \pm 1,0	3,3 \pm 1,6	5,8 \pm 2,3

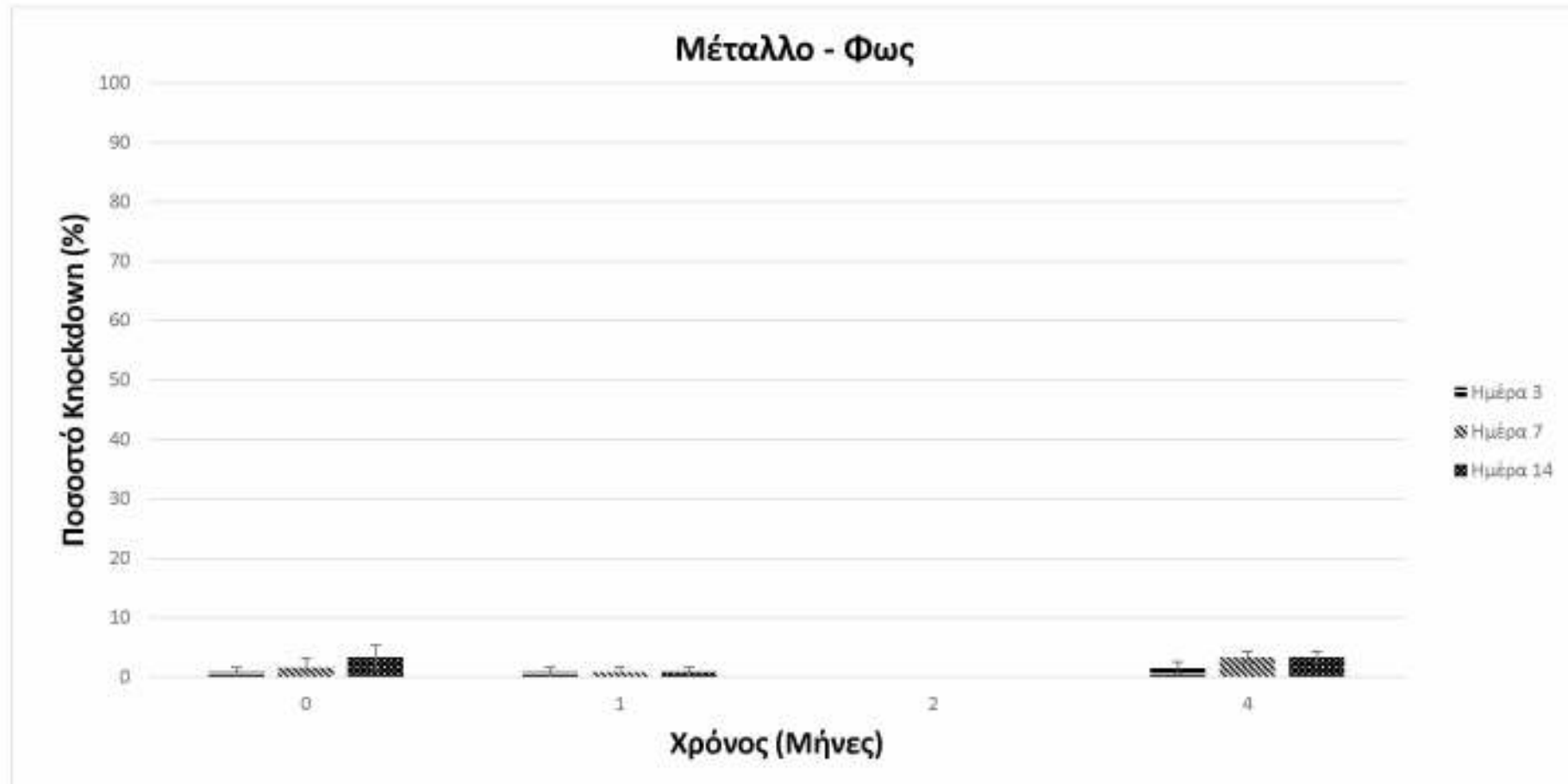
Για κάθε επιφάνεια (τσιμέντο, μέταλλο), χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4) και συνθήκη φωτισμού (φως, σκοτάδι), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε επιφάνεια, συνθήκη φωτισμού και διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων που αφορούν στο ποσοστό knockdown που καταγράφηκε σε επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου ψεκασμένες με pirimiphos-methyl που εκτέθηκαν στο φως, και των αντίστοιχων μέσων όρων που καταγράφηκαν σε ψεκασμένες επιφάνειες τσιμέντου ή μετάλλου που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι, σύμφωνα με το Student's t-test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



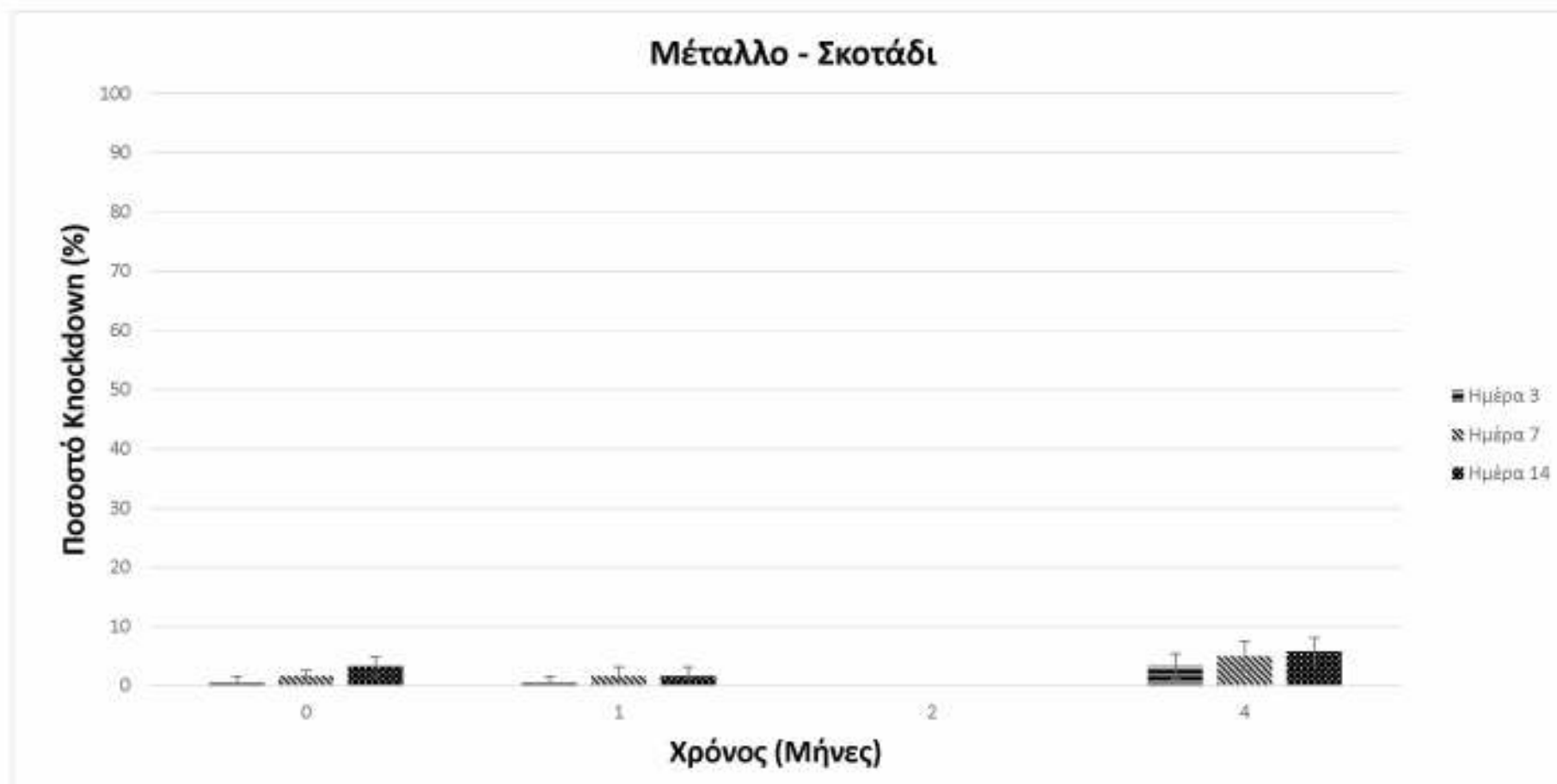
Διάγραμμα 17: Ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με τσιμέντο ψεκασμένα με απιονισμένο νερό που εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



Διάγραμμα 18: Ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με τσιμέντο ψεκασμένα με απονισμένο νερό που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



Διάγραμμα 19: Ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με μέταλλο φεκασμένα με απονισμένο νερό που εκτέθηκαν στο φως για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n=6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.



Διάγραμμα 20: Ποσοστό knockdown (\pm τυπικό σφάλμα) των ενηλίκων *Sitophilus oryzae* μετά από 3, 7 και 14 ημέρες έκθεσης σε τρυβλία με μέταλλο ψεκασμένα με απιονισμένο νερό που αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι για 0, 1, 2, και 4 μήνες ($n = 6$). Για κάθε χρονικό διάστημα αποθήκευσης (Μήνες 0, 1, 2 και 4), δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Ομοίως, για κάθε διάστημα έκθεσης (3, 7 και 14 ημέρες) δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των ποσοστών knockdown σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$.

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η υπολειμματική δράση ενός σκευάσματος είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν διενεργούνται εντομοκτονίες ενός κλειστών αποθηκευτικών χώρων (Rumbos *et al.*, 2014). Η αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων επαφής συνδέεται άμεσα με την έκθεσή τους στο φως καθώς και το είδος της επιφάνειας στην οποία εφαρμόζεται το εντομοκτόνο (τσιμέντο, τούβλο, ξύλο, μέταλλο, πλακάκι ή γυαλί), και από την οποία είναι κατασκευασμένος ο αποθηκευτικός χώρος που γίνεται η εφαρμογή (Rumbos *et al.*, 2014). Η μορφή τυποποίησης του σκευάσματος, η δόση της δραστικής ουσίας, το είδος των εντόμων καθώς και η διάρκεια έκθεσης των τελευταίων στο εντομοκτόνο είναι κάποιιοι επιπλέον παράγοντες από του οποίους επηρεάζεται η αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων στο χρόνο (Andric *et al.*, 2015).

Ο τύπος της επιφάνειας από την οποία είναι κατασκευασμένοι οι διάφοροι χώροι αποθήκευσης των γεωργικών προϊόντων επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την υπολειμματικότητα των εντομοκτόνων (Turner *et al.*, 1991; Nayak *et al.*, 2003; Jankov *et al.*, 2013; Rumbos *et al.*, 2014). Για παράδειγμα, οι Nayak *et al.* (2003) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα τεσσάρων οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων (azamethiphos, fenitrothion, chlorpyrifos-methyl, και pirimiphos-methyl) μετά από συνδυασμένη εφαρμογή με το καρβαμιδικό εντομοκτόνο carbaryl σε επιφάνειες μετάλλου και τσιμέντου εναντίον τριών ειδών ψωκοπτέρων [(*Liposcelis bostrychophila* Badonnel, *L. entomophila* (Enderlein) και *L. pæta* Pearman)] και παρατήρησαν ότι όλα τα εντομοκτόνα ήταν αποτελεσματικά για μεγαλύτερο διάστημα στις επιφάνειες μετάλλου (μη πορώδες υλικό) από ότι σε επιφάνειες τσιμέντου (πορώδες υλικό). Συγκεκριμένα, τα εντομοκτόνα azamethiphos, chlorpyrifos-methyl και pirimiphos-methyl σε συνδυασμό με το carbaryl ήταν αποτελεσματικά εναντίον και των τριών ειδών ψωκοπτέρων μέχρι και 40 εβδομάδες μετά την εφαρμογή σε επιφάνεια μετάλλου. Αντίθετα, σε επιφάνεια τσιμέντου, το azamethiphos με το carbaryl παρείχε ικανοποιητική προστασία εναντίον του ψωκοπτέρου *L. bostrychophila* για 28 εβδομάδες και εναντίον του *L. pæta* για 16 εβδομάδες. Επιπλέον, οι Jankov *et al.* (2013), εφαρμόζοντας και αυτοί το οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο pirimiphos-methyl σε διάφορες επιφάνειες (τσιμέντο, μέταλλο, ξύλο) παρατήρησαν ότι σε επιφάνεια μετάλλου και ξύλου το εντομοκτόνο

εξακολουθούσε να είναι αποτελεσματικό έναντι ενηλίκων του *S. oryzae* ακόμη και 150 και 180 ΗΜΕ του, αντίστοιχα, ενώ η αποτελεσματικότητά του σε επιφάνειες τσιμέντου μειώθηκε σημαντικά αμέσως μετά την έκθεση (<40% θνησιμότητα 14 ημέρες μετά την έκθεση).

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η υπολειμματική εντομοκτόνος δράση του pirimiphos-methyl στο τσιμέντο ήταν σημαντικά πιο μειωμένη σε σχέση με την αντίστοιχη στο μέταλλο. Τα επίπεδα θνησιμότητας που παρατηρήθηκαν ήταν σε αντιστοιχία με τις συγκεντρώσεις του pirimiphos-methyl που μετρήθηκαν στις δύο επιφάνειες, καθώς η υπολειμματικότητα του εντομοκτόνου στο τσιμέντο ήταν αισθητά χαμηλότερη συγκριτικά με την αντίστοιχη στο μέταλλο. Ενδεικτικά, ενώ την πρώτη ημέρα μετά τον ψεκασμό η συγκέντρωση του pirimiphos-methyl στις επιφάνειες τσιμέντου ήταν σχεδόν διπλάσια (3,2 mg/petri) από την αντίστοιχη συγκέντρωση στις επιφάνειες μετάλλου (1,8 mg/petri). Εντός 4 εβδομάδων, όμως, η συγκέντρωση του στο τσιμέντο μειώθηκε σημαντικά (0,3 mg/petri), ενώ στο μέταλλο παρέμεινε σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος (120 ημέρες).

Γενικά, σε πολλές περιπτώσεις η υπολειμματική εντομοκτόνος δράση των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων μετά από εφαρμογή σε πορώδεις επιφάνειες (π.χ. τσιμέντο) είναι μειωμένη σε σχέση με την αντίστοιχη δράση σε μη πορώδεις επιφάνειες (π.χ. μέταλλο, γυαλί, πλακάκι), καθώς τα πορώδη υλικά προσροφούν ένα μέρος της δραστικής ουσίας μετά την εφαρμογή τους, επηρεάζοντας αρνητικά την αποτελεσματικότητά τους (Arthur, 2012). Επιπρόσθετα, το τσιμέντο είναι, εκτός από πορώδες, και αλκαλικό υλικό, γεγονός το οποίο συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στη διάσπαση και την αποδόμηση των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων (Guedes *et al.*, 2008). Οι Mosqueira *et al.* (2010) έδειξαν ότι η εντομοκτόνος βαφή Inesfly 5A IGR™, η οποία βασίζεται στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα chlorpyrifos και diazinon, είναι αποτελεσματική έως και 12 μήνες εναντίον των κουνουπιών μετά από εφαρμογή σε μη πορώδεις επιφάνειες (π.χ. μέταλλο), ενώ αντίθετα η υπολειμματική της δράση είναι περιορισμένη στο τσιμέντο. Αντίστοιχα, οι Nayak *et al.* (2000) εξετάζοντας τέσσερα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, συμπεριλαμβανομένου και του pirimiphos-methyl, διαπίστωσαν ότι τα συγκεκριμένα εντομοκτόνα εμφάνισαν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε επιφάνειες μετάλλου από ότι σε επιφάνειες τσιμέντου, εναντίων τριών ειδών ψωκοπτέρων του γένους *Liposcelis*.

Πέρα από τον τύπο της επιφάνειας, η υπολειμματικότητα του pirimiphos-methyl στην παρούσα μελέτη επηρεάστηκε και από την έκθεση του εντομοκτόνου στο φως. Ενδεικτικά, οι συγκεντρώσεις του pirimiphos-methyl στις επιφάνειες μετάλλου που εκτέθηκαν στο φως για 90 και 120 ημέρες ήταν στατιστικώς σημαντικά μικρότερες από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις στις μεταλλικές επιφάνειες οι οποίες αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι. Όσον αφορά στις επιφάνειες τσιμέντου, λόγω των χαμηλών συγκεντρώσεων του pirimiphos-methyl που ανιχνεύτηκαν στο τσιμέντο δε γνωρίζουμε εάν η υπολειμματικότητα του επηρεάστηκε από τις συνθήκες φωτισμού. Όσον αφορά τα αποτελέσματα της θνησιμότητας των ενηλίκων *S. oryzae*, φαίνεται να συμπίπτουν εν μέρη με τις μετρήσεις των υπολειμματικών συγκεντρώσεων του pirimiphos-methyl. Στις επιφάνειες μετάλλου που εκτέθηκαν στο φως μετρήθηκαν χαμηλότερα ποσοστά θνησιμότητας από ότι στις επιφάνειες μετάλλου οι οποίες εκτέθηκαν στο σκοτάδι. Στις επιφάνειες τσιμέντου η διαφορά θνησιμότητας μεταξύ φωτός και σκότους ήταν μεγαλύτερη, με τις επιφάνειες οι οποίες εκτέθηκαν στο φως να παρουσιάζουν και πάλι μικρότερη θνησιμότητα από τις αντίστοιχες επιφάνειες που εκτέθηκαν στο σκοτάδι. Η επίδραση του φωτός στην πορεία των υπολειμμάτων των εντομοκτόνων έχει δειχθεί και από άλλες μελέτες. Για παράδειγμα, οι Hertlein *et al.* (2011) έδειξαν ότι το spinosad είναι πολύ ευαίσθητο στο φως και ότι έχει μεγάλη υπολειμματική δράση μόνο σε συνθήκες πλήρους σκότους. Σε μια πρόσφατη μελέτη, χρησιμοποιήθηκε παλμικό φως για να αξιολογηθεί η φωτοδιάσπαση του pirimiphos-methyl στο νερό (Baranda *et al.*, 2014). Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας έδειξαν ότι η έκθεση σε αυτό το φως προκαλεί αποικοδόμηση του εντομοκτόνου με πολύ γρήγορους ρυθμούς (σε ποσοστό 97%) όταν το pH του νερού κυμαίνεται από 5 έως 7. Οι Burkhard and Guth (1979) μελέτησαν τη φωτοδιάσπαση τριών εντομοκτόνων (diazinon, methidathion και profofos) στο έδαφος και ανέφεραν ότι μετά από μόλις 24 ώρες οι συγκεντρώσεις τους είχαν μειωθεί κατά 72% για το diazinon και κατά 56% για το methidathion και το profofos. Αξιολογώντας την υπολειμματική δράση δύο μορφών τυποποίησης του pirimiphos-methyl (EC και CS), οι Rumbos *et al.* (2014) ανέφεραν ότι το CS δεν επηρεάστηκε καθόλου από την έκθεση στο φως, ενώ η αποτελεσματικότητα του EC σε κάποιες περιπτώσεις μειώθηκε μετά από την έκθεση στο φως. Τέλος, οι Nayak *et al.* (2003) εφάρμοσαν το pirimiphos-methyl σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου, τις οποίες εξέθεσαν στο φως και τις αποθήκευσαν για διάφορα χρονικά διαστήματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στο τσιμέντο η αποτελεσματικότητα εναντίον του

ψωκοπτέρου *L. bostrychophila* ήταν 100% μέχρι και τον δεύτερο μήνα, ενώ μέχρι τον πέμπτο μήνα το pirimiphos-methyl έχασε πλήρως την αποτελεσματικότητά του. Αντιθέτως, στις επιφάνειες μετάλλου το pirimiphos-methyl ήταν πλήρως αποτελεσματικό έως και δέκα μήνες μετά την εφαρμογή της.

Στην παρούσα μελέτη καταγράφηκαν επίσης τα ποσοστά των 'ημιθανών' (knockdown) ενήλικων ατόμων του *S. oryzae*. Τα ημιθανή έντομα βρίσκονται αδρανοποιημένα σε ένα μεταβατικό στάδιο μεταξύ επιβίωσης και θνησιμότητας (Agrafioti *et al.*, 2015). Η αδρανοποίηση των εντόμων που βρίσκονται στη συγκεκριμένη κατάσταση αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για ένα εντομοκτόνο επαφής, διότι στην περίπτωση που τα 'ημιθανή' έντομα παύσουν να είναι εκτεθειμένα στον τοξικό παράγοντα είναι δυνατόν να ανακάμψουν, να συνεχίσουν να τρέφονται και επομένως να προκαλέσουν και πάλι ζημιές και να αναπαραχθούν (Briggs *et al.*, 1974). Στην παρούσα εργασία καταγράφηκαν μόνο κάποια μικρά ποσοστά knockdown.

Ο τύπος του σκευάσματος παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην υπολειμματικότητα της δραστικής ουσίας. Οι Rumbos *et al.* (2014) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα δύο σκευασμάτων pirimiphos-methyl (CS και EC). Με βάση τα αποτελέσματα τους το σκεύασμα CS ήταν πιο αποτελεσματικό από το EC στις επιφάνειες μετάλλου, ενώ και τα δύο ήταν περισσότερο αποτελεσματικά στις επιφάνειες μετάλλου από ότι στις επιφάνειες τσιμέντου. Στην παρούσα εργασία όμως χρησιμοποιήθηκε ο τύπος EC.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε η υπολειμματική εντομοκτόνος δράση του pirimiphos-methyl εναντίον ενηλίκων του *S. oryzae* σε επιφάνειες τσιμέντου και μετάλλου και σε δύο συνθήκες φωτισμού (φως, σκοτάδι) για διάστημα 4 μηνών.

- Το pirimiphos-methyl είναι εξαιρετικά αποτελεσματικό έναντι των ενηλίκων ατόμων του είδους *Sitophilus oryzae*, στις επιφάνειες **μετάλλου** (ανεξάρτητα από τις συνθήκες φωτισμού)
- Το pirimiphos-methyl είναι μετρίως αποτελεσματικό έναντι των ενηλίκων ατόμων του είδους *Sitophilus oryzae*, στις επιφάνειες **τσιμέντου**
- Στις επιφάνειες τσιμέντου το **φως** επηρέασε την εντομοκτόνο δράση του pirimiphos-methyl (τους μήνες 1 και 2) με αποτέλεσμα τη μειωμένη θνησιμότητα των εντόμων στις επιφάνειες που εκτέθηκαν στο φως
- Οι συγκεντρώσεις των υπολειμμάτων του pirimiphos-methyl μειώθηκαν ελάχιστα στις επιφάνειες **μετάλλου** στο διάστημα της μελέτης (120 ημέρες)
- Οι συγκεντρώσεις των υπολειμμάτων του pirimiphos-methyl μειώθηκαν σε μεγάλο βαθμό στις επιφάνειες **τσιμέντου** (120 ημέρες)
- Το **φως** μείωσε αισθητά την υπολειμματικότητα του pirimiphos-methyl στις επιφάνειες μετάλλου

Πρακτικά, μεταφράζοντας τα αποτελέσματα αυτά σε επίπεδο εφαρμοστή και παραγωγού, ένας αποθηκευτικός χώρος, ο οποίος διαθέτει παράθυρα (φωτισμό), είναι πιθανόν να χρειαστεί πιο σύντομα επανάληψη του ψεκασμού με pirimiphos-methyl σε σχέση με κάποιον ερμητικά κλειστό χώρο αποθήκευσης. Αντίστοιχα, σε έναν μεταλλικό αποθηκευτικό χώρο (π.χ. σιλό) η προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων από το pirimiphos-methyl αναμένεται να είναι αποτελεσματική για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με την αντίστοιχη εφαρμογή σε μια τσιμεντένια αποθήκη.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Agrafioti, P., Athanassiou, C. G., Vassilakos, T. N., Vlontzos, G., & Arthur, F. H. (2015). Using a lethality index to assess susceptibility of *Tribolium confusum* and *Oryzaephilus surinamensis* to insecticides. *PLOS ONE*, 10(11), e0142044.
- Aly, O. A., & Badawy, M. I. (1982). Hydrolysis of organophosphate insecticides in aqueous media. *Environment International*, 7(6), 373-377.
- Andrić, G., Kljajić, P., & Pražić-Golića, M. (2014). Residual efficacy of cypermethrin and pirimiphos-methyl against *Sitophilus granarius* (L.) and *Plodia interpunctella* (Hübner) on concrete surface. *Pesticidi i fitomedicina* 29, 275-281.
- Arthur, F. H. (1996). Grain protectants: Current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research*, 32(4), 293-302. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00033-1)
- Arthur, F. H. (2012). Aerosols and contact insecticides as alternatives to methyl bromide in flour mills, food production facilities, and food warehouses. *Journal of Pest Science*, 85(3), 323-329. doi:10.1007/s10340-012-0439-9
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., & Campbell, J. F. (2017). Competition of three species of *Sitophilus* on rice and maize. *PLOS ONE*, 12(3), e0173377. doi:10.1371/journal.pone.0173377
- Balkovič, J., van der Velde, M., Skalský, R., Xiong, W., Folberth, C., Khabarov, N., . . . Obersteiner, M. (2014). Global wheat production potentials and management flexibility under the representative concentration pathways. *Global and Planetary Change*, 122, 107-121. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.08.010>
- Baranda, A. B., Fundazuri, O., & Martinez de Marañón, I. (2014). Photodegradation of several triazidic and organophosphorus pesticides in water by pulsed light technology. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 286, 29-39. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2014.03.015>
- Berger, J. (2009). rice weevil (*Sitophilus oryzae*). Center for Invasive Species and Ecosystem Health.
- Briggs, G. G., Elliott, M., Farnham, A. W., & Janes, N. F. (1974). Structural aspects of the knockdown of pyrethroid. *Pesticide science*, 5(5), 643-649.
- Burkhard, N., & Guth, J. A. (1979). Photolysis of organophosphorus insecticides on soil surfaces. *Pesticide science*, 10 (4), 313-319.
- Cordain, L. (1999). Cereal grains: Humanity's double-edged sword. *Evolutionary aspects of nutrition and health* (Vol. 84, pp. 19-73): Karger Publishers.
- Dal Bello, G., Padin, S., López Lastra, C., & Fabrizio, M. (2000). Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of Stored Products Research*, 37(1), 77-84. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00009-6)
- Fields, P., Subramanyam, B., & Hulasare, R. (2012). Extreme temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 28 (1992), pp. 89-118
- Geier, P. (1966). Management of insect pests. *Annual Review of Entomology*, 11(1), 471-490.
- Guedes, R. N. C., Campbell, J. F., Arthur, F. H., Opit, G. P., Zhu, K. Y., & Throne, J. E. (2008). Acute lethal and behavioral sublethal responses of two stored-

- product psocids to surface insecticides. *Pest Management Science*, 64(12), 1314-1322.
- Hagstrum, D. W., Phillips, T. W., & Cuperus, G. (2012). Stored product protection. *Kansas State University, KSRE Publ. S-156*.
- Herrmann, J. M., Guillard, C., Arguello, M., Agüera, A., Tejedor, A., Piedra, L., & Fernández-Alba, A. (1999). Photocatalytic degradation of pesticide pirimiphos-methyl: Determination of the reaction pathway and identification of intermediate products by various analytical methods. *Catalysis Today*, 54(2), 353-367. doi:[https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(99\)00196-0](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(99)00196-0)
- Hertfordshire, U. o. (2010). PPDB: Pesticide properties database.
- Hertlein, M. B., Thompson, G. D., Subramanyam, B., & Athanassiou, C. G. (2011). Spinosad: A new natural product for stored grain protection. *Journal of Stored Products Research*, 47(3), 131-146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.01.004>
- Hou, X., Fields, P., & Taylor, W. (2004). The effect of repellents on penetration into packaging by stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 40(1), 47-54. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00063-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00063-2)
- Hubert, J., Stejskal, V., Athanassiou, C. G., & Throne, J. E. (2018). Health hazards associated with arthropod infestation of stored products. *Annual Review of Entomology*, 63, 553-573.
- Jankov, D., Inđić, D., Kljajić, P., Almaši, R., Andrić, G., Vuković, S., & Grahovac, M. (2013). Initial and residual efficacy of insecticides on different surfaces against rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Pest Science*, 86(2), 211-216. doi:10.1007/s10340-012-0469-3
- Lee, S.-E., Lee, B.-H., Choi, W.-S., Park, B.-S., Kim, J.-G., & Campbell, B. C. (2001). Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Pest Management Science*, 57(6), 548-553. doi:doi:10.1002/ps.322
- Lucas, É., & Riudavets, J. (2002). Biological and mechanical control of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in rice. *Journal of Stored Products Research*, 38(3), 293-304. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00033-9)
- Manu, N., Osekre, E. A., Opit, G. P., Campbell, J. F., Arthur, F. H., Mbata, G., . . . Danso, J. K. (2018). Population dynamics of stored maize insect pests in warehouses in two districts of Ghana. *Journal of Stored Products Research*, 76, 102-110. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.01.001>
- Michalaki, M. P., Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Batta, Y. A., & Balotis, G. N. (2006). Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin applied alone or in combination with diatomaceous earth against *Tribolium confusum* Du Val larvae: Influence of temperature, relative humidity and type of commodity. *Crop Protection*, 25(5), 418-425. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.07.003>
- Mosqueira, B., Duchon, S., Chandre, F., Hougard, J.-M., Carnevale, P., & Mas-Coma, S. (2010). Efficacy of an insecticide paint against insecticide-susceptible and resistant mosquitoes - Part 1: Laboratory evaluation. *Malaria Journal*, 9(1), 340. doi:10.1186/1475-2875-9-340
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=34526, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/34526> (accessed Feb. 15, 2019).
- Nayak, M. K., Collins, P. J., & Kopittke, R. (2000). Residual efficacy of four organophosphate insecticides on concrete and galvanized steel surfaces

- against three liposcelid psocid species (Psocoptera: Liposcelidae) infesting stored products. *Journal of Economic Entomology*, 93(4), 1357-1363. doi:10.1603/0022-0493-93.4.1357
- Nayak, M. K., Collins, P. J., & Kopittke, R. A. (2003). Residual toxicities and persistence of organophosphorus insecticides mixed with carbaryl as structural treatments against three liposcelidid psocid species (Psocoptera: Liposcelididae) infesting stored grain. *Journal of Stored Products Research*, 39(4), 343-353. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00029-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00029-2)
- Padín, S., Dal Bello, G., & Fabrizio, M. (2002). Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*. *Journal of Stored Products Research*, 38(1), 69-74. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00046-1](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00046-1)
- Phillips, T. W., & Throne, J. E. (2010). Biorational Approaches to Managing Stored-Product Insects. *Annual Review of Entomology*, 55(1), 375-397. doi:10.1146/annurev.ento.54.110807.090451
- Rumbos, C. I., Dutton, A. C., & Athanassiou, C. G. (2014). Efficacy of two formulations of pirimiphos-methyl as surface treatment against *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, and *Tribolium confusum*. *Journal of Pest Science*, 87(3), 507-519. doi:10.1007/s10340-014-0599-x
- Schöller, M. E., Flinn, P. W., Grieshop, M. J., & Žd'árková, E. (2006). Chapter 9 - Biological Control of Stored-Product Pests. In J. W. Heaps (Ed.), *Insect Management for Food Storage and Processing (Second Edition)* (pp. 67-87): AACC International Press.
- Tefera, T., Kanampiu, F., De Groote, H., Hellin, J., Mugo, S., Kimenju, S., . . . Banziger, M. (2011). The metal silo: An effective grain storage technology for reducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries. *Crop Protection*, 30(3), 240-245. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.015>
- Toews, M. D., Phillips, T. W., & Payton, M. E. (2005). Estimating Populations of Grain Beetles Using Probe Traps in Wheat-Filled Concrete Silos. *Environmental Entomology*, 34(3), 712-718. doi:10.1603/0046-225X-34.3.712
- Turner, B., Maude-Roxby, H., & Pike, V. (1991). Control of the domestic insect pest *Liposcelis bostrichophila* (Badonnel) (Psocoptera): an experimental evaluation of the efficiency of some insecticides (pp. 153-157).
- Upadhyay, R. K., & Ahmad, S. (2011). Management strategies for control of stored grain insect pests in farmer stores and public ware houses. *World J Agric Sci*, 7(5), 527-549.
- Vassilakos, Athanassiou, C. G., & Tsiropoulos, N. G. (2015). Persistence and efficacy of spinetoram against three major stored grain beetle on wheat. *Crop Protection*, 69, 44-51. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.08.010>
- Vassilakos, T. N., Athanassiou, C. G., Saglam, O., Chloridis, A. S., & Dripps, J. E. (2012). Insecticidal effect of spinetoram against six major stored grain insect species. *Journal of Stored Products Research*, 51, 69-73. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.06.006>
- Vassilakos, T. N., Athanassiou, C. G., & Tsiropoulos, N. G. (2015). Influence of grain type on the efficacy of spinetoram for the control of *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius* and *Sitophilus oryzae*. *Journal of Stored Products Research*, 64, 1-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.02.002>
- Wijayarathne, L. K. W., & Rajapakse, R. H. S. (2018). Effects of spinosad on the heat tolerance and cold tolerance of *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae)

and *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Stored Products Research*, 77, 84-88. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.03.001>

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αγραφιώτη, Π. (2014). *Αξιολόγηση εντομοκτόνων για την αντιμετώπιση εντόμων αποθηκευμένων τροφίμων σε δύο τύπους επιφανειών*. (Μεταπτυχιακή εργασία) Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος.
- Αθανασίου, Χ. (2018). Έναλλακτικές μέθοδοι απεντόμωσης στην αποθήκευση αγροτικών προϊόντων. Retrieved from <http://www.e-georponoi.gr/index.php/2015-10-06-18-04-07/item/2819-enallaktikes-methodous-apentomosis-stin-apothikefsi-agrotikon-proionton>
- Ζιώγας, Β. Ν., & Μαρκόγλου, Α. Ν. (2010). *ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΑ*. Αθήνα.
- Μπουχέλος, Κ. (2005). *ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ*. Αθήνα.
- Σταμόπουλος, Δ. Κ. (2013). *Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κασικιών*. Βόλος.
- Τζανακάκης, Μ. Ε. (2007). *ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑ*. Θεσσαλονίκη.