



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού
Περιβάλλοντος**

Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Αξιολόγηση της Εντομοκτόνου Δράσης Εντομοκτόνων Διχτυών
έναντι Εντόμων Αποθηκευμένων Προϊόντων**



ΜΠΑΚΟΛΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Χ., ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Βόλος, 2025

**Αξιολόγηση της Εντομοκτόνου Δράσης Εντομοκτόνων Διχτυών
έναντι Εντόμων Αποθηκευμένων Προϊόντων**

**Evaluation of the insecticidal Activity of Long-Lasting Incorporated
Nets Against Stored-Product Insects**

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Αθανασίου Χρήστος

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

Παπαδόπουλος Νικόλαος

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

Καρκάνης Ανέστης

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

Το παρόν κείμενο υπογράφεται από το φοιτητή που εκπόνησε την Π.Ε. *«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ»*

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Εικόνων	5
Περίληψη	7
Abstract.....	8
1.Εισαγωγή	9
1.1.Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων	9
1.1.1 Η σημασία των εντόμων αποθηκών.....	9
1.1.2 Προβλήματα που προκαλούν τα έντομα αποθηκών	9
1.1.3 Σημασία της έγκαιρης διάγνωσης και αντιμετώπισης	10
1.2 Ταξινόμηση και κυριότερα είδη εντόμων αποθηκών και ακάρεων	10
1.2.1 Πρωτεύοντα και δευτερεύοντα έντομα	10
1.2.3 <i>Trogoderma granarium</i> Everts (Coleoptera: Dermestidae)	11
1.2.4 <i>Lasioderma serricorne</i> (F.) (Coleoptera: Anobiidae)	12
1.2.5 <i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.) (Coleoptera: Silvanidae)	13
1.3 Μέθοδοι ανίχνευσης και παρακολούθησης των εντόμων αποθηκών.....	16
1.3.1 Χρήση παγίδων.....	16
1.3.2 Σύγχρονες τεχνικές ανίχνευσης	20
1.4 Μέθοδοι αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών	21
1.4.1 Μηχανικές μέθοδοι	21
1.4.2 Φυσικές μέθοδοι	22
1.4.3 Βιολογικές μέθοδοι	24
1.4.4 Χημικές μέθοδοι	25
1.5 Η χρήση των διχτύων εμποτισμένα με εντομοκτόνο στην αντιμετώπιση των εντόμων.....	26
1.6 Σκοπός πτυχιακής εργασίας	27
2. Υλικά Και Μεθοδοι.....	28
Πειραματικά Έντομα.....	28
Μεταχειρίσεις Βιοδοκιμών	28
2.1 Βιοδοκιμή Ι.....	28
2.2 Βιοδοκιμή ΙΙ	30
Στατιστική ανάλυση	30
3. Αποτελέσματα	33
Βιοδοκιμή Ι	33

Βιοδοκιμή II.....	44
4. Συζήτηση	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

Πίνακας Εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΕΝΗΛΙΚΟ & ΠΡΟΝΥΜΦΗ <i>T. GRANARIUM</i> . ΠΗΓΗ: DEGESCHAMERICA.COM...	11
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΕΝΗΛΙΚΟ ΑΤΟΜΟ <i>L. SERRICORNE</i> . ΠΗΓΗ: UNIVERSITY OF FLORIDA (ENTOMOLOGY DEPT.).....	12
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΖΗΜΙΑ ΑΠΟ ΕΝΗΛΙΚΟ ΑΤΟΜΟ <i>L. SERRICORNE</i> ΣΕ ΤΣΙΓΑΡΑ. ΠΗΓΗ: WIKIMEDIA COMMONS.....	12
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΕΝΗΛΙΚΟ ΑΤΟΜΟ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>O. SURINAMENSIS</i> . ΠΗΓΗ: BUGWOOD	13
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΠΡΟΝΥΜΦΗ, ΝΥΜΦΗ ΚΑΙ ΕΝΗΛΙΚΟ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>T. CONFUSUM</i> . ΠΗΓΗ: RESEARCHGATE.....	14
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΕΝΗΛΙΚΟ ΑΤΟΜΟ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>R. DOMINICA</i> . ΠΗΓΗ: LUCIDCENTRAL.....	15
ΕΙΚΟΝΑ 7: ΠΑΓΙΔΑ ΤΥΠΟΥ ΔΕΛΤΑ (DELTA TRAPS). ΠΗΓΗ: INDIAMART	17
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΠΑΓΙΔΑ ΤΥΠΟΥ ΧΟΑΝΗΣ (FUNNEL TRAPS). ΠΗΓΗ: PHEROBANK	17
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΠΑΓΙΔΑ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΟΥΣ ΧΑΡΤΙΟΥ (CORRUGATED PAPER TRAPS). ΠΗΓΗ: RESEARCHGATE.....	18
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΠΑΓΙΔΕΣ ΤΥΠΟΥ ΣΟΝΤΑΣ (PROBE TRAPS). ΠΗΓΗ: CHEMTICA	18
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΦΩΤΕΙΝΗ ΠΑΓΙΔΑ. ΠΗΓΗ: GFORGADGET.GR	19
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΕΝΤΟΛΕΤΕΡ (ENTOLETER).....	22
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΘΝΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΝΤΟΜΩΝ ΑΠΟΘΗΚΩΝ (ΣΤΑΜΟΠΟΥΛΟΣ, 2013).....	23
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>T. GRANARIUM</i> . (Α) ΒΑΖΟ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ, (Β) ΖΩΝΤΑΝΟ ΕΝΗΛΙΚΟ, (C) ΕΝΗΛΙΚΑ ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΑ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥ ΕΤΟΦΕΝΠΡΟΧ, (D) ΕΝΗΛΙΚΑ ΣΕ ΤΡΥΒΑΙΟ PETRI ΜΕ ΦΙΛΤΡΟ ΧΑΡΤΙΟΥ (ΙΔΙΟΚΤΗΤΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ)	29
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>L. SERRICORNE</i> , (Α) ΒΑΖΟ ΕΚΤΡΟΦΗΣ, (Β) ΖΩΝΤΑΝΟ ΕΝΗΛΙΚΟ, (C) ΕΝΗΛΙΚΑ ΣΕ ΤΡΥΒΑΙΟ PETRI ΜΕ ΦΙΛΤΡΟ ΧΑΡΤΙΟΥ (ΙΔΙΟΚΤΗΤΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ)	29
ΕΙΚΟΝΑ 16: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>O. SURINAMENSIS</i> . (Α) ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΜΕΣΑ ΣΕ ΤΡΟΦΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑΤΟΣ, (Β) ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΣΕ ΤΡΥΒΑΙΟ PETRI, ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΡΟΦΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ, (C) ΖΩΝΤΑΝΟ ΕΝΗΛΙΚΟ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ (ΙΔΙΟΚΤΗΤΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ)	31
ΕΙΚΟΝΑ 17: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>R. DOMINICA</i> . (Α) ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΡΟΦΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ, (Β) ΕΝΗΛΙΚΑ	

ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΑ ΣΤΟ ΔΙΧΤΥ ΕΜΠΟΤΙΣΜΕΝΟ ΜΕ ALPHA-CYPERMETHRIN, (C) ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ KNOCKDOWN (ΙΔΙΟΚΤΗΤΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ)	31
ΕΙΚΟΝΑ 18: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ T. CONFUSUM. (Α) ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ KNOCKDOWN, (Β) ΕΝΗΛΙΚΑ ΑΤΟΜΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑΤΟΣ (ΙΔΙΟΚΤΗΤΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ).....	31
ΕΙΚΟΝΑ 19: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ. (Α) ΠΡΟΝΥΜΦΕΣ T. GRANARIUM ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΕΣ ΣΤΟ ΔΙΧΤΥ ΜΑΡΤΥΡΑ, (Β) ΠΡΟΝΥΜΦΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ KNOCKDOWN (ΙΔΙΟΚΤΗΤΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ)	32
ΕΙΚΟΝΑ 20: ΠΡΟΝΥΜΦΕΣ T. CONFUSUM ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ. (Α) ΠΡΟΝΥΜΦΕΣ ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΕΣ ΣΤΟ ΔΙΧΤΥ ΕΜΠΟΤΙΣΜΕΝΟ ΜΕ DELTAMETHRIN, (Β) ΠΡΟΝΥΜΦΕΣ ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΕΣ ΣΕ ΔΙΧΤΥ PERMETHRIN,(C) ΠΡΟΝΥΜΦΕΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ KNOCKDOWN (ΙΔΙΟΚΤΗΤΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ)	32

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε η εντομοκτόνος δράση τεσσάρων τύπων μακράς διάρκειας εμποτισμένων διχτυών (LLINs), τα οποία περιείχαν τις δραστικές ουσίες alpha-cypermethrin (0,34 %), deltamethrin (0,4 %), etofenprox (8 %) και permethrin (2 %), έναντι σημαντικών ειδών επιβλαβών εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων. Πραγματοποιήθηκαν δύο εργαστηριακές βιοδοκιμές υπό ελεγχόμενες συνθήκες (26 °C, 55 % RH), με στόχο την αξιολόγηση τόσο των άμεσων όσο και των καθυστερημένων επιδράσεων της έκθεσης στα LLINs.

Στην πρώτη βιοδοκιμή εξετάστηκαν ενήλικα άτομα των ειδών *Trogoderma granarium* και *Lasioderma serricorne*, τα οποία εκτέθηκαν στα δίχτυα για χρονικά διαστήματα 5, 60 και 120 λεπτά. Η αποτελεσματικότητα των διχτυών εκτιμήθηκε μέσω δύο χρονικών σημείων αξιολόγησης: άμεσα μετά την έκθεση και καθυστερημένα, δηλαδή 24, 72 και 168 ώρες μετά την απομάκρυνση από τα δίχτυα, χωρίς παροχή τροφής.

Η δεύτερη βιοδοκιμή περιλάμβανε την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των LLINs έναντι ενηλίκων των ειδών *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhyzopertha dominica*, *T. granarium* και *Tribolium confusum*, καθώς και προνυμφών των ειδών *T. granarium* και *T. confusum*. Η άμεση εκτίμηση πραγματοποιήθηκε μετά από έκθεση διάρκειας 30 λεπτών, 60 λεπτών, 4 ωρών, 8 ωρών, 24 ωρών και 3 ημερών, ενώ η καθυστερημένη εκτίμηση έγινε μετά από παραμονή των εντόμων σε τρυβλία Petri για 7 ημέρες με παρουσία τροφής.

Σε αμφότερες τις βιοδοκιμές, τα έντομα κατατάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες: ζωντανά, επηρεασμένα (knockdown) και νεκρά. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην ευαισθησία μεταξύ των ειδών και των δραστικών ουσιών, καθώς και επίδραση της διάρκειας έκθεσης στις τοξικολογικές αποκρίσεις. Συνολικά, τα LLINs επέδειξαν έντονες εντομοκτόνες ιδιότητες, με υψηλά ποσοστά knockdown και θνησιμότητας, αναδεικνύοντας το δυναμικό τους ως συμπληρωματικό εργαλείο διαχείρισης εντόμων σε χώρους αποθήκευσης τροφίμων.

Λέξεις κλειδιά: Θνησιμότητα; Καθυστερημένη επιδράση; Άμεση Επιδράση, Ενομοκτόνα επαφής

Abstract

This study evaluated the insecticidal efficacy of four types of long-lasting insecticidal nets (LLINs), treated with alpha-cypermethrin (0.34%), deltamethrin (0.4%), etofenprox (8%), and permethrin (2%), against major stored-product insect pest species. Two laboratory bioassays were conducted under controlled conditions (26 °C, 55% RH) to assess both the immediate and delayed effects of insect exposure to the LLINs.

In the first bioassay, adults of *Trogoderma granarium* and *Lasioderma serricorne* were exposed to the nets for 5, 60, and 120 minutes. Efficacy was evaluated immediately after exposure and at delayed intervals (24, 72, and 168 hours post-exposure) without the presence of food.

The second bioassay examined the effectiveness of the LLINs against adults of *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhyzopertha dominica*, *T. granarium*, and *Tribolium confusum*, as well as larvae of *T. granarium* and *T. confusum*. Immediate assessment followed exposures of 30 and 60 minutes, 4 hours, 8 hours, 24 hours, and 3 days, while delayed mortality was recorded after a 7-day period in Petri dishes with food.

In both bioassays, insects were classified into three categories: alive, knockdown, or dead. The results revealed significant differences in susceptibility among insect species and active substances, as well as the influence of exposure duration on toxicological responses. Overall, the LLINs demonstrated promising insecticidal properties, showing high knockdown and mortality rates, confirming their potential as a complementary pest management tool in stored-product protection.

1.Εισαγωγή

1.1.Έντομα αποθηκευμένων προϊόντων

1.1.1 Η σημασία των εντόμων αποθηκών

Πάνω από 1.200 διαφορετικά είδη παρασίτων εντοπίζονται να προκαλούν προσβολές σε αποθηκευμένα αγροτικά προϊόντα. Τα έντομα αποθηκών, αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους βιοτικούς παράγοντες υποβάθμισης της ποιότητας και της εμπορικής αξίας γεωργικών προϊόντων (Rajendran, 2002). Τα έντομα αποθηκευμένων προϊόντων αποτελούνται από είδη που έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν, να αναπτύσσονται και να αναπαράγονται σε χώρους αποθήκευσης τροφίμων ή άλλων προϊόντων. Προσβάλλουν και προκαλούν ζημιές σε αγροτικά προϊόντα (σιτηρά, ξηροί καρποί, όσπρια, αποξηραμένα φρούτα), συσκευασμένα προϊόντα, επεξεργασμένα τρόφιμα αλλά και ζωικά προϊόντα. Η μελέτη τους είναι απαραίτητη για την κατανόηση των μηχανισμών προσβολής και την ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης (Hagstrum et al., 2012). Επισημαίνεται ότι με βάση του υπολογισμού του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (F.A.O), όσον αφορά τα έτοιμα προϊόντα, οι απώλειες κατά την αποθήκευση υπολογίζεται ότι ανέρχονται μέχρι 17% της παγκόσμιας παραγωγής, εκ των οποίων το 10% αποδίδεται σε έντομα (FAO, 2019). Ωστόσο, σε ό,τι αφορά ειδικά τα αποθηκευμένα δημητριακά, μετασυλλεκτικές απώλειες που οφείλονται σε εντομολογικές προσβολές φτάνουν συχνά το 20–30% σε παγκόσμιο επίπεδο (Tadesse, 2020), ενώ σε αναπτυσσόμενες χώρες μπορεί να ξεπερνούν και το 50%, επηρεαζόμενες από παράγοντες όπως το είδος της καλλιέργειας, οι συνθήκες αποθήκευσης και το κλίμα (Boxall, 2001; Abass et al., 2014; Hagstrum & Phillips, 2017; Bezabih et al., 2022; Berhe et al., 2023).

1.1.2 Προβλήματα που προκαλούν τα έντομα αποθηκών

Τα έντομα αποθηκών προκαλούν ποικίλες μορφές ζημιών, οι οποίες δεν περιορίζονται μόνο στην άμεση κατανάλωση των προϊόντων. Πρώτα απ' όλα, η ποσοτική ζημιά, που αφορά την πραγματική μείωση της ποσότητας του προϊόντος, λόγω κατανάλωσης και θρυμματισμού από τα έντομα (Rao και Wilbur, 1972). Παράλληλα, η ποιοτική υποβάθμιση περιλαμβάνει αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, την παρουσία περιττωμάτων, εκκρίσεων ή νεκρών εντόμων, και την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών λόγω της αυξημένης υγρασίας (Sauer et al.1992;

Fleurat-Lessard, 2002). Οι μύκητες που αναπτύσσονται υπό αυτές τις συνθήκες ενδέχεται να παράγουν τοξικές ουσίες, τις μυκοτοξίνες, που θέτουν σε κίνδυνο την ποιότητα των τροφίμων και την ασφάλεια των καταναλωτών (Campbell et al., 2003). Τέλος, οι απαιτήσεις για “zero tolerance” σε ζωντανά έντομα σε πολλές χώρες, καθιστούν απαραίτητο τον αυστηρό έλεγχο πριν από τη διακίνηση. Η μη συμμόρφωση με τέτοιες προδιαγραφές οδηγεί συχνά σε οικονομικές απώλειες, όχι μόνο λόγω απόρριψης προϊόντων αλλά και λόγω των επιπλέον εξόδων για καθαρισμό, επανακατεργασία ή νομική συμμόρφωση (Rajendran, 2020).

1.1.3 Σημασία της έγκαιρης διάγνωσης και αντιμετώπισης

Η έγκαιρη ανίχνευση εντόμων στις αποθήκες δίνει τη δυνατότητα για άμεση λήψη προληπτικών ή διορθωτικών μέτρων, περιορίζοντας σημαντικά την εξάπλωση της προσβολής (Hagstrum et al., 1994). Παράλληλα, περιορίζεται η ανάπτυξη δευτερογενών προσβολών από άλλους οργανισμούς, όπως μύκητες, που μπορεί να εκμεταλλευτούν τις ζημιές που προκλήθηκαν από τα έντομα. Οι τεχνολογίες ηλεκτρονικής όσφρησης θα μπορούσαν μελλοντικά να προσφέρουν έγκαιρη ανίχνευση αλλοιώσεων και μυκοτοξινών στα σιτηρά (Campagnoli et al., 2009; 2011). Επιπλέον, όταν τα προβλήματα εντοπίζονται και αντιμετωπίζονται εγκαίρως, μειώνεται η εξάρτηση από την εκτεταμένη χρήση εντομοκτόνων, γεγονός που ευνοεί τόσο την περιβαλλοντική προστασία όσο και την ασφάλεια όσων εργάζονται στους χώρους αποθήκευσης (Rees, 2004). Μέσα από αυτή τη διαδικασία, μειώνονται οι καταστροφές στα προϊόντα, διατηρείται η εμπορεύσιμή τους αξία και αποφεύγονται περιττές οικονομικές απώλειες (Hagstrum et al., 2012).

1.2 Ταξινόμηση και κυριότερα είδη εντόμων αποθηκών και ακάρεων

1.2.1 Πρωτεύοντα και δευτερεύοντα έντομα

Τα έντομα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα προϊόντα, χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες με βάση τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν με το προϊόν. Πρωτεύοντα έντομα είναι εκείνα, που έχουν την ικανότητα να προσβάλλουν, εγκαθίστανται και αναπτύσσονται μέσα σε άθικτο προϊόν. Τα θηλυκά ωοτοκούν μέσα στο προϊόν (π.χ. σπόρο), όπου οι προνύμφες εκκολάπτονται και τρέφονται από το εσωτερικό του, ολοκληρώνοντας τον κύκλο ζωής τους εντός του σπόρου (Athanassiou & Arthur, 2018). Δευτερεύοντα έντομα είναι εκείνα, που δεν μπορούν να διαπεράσουν την ακεραιότητα των σπόρων καθώς δεν διαθέτουν τα απαραίτητα μορφολογικά

χαρακτηριστικά. Τρέφονται από ήδη σπασμένους ή ήδη υποβαθμισμένους σπόρους, αλεύρια και άλλα επεξεργασμένα προϊόντα. Συνήθως ακολουθούν την προσβολή από τα πρωτεύοντα έντομα, επιτείνοντας την υποβάθμιση των προϊόντων (Hagstrum et al., 2012; Kumar, 2017).

1.2.3 *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae)

Το *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) είναι ένα από τα πλέον ανθεκτικά και ζημιογόνα έντομα αποθηκών, ιδιαίτερα σε θερμά και ξηρά κλίματα (Burgess, 1962). Προτιμά χώρους με υψηλές θερμοκρασίες (ιδανικά γύρω στους 35°C), αλλά επιδεικνύει και αξιοσημείωτη ικανότητα επιβίωσης σε ψυχρά κλίματα κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Solomon & Adamson, 1955).

Οι προνύμφες (**Εικόνα 1**) είναι καλυμμένες από πολυάριθμες τρίχες και έχουν χρώμα κιτρινωπό-καφέ, με μήκος έως 3 mm και χαρακτηριστικά σκούρα ή κοκκινωπά σημάδια στα έλυτρα (Σταμόπουλος, 2013). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι διαπαύουσες προνύμφες, σε περιπτώσεις ακατάλληλων συνθηκών, δεν παραμένουν στα τρόφιμα αλλά μεταναστεύουν σε σχισμές ή άλλα προστατευμένα σημεία. Εκεί μπορούν να επιβιώσουν σε λανθάνουσα κατάσταση για διάστημα που ξεπερνά ακόμη και τα 5 χρόνια, καθιστώντας την εξάλειψή τους ιδιαίτερα δύσκολη (Woodsdalek, 1917). Τα ενήλικα άτομα (**Εικόνα 1**) είναι πιο σκούρα, καφέ απόχρωσης, και το μήκος τους κυμαίνεται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης (Σταμόπουλος, 2013). Η διάρκεια ζωής των ενήλικων ατόμων ποικίλλει ανάλογα με το φύλο και τη σύζευξη. Τα θηλυκά που έχουν ζευγαρώσει επιβιώνουν για 4 έως 7 ημέρες, ενώ τα μη ζευγαρωμένα μπορούν να ζήσουν από 20 έως 30 ημέρες. Αντίστοιχα, τα αρσενικά έχουν διάρκεια ζωής που κυμαίνεται μεταξύ 7 και 12 ημερών (Athanassiou & Arthur, 2018).



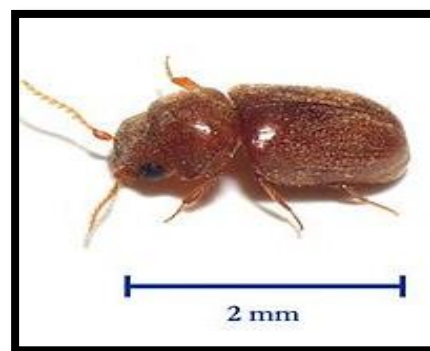
Εικόνα 1. Ενήλικο & Προνύμφη *T. granarium*. Πηγή: deggeschamerica.com

Πρόκειται για έντομο με έντονη διατροφική δραστηριότητα, καταναλώνει ευρύ φάσμα αποθηκευμένων προϊόντων και αφυδατωμένων τροφίμων παρουσιάζοντας προτίμηση στους ελαιούχους σπόρους, όπως σπόροι δημητριακών, βαμβακόσπορος, φιστίκια, και σπόρους τομάτας (Lindgren & Vincent, 1959). Προκαλεί σοβαρές ζημιές στα

αποθηκευμένα προϊόντα, τόσο μέσω της διατροφής τους όσο και από τη ρύπανση με τρίχες προνυμφών και απορρίμματα, ενώ παράλληλα αποτελεί έντομο καραντίνας για πολλές χώρες ανά τον κόσμο (Hagstrum et al., 2012; EPPO 2013). Η παρουσία του είδους στα αποθηκευμένα προϊόντα δεν προκαλεί μόνο ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση, αλλά σχετίζεται και με προβλήματα δημόσιας υγείας, καθώς η εισπνοή ή η κατάποση των τριχών από το περιβάλλον των προνυμφών μπορεί να προκαλέσει σοβαρές αλλεργικές αντιδράσεις (Okumura, 1967).

1.2.4 *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae)

Το *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae), γνωστό και ως το σκαθάρι του καπνού (**Εικόνα 2**) είναι μικρό κολεόπτερο της οικογένειας Anobiidae και αποτελεί κύριο εντομολογικό εχθρό του καπνού (Edde, 2019). Η πρώτη καταγραφή του στην Ευρώπη έγινε το 1848, όταν ανιχνεύθηκε σε επεξεργασμένο δείγμα καπνού στο Παρίσι (Runner, 1919). Το ενήλικο διακρίνεται για τη συμπαγή και ελαφρώς καμπυλωτή και κυρτή μορφή του σώματός του, με μήκος που συνήθως δεν ξεπερνά τα 2 mm. Έχει στρογγυλεμένο σχήμα και χρώμα θαμπό κοκκινωπό, ενώ τα έλυτρα είναι λεία και καλύπτουν πλήρως το θώρακα. Οι κεραίες του είναι πριονωτές και διατηρούν ομοιόμορφο πάχος σε όλο τους το μήκος, από τη βάση έως την άκρη (Klein, 1986). Οι προνύμφες αποτελούν τον κύριο παράγοντα πρόκλησης φθορών, οδηγώντας σε σημαντική μείωση, τόσο της ποσότητας όσο και της ποιότητας των προσβεβλημένων προϊόντων (Howe, 1957). Επίσης, προκαλούν και δευτερογενείς ζημιές, καθώς τρυπούν υλικά συσκευασίας, όπως το χαρτόνι, σε αναζήτηση κατάλληλων σημείων για νύμφωση (Arbogast et al., 2002).



Εικόνα 2: Ενήλικο άτομο *L. serricorne*. Πηγή: [University of Florida \(Entomology Dept.\)](#)



Εικόνα 3: Ζημιά από ενήλικο άτομο *L. serricorne* σε τσιγάρα. Πηγή: [Wikimedia Commons](#)

Το *L. serricorne* είναι εξαιρετικά ζημιογόνο για τον καπνό και τα προϊόντα του, κυρίως στο στάδιο της προνύμφης και του ενηλίκου, καθώς προσβάλλει αποξηραμένα φύλλα, τσιγάρα, πούρα αλλά και άλλα προϊόντα (**Εικόνα 3**). Οι Hagstrum & Subramanyam (2009) συνέταξαν έναν εκτενή κατάλογο που

περιλαμβάνει 207 διαφορετικά εμπορεύματα, στα οποία έχει συσχετιστεί η παρουσία του *L. serricorne* με την υποβάθμισή τους. Οι ζημιές είναι κυρίως διατροφικής φύσης, καθώς, επίσης, και από την παρουσία απορριμμάτων και περιττωμάτων. Το συγκεκριμένο είδος απαντάται σε παγκόσμια κλίμακα, με αυξημένη παρουσία σε μέρη όπου επικρατούν θερμές κλιματικές συνθήκες. Επισημαίνεται ότι εμφανίζει μεγάλη αντοχή στα εντομοκτόνα, γεγονός που καθιστά δύσκολη την αντιμετώπισή του (Σταμόπουλος, 2013).

1.2.5 *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae)

Το *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae), κοινώς γνωστό ως πριονωτό σκαθάρι δημητριακών, αποτελεί έναν από τους πιο διαδεδομένους εχθρούς αποθηκευμένων τροφίμων σε παγκόσμια κλίμακα. Χαρακτηρίζεται από την ικανότητά του να προσβάλλει πληθώρα προϊόντων, κυρίως, όμως, εμφανίζεται σε αποθήκες σιτηρών (Athanassiou & Arthur, 2018). Ανήκει στα δευτερεύοντα έντομα καθώς δεν μπορεί να προσβάλει άθικτους σπόρους (Hussain, 2007; Kumar, 2017). Η παρουσία σκόνης διευκολύνει τη μαζική αύξηση του πληθυσμού των εντόμων αυτού του είδους (Navarro et al., 1991).

Το ενήλικο άτομο (**Εικόνα 4**) διαθέτει πεπλατυσμένο και καστανόχρωμο σώμα, μήκους περίπου 2,5 με 3 mm. Είναι ιδιαίτερα δραστήριο, κινείται με ταχύτητα και ένα από τα βασικά διαγνωστικά του χαρακτηριστικά είναι οι έξι πριονωτές



Εικόνα 4: Ενήλικο άτομο του είδους *O. Surinamensis*. Πηγή: [Bugwood](#)

προεξοχές σε κάθε πλευρά του θώρακα (Hagstrum et al., 2012). Έχει βιολογικό κύκλο διάρκειας που εξαρτάται από την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία. Σε ιδανικές συνθήκες, οι οποίες είναι 35°C και 70%-90% σχετική υγρασία, η διάρκεια ζωής του είναι περίπου 20 ημέρες (Σταμόπουλος, 2013). Τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες παρουσιάζουν αξιοσημείωτη αντοχή στο ψύχος, επιβιώνοντας ακόμη και μετά από παραμονή τριών εβδομάδων σε θερμοκρασίες 0 °C (Hagstrum & Phillips, 2017).

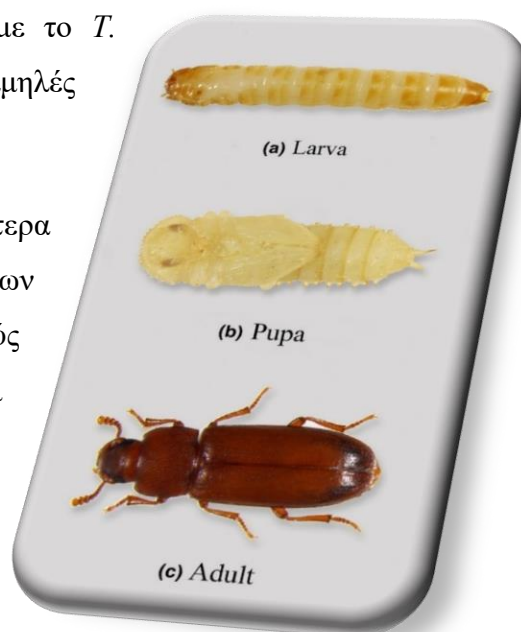
1.2.6 *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae)

Το *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae), κοινώς γνωστό ως αλευρόκοκκος, είναι ένα μικρό σκαθάρι (**Εικόνα 5**) της οικογένειας Tenebrionidae και θεωρείται δευτερεύον έντομο (Kumar, 2017). Έχει μήκος σώματος περίπου 3–4 mm και έντονο ερυθροκάστανο χρώμα (Hayhurst, 1942). Το *T. confusum* μοιάζει πολύ με το είδος *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), αλλά διαφέρει μορφολογικά στη δομή των κεραιών και το σχήμα του κεφαλιού, καθώς και στην αδυναμία πτήσης (Arbogast, 1991). Σε περιβάλλοντα, όπου το *T. confusum* συνυπάρχει με το *T. castaneum*, παρατηρείται συχνά ανταγωνιστική επικράτηση του ενός είδους έναντι του άλλου, ανάλογα με τις συνθήκες, με το *T. confusum* να είναι λιγότερο ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες (Dobie et al., 1985).

Το συγκεκριμένο είδος εντόμου είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό και επιβιώνει σε ποικιλία αποθηκευμένων προϊόντων, όπως δημητριακά, όσπρια και ξηρούς καρπούς, με προτίμηση στα άλευρα, όπως οι σπασμένοι πυρήνες και οι σκόνες σιτηρών (Arbogast, 1991). Επίσης, άτομα του συγκεκριμένου είδους έχουν κατά καιρούς εντοπιστεί και σε αποξηραμένα φρούτα (Perez & Nelson, 1975). Το *T. confusum* αναπτύσσεται με επιτυχία σε περιβάλλοντα με υψηλή θερμοκρασία και σχετική υγρασία, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα

κοινό σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων, όπως οι αλευρόμυλοι (Bousquet 1990; Cogburn, 1973; Trematerra et al., 2007). Η δραστηριότητά του παρατηρείται εντονότερα σε σημεία αποθήκευσης με μειωμένη υγιεινή. Οι προνύμφες του εντόμου (**Error! Reference source not found.**) έχουν αρχικά υπόλευκη και στην συνέχεια κιτρινωπή απόχρωση αφού εξελίσσονται σταδιακά σε πιο σκληροδερμικές μορφές (Σταμόπουλος, 2013).

Ο βιολογικός κύκλος του εντόμου επηρεάζεται σημαντικά από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Σε θερμοκρασίες κοντά στους 30°C και σχετική υγρασία γύρω στο 70%, μπορεί να ολοκληρώσει τον κύκλο του σε λιγότερο από έναν μήνα, επομένως μπορεί



Εικόνα 5: Προνύμφη, Νύμφη και Ενήλικο του είδους *T. confusum*.
Πηγή: [ResearchGate](#)

και να αναπτύξει έως και 12 γενεές ανά έτος (Howe, 1960). Το θηλυκό έντομο έχει υψηλή αναπαραγωγική ικανότητα, με ωοτοκία που μπορεί να ξεπεράσει τα 800 αυγά καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Οι προνύμφες εμφανίζονται σε διάφορα στάδια ωρίμανσης και μετατρέπονται σε ακμαία σε περίοδο 3–4 μηνών, ανάλογα με το περιβάλλον (Σταμόπουλος, 2013).

Εργαστηριακές μελέτες έδειξαν ότι το έντομο αναπτύσσεται ευκολότερα σε σπασμένους σπόρους, ενώ το άθικτο περίβλημα των ολόκληρων σπόρων (υγιείς πυρήνες) περιορίζει την είσοδό του (Anonymous, 1986). Η ζημιά που προκαλεί το *T. confusum* είναι κυρίως ποιοτικής φύσης, καθώς το έντομο εκκρίνει βενζοκινόνες (χημικές ενώσεις με δυσάρεστη ισχυρή οσμή), οι οποίες μολύνουν και υποβαθμίζουν το προϊόν (Hodges et al., 1996). Παράλληλα, υπολείμματα από νύμφες, απορρίμματα και εκκρίσεις επιβαρύνουν αισθητά την ποιότητα των τροφίμων (Hagstrum et al., 2012).

1.2.7 *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae)

Το είδος *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae), κοινώς γνωστό και ως σκαθάρι ρυζιού, ανήκει στην οικογένεια Bostrichidae και κατατάσσεται στα πρωτεύοντα είδη. Τα ενήλικα άτομα του εντόμου (**Εικόνα 6**) έχουν μήκος περίπου 2 έως 3 mm (Edde & Phillips, 2006). Το σώμα τους είναι κυλινδρικό, γυαλιστερό και έχει καστανοκόκκινη απόχρωση. Ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του είδους είναι ότι η κεφαλή είναι



Εικόνα 6: Ενήλικο άτομο του είδους *R. Dominica*. Πηγή: [Lucidcentral](#)

κρυμμένη κάτω από τον θώρακα και δεν φαίνεται, καθώς καλύπτεται από το πρόνωτο (Hagstrum et al., 2012). Το συγκεκριμένο είδος αποτελεί έναν από τους σοβαρότερους εχθρούς των αποθηκευμένων σιτηρών, με έντονη παρουσία κυρίως σε θερμές περιοχές και αποθήκες σιτηρών. Το έντομο προκαλεί εκτεταμένες ζημιές επειδή και τα ακμαία και οι προνύμφες διατρύπουν και καταναλώνουν το εσωτερικό των κόκκων, καταστρέφοντας τη δομή τους και αλλοιώνοντας την ποιότητά τους (Kumar, 2017). Συχνά η προσβολή είναι μη ορατή εξωτερικά, καθώς οι σπόροι που προσβάλλονται διατηρούν ακέραιη την εξωτερική τους εμφάνιση. Εντοπίζεται μόνο μέσω της

παρουσίας λεπτής σκόνης ή κενών κελυφών στους αποθηκευτικούς χώρους (Hagstrum et al., 2012).

Η ανάπτυξη του εντόμου είναι ταχύτερη σε θερμοκρασίες 30–34°C, ενώ μπορεί να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο σε μόλις 25 ημέρες, όταν η σχετική υγρασία είναι γύρω στο 14% (Hagstrum et al., 2012; Σταμόπουλος, 2013). Προσβάλλει γεωργικά προϊόντα, όπως ρύζι, κριθάρι, σιτάρι, σιτάλευρα, καλαμπόκι και σόργο, καθώς επίσης και προϊόντα που προέρχονται από αυτά (Yüksel et al., 2019). Η παρουσία του προκαλεί σοβαρή υποβάθμιση τόσο της ποιοτικής όσο και της εμπορικής αξίας των προϊόντων, ιδιαίτερα όταν οι προσβολές είναι εκτεταμένες. (PerezMendoza et al., 1998; Mahroof et al., 2010; Arthur et al., 2012; Edde, 2012)

1.3 Μέθοδοι ανίχνευσης και παρακολούθησης των εντόμων αποθηκών

Το θεμέλιο κάθε επιτυχημένης στρατηγικής ολοκληρωμένης καταπολέμησης παρασίτων (IPM) βασίζεται σε ένα αξιόπιστο σύστημα παρακολούθησης, το οποίο όχι μόνο καταγράφει τον αριθμό και τα είδη των εντόμων που εντοπίζονται, αλλά και εντοπίζει έγκαιρα μεταβολές στους πληθυσμούς τους με την πάροδο του χρόνου, καθώς και τα σημεία εμφάνισης και διεξόδους τους στον χώρο (Burkholder, 1990).

1.3.1 Χρήση παγίδων

Σε σύγχρονες εγκαταστάσεις αποθήκευσης τροφίμων εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές εντοπισμού εντόμων, με βασικό εργαλείο τη χρήση παγίδων, που αξιοποιούν φερομονικές ή τροφικές ουσίες για την προσέλκυσή τους (Chambers, 1990, Phillips et al., 2000). Σκοπός των παγίδων δεν είναι πρωτίστως η εξόντωση των εντόμων, αλλά η έγκαιρη καταγραφή της παρουσίας τους και η παρακολούθηση της πορείας του πληθυσμού τους (monitoring). Οι παγίδες τοποθετούνται είτε αναρτημένες σε σημεία διέλευσης των εντόμων είτε ενσωματωμένες χύμα στα προϊόντα, ανάλογα με το είδος του εντόμου, της παγίδας και τις ιδιαιτερότητες του χώρου (Toews & Nansen, 2012).

- Παγίδες τύπου Δέλτα (Delta traps)

Οι συγκεκριμένες παγίδες αποτελούνται από χάρτινα ή πλαστικά υλικά με τριγωνική διάταξη, που διαθέτουν στο εσωτερικό κολλητική επιφάνεια και φερομονικό δόλωμα (**Εικόνα 7**). Είναι κυρίως κατάλληλες για έντομα με ικανότητα πτήσης όπως τα λεπιδόπτερα. Συνιστώνται σε χώρους χωρίς πολλή σκόνη ή υγρασία (π.χ. αποθήκες συσκευασμένων προϊόντων), ενώ δεν ενδείκνυνται για χώρους όπως αλευρόμυλοι (Σταμόπουλος, 2013).



Εικόνα 7: Παγίδα τύπου Δέλτα (Delta traps). Πηγή: IndiaMART

- Παγίδες τύπου χοάνης (funnel traps)

Πρόκειται για πλαστικές παγίδες με κυρίως σώμα σε μορφή χοάνης (**Εικόνα 8**). Το πάνω μέρος φέρει καπάκι που δυσκολεύει την είσοδο ξένων σωματιδίων και θεωρούνται κατάλληλες για ιπτάμενα έντομα σε αποθηκευτικούς χώρους με αερισμό ή αυξημένη αιωρούμενη σκόνη, όπου άλλες παγίδες έχουν μειωμένη αποτελεσματικότητα (Σταμόπουλος, 2013).



Εικόνα 8: Παγίδα τύπου χοάνης (funnel traps). Πηγή: Pherobank

Οι παγίδες αυτού του τύπου βασίζονται στη χρήση φερομονών για να προσελκύσουν τα έντομα, ενώ η δομή τους έχει σχεδιαστεί ώστε να διευκολύνει την είσοδο, αλλά να αποτρέπει την έξοδο των παγιδευμένων ατόμων. Στο εσωτερικό τους περιλαμβάνεται και δραστική ουσία εντομοκτόνου, με σκοπό την εξόντωση εκείνων που παγιδεύονται (Hagstrum et al., 2012). Έχει μελετηθεί ότι η αποτελεσματικότητα των παγίδων τύπου χοάνης για τη σύλληψη του *R.dominica* επηρεάζεται από την παλαιότητα του φερομονικού ελκυστικού και τη συχνότητα αντικατάστασης των παγίδων (Toews et al., 2006b).

- Παγίδες κυματοειδούς χαρτιού (Corrugated paper traps)

Χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα για την παγίδευση εντόμων, όπως *Trogoderma* spp. και *O. surinamensis*. Κατασκευάζονται από κυματοειδές χαρτί (**Εικόνα 9**), εφοδιασμένο είτε με φερομόνη και εντομοκτόνο είτε με συγκεκριμένα έλαια (σιτηρών, ορυκτών), τα οποία δρουν σαν μέσα προσέλκυσης και στην συνέχεια εξόντωσης, λόγω πνιγμονής των εντόμων. Οι συγκεκριμένες παγίδες έχουν υψηλή αποτελεσματικότητα στα είδη *Tribolium* spp., *T. granarium* και *O. surinamensis* (DeCoursey, 1931). Τοποθετούνται συνήθως ανάμεσα σε σακιά, παλέτες ή σε στοιβαγμένα προϊόντα. Η παρουσία 10–30 εντόμων σε μία παγίδα υποδεικνύει ότι υπάρχει πρόβλημα (Σταμόπουλος, 2013).

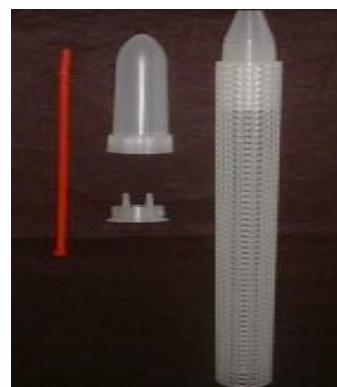


Εικόνα 9: Παγίδα κυματοειδούς χαρτιού (Corrugated paper traps).

Πηγή: [ResearchGate](#)

- Παγίδες τύπου Σόντας (Probe Traps)

Οι παγίδες τύπου σόντας (**Εικόνα 10**) κατασκευάζονται από έναν σωλήνα πλαστικού υλικού,. Στο ανώτερο τμήμα του σωλήνα υπάρχουν λοξά ανοίγματα, τα οποία επιτρέπουν την είσοδο των εντόμων. Το σημείο αυτό επικοινωνεί με το κατώτερο μέρος μέσω μιας μικρής χοάνης (Hagstrum et al., 1998 ; Toews & Nansen, 2012). Τα τοιχώματα στο εσωτερικό του κάτω τμήματος είναι επικαλυμμένα με υλικό PTFE (π.χ teflon), το οποίο εμποδίζει τα έντομα που έχουν παγιδευτεί να αναρριχηθούν και να διαφύγουν προς τα επάνω. Η βάση της παγίδας σφραγίζεται με ειδικό καπάκι κωνικού σχήματος, ενώ στην αντίθετη πλευρά διαθέτει κορδόνι και πλαστική ετικέτα για καταγραφή δεδομένων ή παρατηρήσεων (Σταμόπουλος, 2013). Η παγίδα αυτή είναι επαναχρησιμοποιούμενη, τοποθετείται μέσα σε μάζα αποθηκευμένων σπόρων και παραμένει στη θέση της για τρεις έως πέντε ημέρες. Έπειτα, ανασύρεται εύκολα με το κορδόνι και μετρώνται τα έντομα που βρίσκονται στην άκρη της, ενώ στη συνέχεια το κατώτερο μέρος αφαιρείται για την εκκένωση των συλλήψεων (Hagstrum et al., 2012). Χρησιμεύει στον εντοπισμό κάθε τύπου εντόμου της τάξης των κολεοπτέρων που προκαλεί προσβολές σε αποθηκευμένα προϊόντα (Kumar, 2017).



Εικόνα 10: Παγίδες τύπου Σόντας (Probe Traps).

Πηγή: [Chemtica](#)

- Φωτεινές Παγίδες

Οι φωτεινές παγίδες (**Εικόνα 11**) αξιοποιούνται τόσο για έγκαιρη ανίχνευση όσο και για συνεχή παρακολούθηση των πληθυσμών, συμβάλλοντας έτσι στον εντοπισμό της παρουσίας προσβολών. Η λειτουργία τους βασίζεται στην έλξη που ασκεί το φως σε συγκεκριμένα είδη εντόμων με τους πιο διαδεδομένους τύπους να είναι εκείνοι που σκοτώνουν τα έντομα μέσω ηλεκτροφόρου πλέγματος και εκείνοι που χρησιμοποιούν κολλητικές επιφάνειες, στις οποίες παγιδεύονται τα προσελκυσμένα έντομα (Toews & Nansen, 2012). Εάν χρησιμοποιείται ηλεκτροφόρο πλέγμα, πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτηση φωτεινών παγίδων σε χώρους με υψηλή συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων (π.χ. αλεύρι), καθώς υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης (Σταμόπουλος, 2013).



Εικόνα 11: Φωτεινή Παγίδα. Πηγή: GforGadget.gr

Τα περισσότερα έντομα που προσβάλλουν αποθηκευμένα σιτηρά εμφανίζουν υψηλή φωτοευαισθησία σε συγκεκριμένα μήκη κύματος φωτός, κυρίως στην υπεριώδη περιοχή γύρω στα 350 nm και στο πράσινο φάσμα μεταξύ 500 και 550 nm (Rees, 1985; Balasubramani et al., 2003). Η επιλογή του κατάλληλου φάσματος φωτός είναι σημαντική και επιλέγεται ανάλογα με το είδος του εντόμου (Rajendran, 2005). Σύμφωνα με μελέτες, οι συγκεκριμένες παγίδες αποδείχθηκαν ιδιαίτερα αποτελεσματικές στη σύλληψη των σκαθαριών του ρυζιού (Nualvatna et al., 2003). Σε διαφορετική μελέτη, διαπιστώθηκε ότι τόσο οι διαστάσεις της φωτεινής παγίδας όσο και η θέση τοποθέτησής της επηρεάζουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα παγίδευσης του σκαθαριού του καπνού (Rees, 1985; Waguri et al., 2016). Σημαντικό είναι το γεγονός ότι ορισμένα είδη που σχετίζονται με την αποθήκευση, όπως το *O. surinamensis* και το *T. confusum*, παρουσιάζουν αρνητικό φωτοτροπισμό. Επομένως, τα έντομα αυτά δεν ανιχνεύονται με τη χρήση φωτεινών παγίδων (Σταμόπουλος, 2013). Σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτούνται άλλες μέθοδοι ελέγχου (Dhang, 2021).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στην επιλογή τοποθεσίας για τις συγκεκριμένες παγίδες, καθώς η τοποθέτησή τους πάνω από τις γραμμές παραγωγής ενέχει σοβαρούς κινδύνους επιμόλυνσης. Θραύσματα εντόμων ή υπολείμματα μπορεί να καταλήξουν στο τελικό προϊόν με αποτέλεσμα να υποβαθμιστεί η αξία του ή να επιμολυνθεί (Broce,

1993). Για τη σωστή λειτουργία των παγίδων αυτών, πρέπει να καθαρίζονται συχνά και οι λαμπτήρες να αντικαθίστανται κάθε 6 έως 12 μήνες (Hagstrum et al., 2012).

1.3.2 Σύγχρονες τεχνικές ανίχνευσης

Στη σύγχρονη εντομολογία τροφίμων, έχει αναπτυχθεί πλήθος μεθόδων που επιτρέπουν την έγκαιρη και ακριβή διάγνωση της παρουσίας εντόμων στα αποθηκευμένα προϊόντα, ακόμη και όταν αυτά βρίσκονται στα πρώτα ή αφανή στάδια ανάπτυξής τους. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην ανίχνευση βιολογικών, χημικών και φυσικών δεικτών που υποδηλώνουν προσβολή, και συνδυάζονται συχνά με τεχνολογικά μέσα υψηλής ευαισθησίας. Κάποιες από αυτές αναφέρονται παρακάτω:

➤ Ανίχνευση μυοσίνης

Η μυοσίνη, μία βασική πρωτεΐνη των μυών των εντόμων, μπορεί να εντοπιστεί σε προϊόντα, που έχουν προσβληθεί, ακόμα και μετά το θάνατο των εντόμων. Η πιο αξιόπιστη μέθοδος είναι η ανοσοενζυμική δοκιμή ELISA, η οποία είναι εξαιρετικά ευαίσθητη και ανιχνεύει ακόμα και ίχνη της πρωτεΐνης αυτής σε μικρό χρονικό διάστημα από τη στιγμή της προσβολής (Rajendran, 2005). Έχει γίνει ειδική αναφορά για την επίδραση αυτής της μεθόδου για το σκαθάρι *T. granarium* (Stuart et al., 1994).

➤ Χρωστικές ουσίες

Η χρήση ειδικών χρωμάτων αποκαλύπτει σημεία, όπου τα έντομα έχουν ωτοκήσει ή εξέλθει από το προϊόν. Η φουξίνη δίνει πλούσιο κόκκινο χρώμα σε σημεία ωτοκίας, ενώ η γεντιανή μπλε επισημαίνει περιοχές έκπτυξης. Η φθορίζουσα βερβερίνη, ειδικά, ανιχνεύει θέσεις ωτοκίας κάτω από υπεριώδες φως (Σταμόπουλος, 2013).

➤ Ακουστικά συστήματα – Ανίχνευση ήχων

Η ανίχνευση εντόμων με χρήση ακουστικών αισθητήρων βασίζεται στην καταγραφή των ήχων, που παράγονται από τη δραστηριότητα των εντόμων, όπως η κίνηση ή η μάσηση στο εσωτερικό αποθηκευμένων προϊόντων. Η τεχνική αυτή επιτρέπει την αναγνώριση προσβολών ακόμα και όταν τα έντομα βρίσκονται σε πρώιμα στάδια, όπως οι προνύμφες, και παραμένουν αόρατα στο γυμνό μάτι (Mankin et al., 2021).

➤ Απεικονιστικές μέθοδοι για ανίχνευση εσωτερικών προσβολών σε σπόρους

Η πρόοδος της τεχνολογίας στον τομέα των μη καταστρεπτικών μεθόδων ανίχνευσης έχει φέρει στο προσκήνιο τεχνικές, όπως η υπερφασματική απεικόνιση (HSI) και η απεικόνιση με ακτίνες X, οι οποίες επιτρέπουν την ανίχνευση εντομολογικών προσβολών στο εσωτερικό των σπόρων, χωρίς την ανάγκη μηχανικής αλλοίωσης του δείγματος (Shah & Khan, 2014). Η υπερφασματική απεικόνιση κοντά στο υπέρυθρο φάσμα (NIR-HSI) παρέχει ταυτόχρονα φασματικές και χωρικές πληροφορίες, επιτρέποντας τον ακριβή διαχωρισμό μεταξύ υγιών και μολυσμένων δειγμάτων (Gowen et al., 2007). Οι εσωτερικές αλλοιώσεις, που προκαλούνται από έντομα, αλλάζουν τις ιδιότητες ανάκλασης του σπόρου, γεγονός που επιτρέπει την ταυτοποίησή τους μέσω ανάλυσης του φασματικού προφίλ. Η NIR-HIS σε λειτουργία ανάκλασης μελετήθηκε ως μία ταχύτατη τεχνική για την αναγνώριση εντόμων που είτε αναπτύσσονται μέσα στους σπόρους, είτε προκαλούν εξωτερικές προσβολές, όπως το είδος *O. surinamensis* (Ridgway & Chambers, 1996). Παράλληλα, η απεικόνιση με ακτίνες X, δίνει τη δυνατότητα οπτικής αναγνώρισης προσβολών μέσα στα αποθηκευμένα προϊόντα. Εντοπίζει ακόμα και το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου, μετρώντας την επιφάνεια που καταλαμβάνει κάθε έντομο (Pearson et al., 2003).

1.4 Μέθοδοι αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών

Η ανάγκη για την αποτελεσματική προστασία των αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων από προσβολές εντόμων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη και εφαρμογή διαφόρων μεθόδων καταπολέμησης. Οι μέθοδοι αυτές διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο δράσης τους σε μηχανικές, φυσικές, βιολογικές και χημικές. Κάθε κατηγορία διαθέτει πλεονεκτήματα και περιορισμούς, και η επιλογή της κατάλληλης στρατηγικής εξαρτάται από παράγοντες, όπως το είδος του προϊόντος, το επίπεδο προσβολής και οι απαιτήσεις για ασφάλεια, κόστος και αποτελεσματικότητα. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται αναλυτικά οι βασικότερες προσεγγίσεις κάθε κατηγορίας.

1.4.1 Μηχανικές μέθοδοι

Τα μηχανικά μέσα χρησιμοποιούνταν εκτενέστερα στο παρελθόν, πριν από την ευρεία διάδοση των χημικών εντομοκτόνων. Παρότι σήμερα η χρήση τους είναι περιορισμένη, ορισμένες μέθοδοι διατηρούν την πρακτική τους αξία.

- Καθαριότητα

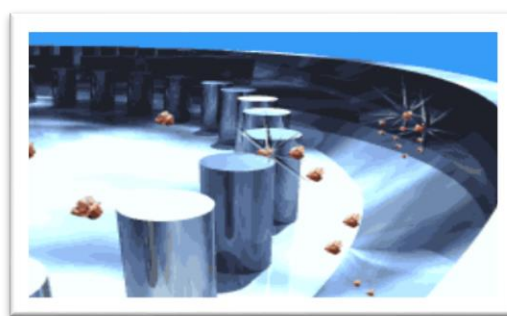
Το καλύτερο εντομοκτόνο στις αποθήκες είναι η καθαριότητα. Σημειώνεται, ότι η παρουσία τροφικών υπολειμμάτων και χυμένων υλικών μπορεί να μειώσει τη δράση των εντομοκτόνων που εφαρμόζονται σε επιφάνειες ή μέσω ψεκασμών, περιορίζοντας την αποτελεσματικότητά τους (Arthur, 2008; Arthur & Campbell, 2008; Toews et al., 2010).

- Κενό

Η τεχνική του κενού βασίζεται στην απομάκρυνση του οξυγόνου από τον αποθηκευτικό χώρο, αντικαθιστώντας το με διοξείδιο του άνθρακα που εκλύεται από τους σπόρους και τα έντομα. Το ατμοσφαιρικό αυτό κενό δημιουργεί συνθήκες ασφυξίας και αφυδάτωσης για τα έντομα (Van Golen & Vroom, 2025). Οξυγόνο σε συγκεντρώσεις μεταξύ 1% και 2% έχει αποδειχθεί ότι είναι θανατηφόρο για όλα τα στάδια ζωής των βασικών εντόμων-εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων, όταν η έκθεση διαρκεί από 1 έως 4 ημέρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Mbata & Phillips, 2001)

- Εντολέτερ (Entoleter)

Το Εντολέτερ (**Εικόνα 12**) είναι ειδική μηχανή, που περιλαμβάνει περιστρεφόμενους μεταλλικούς δίσκους. Τα τρόφιμα υποβάλλονται σε φυγοκεντρική πίεση, με αποτέλεσμα να συνθλίβονται έντομα όλων των σταδίων (αυγά, προνύμφες, ακμαία) κατά την πρόσκρουση στις επιφάνειες του μηχανήματος. Ωστόσο, παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς την εξουδετέρωση ανώριμων σταδίων ανάπτυξης των εντόμων (Balasubramani et al., 2003; Kumar, 2017). Αρκετές βιομηχανίες τροφίμων χρησιμοποιούν την συγκεκριμένη περιστροφική μηχανή, με τη μεγαλύτερη χρήση αυτής να παρατηρείτε σε μύλους (Plarre & Reichmuth, 2000).



Εικόνα 12: Εντολέτερ (Entoleter)

1.4.2 Φυσικές μέθοδοι

- Χρήση υψηλών θερμοκρασιών

Η εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών αποτελεί μία ιδιαίτερα αποτελεσματική φυσική μέθοδο ελέγχου εντόμων στις αποθήκες τροφίμων (**Error! Reference source not found.**). Η διαδικασία βασίζεται στην έκθεση των επιβλαβών ειδών σε θερμικά επίπεδα, που ξεπερνούν τα όρια επιβιώσής τους, προκαλώντας τον άμεσο θάνατό τους (Σταμόπουλος, 2013). Ωστόσο, το κόστος είναι υψηλό σε σύγκριση με τα εντομοκτόνα (Tilley et al., 2007). Για την επίτευξη της απαιτούμενης θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται εξειδικευμένα συστήματα, όπως γεννήτριες θερμού αέρα και ανεμιστήρες, που διασφαλίζουν την ομοιόμορφη κατανομή του θερμού αέρα τόσο στον χώρο απολύμανσης όσο και στα αποθηκευμένα προϊόντα (Kumar, 2017). Η μέθοδος αυτή, αν και ενεργειακά απαιτητική, πλεονεκτεί λόγω της αποτελεσματικότητάς της σε όλα τα βιολογικά στάδια των εντόμων (αυγά, προνύμφες, νύμφες, ακμαία) χωρίς την ανάγκη χρήσης χημικών ουσιών (Σταμόπουλος, 2013).



Εικόνα 13: Επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη και θνησιμότητα εντόμων αποθηκών (Σταμόπουλος, 2013)

- Χρήση χαμηλών θερμοκρασιών

Η μέθοδος αυτή αξιοποιεί τη φυσιολογική ευαισθησία των εντόμων στις χαμηλές θερμοκρασίες, οδηγώντας σε θανατηφόρες συνέπειες όταν οι συνθήκες ψύξης είναι κατάλληλα ρυθμισμένες (**Εικόνα 13**). Όλα τα είδη εντόμων πεθαίνουν όταν εκτεθούν σε θερμοκρασίες κάτω από το σημείο πήξης τους, το οποίο κυμαίνεται ανάλογα με το είδος, το στάδιο ανάπτυξης και τη φυσιολογική τους κατάσταση, μεταξύ -4°C και -22°C (Σταμόπουλος, 2013). Σε θερμοκρασίες των προϊόντων μεταξύ $16-21^{\circ}\text{C}$, η διατροφή και αναπαραγωγή των εντόμων είναι αργή με τον πλήρη κύκλο ζωής σε αυτές τις θερμοκρασίες να διαρκεί τουλάχιστον 3 μήνες, οπότε η αύξηση του πληθυσμού των εντόμων παραμένει ασήμαντη (Flinn et al., 1997). Όσο πιο έντονη είναι η μείωση της θερμοκρασίας, τόσο μικρότερη γίνεται και η διάρκεια εφαρμογής για την επίτευξη αποτελεσματικής απεντόμωσης (Mullen & Arbogast, 1979). Η μέθοδος εφαρμόζεται

είτε μέσω ελεγχόμενης ψύξης αποθηκών είτε με απλή χρήση ψυχρού αέρα. Ταυτόχρονα, συμβάλλει και στη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων και την παράταση της αποθηκευτικής τους ζωής (Harrington, 1973).

- Γη διατόμων

Είναι ένα φυσικό ορυκτό, που προέρχεται από υπολείμματα μονοκύτταρων φυκών, τα οποία είναι πλούσια σε διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Για να επιτευχθεί ικανοποιητική εντομοκτόνος δράση, η απαιτούμενη ποσότητα εφαρμογής διαφέρει ανάλογα με το είδος και τη μορφή του προϊόντος (Σταμόπουλος, 2013). Μελέτες έχουν δείξει ότι η χρήση γης διατόμων σε συνδυασμό με φυσικό πύρεθρον και πιπερονυλοβουτοξείδιο οδηγεί σε ταχύτερη και πιο αποτελεσματική θανάτωση των εντόμων, συγκριτικά με τη χρήση μόνο γης διατόμων (Athanassiou et al., 2004; Athanassiou & Kavallieratos, 2005).

- Ελεγχόμενη ατμόσφαιρα με αδρανή αέρια

Η χρήση ατμοσφαιρικών αερίων σε τοξικά επίπεδα για την καταπολέμηση των εντόμων αποτελεί πρακτική που εφαρμόζεται εδώ και αιώνες, ενώ τα τελευταία χρόνια προβάλλεται ως οικολογικά αποδεκτή εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών χημικών μεθόδων απεντόμωσης (Heaps, 2006). Με τη μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου κάτω από κρίσιμα επίπεδα, το άζωτο προκαλεί ασφυξία στα έντομα, διακόπτοντας τις ζωτικές τους λειτουργίες. Ταυτόχρονα, το CO_2 επιδρά ανασταλτικά στον μεταβολισμό και στην αναπνευστική λειτουργία των οργανισμών (Σταμόπουλος, 2013). Είναι το μόνο υποκαπνιστικό κατάλληλο για μακροχρόνια αποθήκευση και για χρήση σε βιολογικά προϊόντα, καθώς σε υψηλές συγκεντρώσεις (>40%) ελέγχει αποτελεσματικά πολλά έντομα (Kashi, 1981; Sekhon et al., 2010).

1.4.3 Βιολογικές μέθοδοι

Στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων, οι βιολογικές μέθοδοι αξιοποιούν φυσικούς εχθρούς των εντόμων ή βιολογικά παραγόμενες ουσίες για τη μείωση του πληθυσμού τους, χωρίς τη χρήση συνθετικών χημικών (Haines, 1984). Η νομοθεσία από το 1992 επιτρέπει τη χρήση φυσικών εχθρών, όπως παρασιτοειδή και αρπακτικά, για τον βιολογικό έλεγχο σε αποθηκευμένα μη επεξεργασμένα προϊόντα (Anonymous, 1992).

- Αρπακτικά έντομα

Τα αρπακτικά έντομα της οικογένειας Anthocoridae, όπως το *Xylocoris flavipes* Reuter (Heteroptera: Anthocoridae), εφαρμόζονται σε περιπτώσεις προσβολών από Λεπιδόπτερα και Κολεόπτερα. Επίσης, ο φυσικός εχθρός *Holepyris silvanidis* αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματικός στην καταπολέμηση των προνυμφών του *T. confusum* στον χώρο της αλευροβιομηχανίας (Lorenz et al., 2010). Επειδή οι περισσότεροι φυσικοί εχθροί είναι εξειδικευμένοι ως προς τον ξενιστή, απαιτείται πρώτα η σωστή ταυτοποίηση του επιβλαβούς εντόμου ώστε να επιλεγεί και να εφαρμοστεί το κατάλληλο είδος παρασιτοειδούς. Τέλος, είναι απαραίτητο οι παρασιτοειδείς οργανισμοί να απελευθερώνονται στα αρχικά στάδια του κύκλου των παρασίτων, ώστε ο πληθυσμός τους να υπερβαίνει εκείνον των επιβλαβών ειδών (Hagstrum et al., 2012).

- Διαταραχή αναπαραγωγής μέσω φερομονών

Η τεχνική αυτή στοχεύει στην παρεμπόδιση της αναπαραγωγής με τη χρήση φερομονών, που παρεμβαίνουν στη δυνατότητα εντοπισμού εντόμων αντίθετου φύλλου. Επιτυγχάνει μείωση των πληθυσμών κυρίως όταν χρησιμοποιείται έγκαιρα ή σε συνδυασμό με παγίδες και άλλα μέσα. Παρά τη μερική αποτελεσματικότητά της, θεωρείται σημαντική για την πρόληψη (Σταμόπουλος, 2013).

1.4.4 Χημικές μέθοδοι

Η χρήση χημικών ουσιών παραμένει ο πιο διαδεδομένος και αποτελεσματικός τρόπος για την καταπολέμηση των εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα, καθώς προσφέρει δυνατότητα μαζικής εξολόθρευσης των πληθυσμών τους. Τα σκευάσματα που εφαρμόζονται διαχωρίζονται σε οργανικά, όπως τα πυρεθροειδή, τα οργανοφωσφορικά και τα νεονικοτινοειδή και σε ανόργανα, με χαρακτηριστικά παραδείγματα το βορικό οξύ και τον βόρακα, που συνεχίζουν να έχουν θέση σε συγκεκριμένες εφαρμογές (Hagstrum et al., 2012).

Η αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων στους αποθηκευτικούς χώρους επηρεάζεται από παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, όπου υψηλές τιμές επιταχύνουν τη διάσπαση ή αδρανοποίηση των δραστικών ουσιών. Οι ιδιότητες της επιφάνειας εφαρμογής, η παρουσία σκόνης ή υπολειμμάτων, αλλά και η συχνότητα καθαρισμού της εγκατάστασης επηρεάζουν επίσης τη δράση τους (Σταμόπουλος, 2013). Κάθε εντομοκτόνο έχει διαφορετικό φάσμα δράσης και σταθερότητα, επομένως η επιλογή

του πρέπει να γίνεται με προσοχή. Όπως αναφέρει ο Arthur (1996), ένα αποτελεσματικό σκεύασμα για την προστασία των σιτηρών θα πρέπει να προσφέρει γρήγορη εξόντωση των εντόμων, αλλά και να διατηρεί τη δράση του για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στο παρελθόν, τα συνθετικά εντομοκτόνα σε διάφορες μορφές εφαρμογής αποδείχθηκαν ιδιαίτερα αποτελεσματικά στον έλεγχο αυτών των εντόμων στους χώρους αποθήκευσης. Ωστόσο, οι αυξημένες ανησυχίες για τις αρνητικές συνέπειές τους στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον οδήγησαν στην απόσυρση πολλών από αυτά (Stejskal et al., 2021). Τέλος, η συχνή εφαρμογή των χημικών εντομοκτόνων οδήγησε στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας με αποτέλεσμα να μειωθεί η αποτελεσματικότητά τους (Tabashnik, 1990).

1.5 Η χρήση των διχτύων εμποτισμένα με εντομοκτόνο στην αντιμετώπιση των εντόμων

Η χρήση διχτύων μακράς διάρκειας με ενσωματωμένο εντομοκτόνο (Long-Lasting Insecticidal Nets - LLIN) συνιστά μια σύγχρονη, «πράσινη» λύση για την προστασία αποθηκευμένων προϊόντων από εντομολογικές προσβολές. Αρχικά, αναπτύχθηκαν για τον έλεγχο κουνουπιών και άλλων ειδών φορείς ασθενειών (Alonso et al., 1991; Yang et al., 2018). Ωστόσο, τα δίχτυα αυτά έχουν αποδειχθεί εξίσου αποτελεσματικά και στην προστασία αποθηκευμένων προϊόντων από σημαντικούς εντομολογικούς εχθρούς (Athanassiou et al. 2018; Morrison et al. 2018). Η δράση τους βασίζεται στην άμεση επαφή με το έντομο, η οποία προκαλεί ταχεία παράλυση (knockdown effect), υψηλά ποσοστά θνησιμότητας ή υποθανατηφόρα αποτελέσματα, όπως μειωμένη γονιμότητα και επιβράδυνση της ανάπτυξης σε είδη, όπως *T. confusum*, *R. dominica*, *L. serricorne* κ.α. (Msango & Longwe, 2013; Morrison et al., 2018; Ranabhat et al., 2025a). Το εντομοκτόνο, το οποίο ανήκει συνήθως στην ομάδα των πυρεθροειδών, όπως το deltamethrin ή το alpha-cypermethrin, ενσωματώνεται στις ίνες του υλικού κατά την παραγωγή, εξασφαλίζοντας παρατεταμένη και σταθερή αποτελεσματικότητα. Η εφαρμογή των διχτύων μπορεί να μειώσει σημαντικά τη χρήση χημικών επεμβάσεων, όπως οι ψεκασμοί ή η εφαρμογή φωσφίνης, περιορίζοντας έτσι τόσο τα χημικά κατάλοιπα στα τρόφιμα όσο και την πιθανότητα εμφάνισης ανθεκτικών πληθυσμών εντόμων (Ranabhat et al., 2022). Αξίζει επίσης να σημειωθεί, πως η αποτελεσματικότητα των διχτύων παραμένει σταθερή ακόμη και σε παρουσία σκόνης ή υπολειμμάτων προϊόντων (McKay et al., 2024). Έρευνες έδειξαν ότι τα LLIN

διατήρησαν την υψηλή τους αποτελεσματικότητα ακόμη και μετά από χρήση για δύο διαδοχικά έτη (Krawczyk et al., 2019).

1.6 Σκοπός πτυχιακής εργασίας

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της εντομοκτόνου δράσης διαφόρων τύπων διχτυών εμποτισμένων με δραστικές ουσίες κατά σημαντικών εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων που αναφέρονται στις επόμενες ενότητες. Μέσω εργαστηριακών πειραμάτων, διερευνάται η αποτελεσματικότητα των διχτυών αυτών σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα έκθεσης των εντόμων, με σκοπό την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μεθόδων προστασίας τροφίμων από εντομολογικές προσβολές στις συνθήκες αποθήκευσης.

2. Υλικά Και Μεθοδοι

Πειραματικά Έντομα

Τα είδη εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν στις δύο βιοδοκιμές εκτράφηκαν υπό ελεγχόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες στους 26°C και 55% σχετική υγρασία (RH) με συνεχές σκοτάδι, στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στη Βιοδοκιμή I χρησιμοποιήθηκαν πληθυσμοί των *L. Serricorne* (Εικόνα 14) και *T. granarium* (Εικόνα 15) και ενώ στη Βιοδοκιμή II χρησιμοποιήθηκαν ενήλικα των ειδών *O. Surinamensis* (Εικόνα 16), *R. Dominica* (Εικόνα 17Error! Reference source not found.), *T. granarium* και *T. confusum* (Εικόνα 18), καθώς επίσης και προνύμφες των ειδών *T. granarium* (Εικόνα 19) και *T. confusum* (Εικόνα 20).

Μεταχειρίσεις Βιοδοκιμών

Οι τέσσερις διαφορετικοί τύποι δίχτων που χρησιμοποιήθηκαν στις δύο διαφορετικές βιοδοκιμές είναι οι ακόλουθοι:

- Δίχτυ Carifend® εμποτισμένο με εντομοκτόνο (0,34% alpha-cypermethrin, 40 deniers; BASF, Ludwigshafen, Γερμανία).
- Πολυαιθυλένιο με ενσωματωμένο εντομοκτόνο μεγάλης διάρκειας (D-Terrence, 2 × 2 mm διάμετρο οπών, Vestergaard SA., Λωζάνη, Ελβετία) με 0,4% deltamethrin.
- Πολυαιθυλένιο με 8% Etofenprox (AgBio, Inc, CO, ΗΠΑ).
- Υλικό ελεγχόμενης απελευθέρωσης permethrin (AgBio, Inc., CO, ΗΠΑ).
- Δίχτυ όμοιο με το Carifend®, αλλά χωρίς εντομοκτόνο.

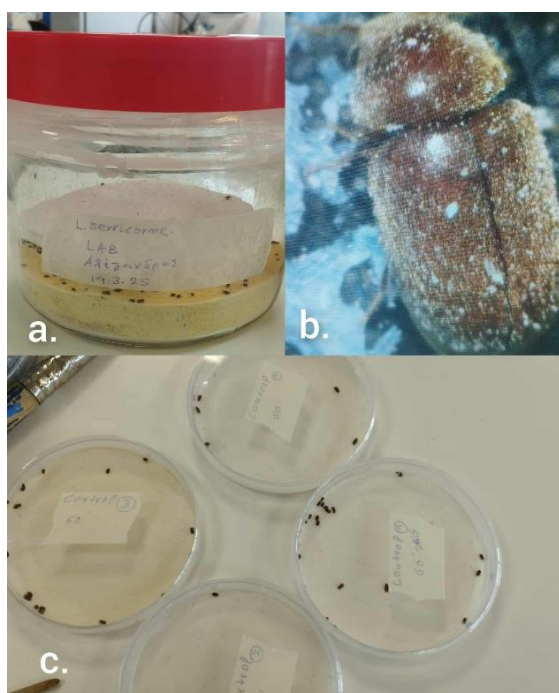
2.1 Βιοδοκιμή I

Πειραματική Διαδικασία

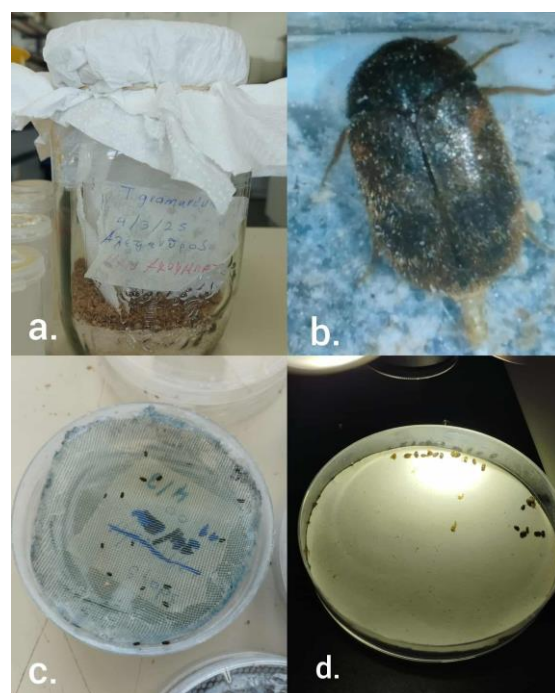
Ομάδες 20 ακμαίων εντόμων μικτού φύλου εκτέθηκαν για 5, 60 και 120 λεπτά σε δίχτυα τοποθετημένα σε τρυβλία Petri διαμέτρου 90mm στο εργαστήριο (Rumbos et al., 2018). Στο εσωτερικό των τοιχωμάτων των τρυβλίων εφαρμόστηκε πολυτετραφθοροαιθυλένιο (Fluon, 60% διασπορά στο νερό, Sigma-Aldrich Chemie

GmbH, Steinheim, Γερμανία) για να αποτραπεί η διαφυγή των εντόμων. Μετά την έκθεση, η κατάσταση των εντόμων αξιολογήθηκε ως ζωντανά, επηρεασμένα ή νεκρά. Ζωντανά θεωρήθηκαν τα ακμαία που παρουσίασαν τυπικές κινήσεις και μπορούσαν να επαναφέρουν το σώμα τους όταν ανατρέπονταν. Επηρεασμένα θεωρήθηκαν εκείνα με αργές ή σταθερές κινήσεις, τα οποία δεν μπορούσαν να επανέλθουν όταν αναποδογυρίζονταν ή εκείνα που κουνούσαν μόνο τα άκρα ή τις κεραίες τους. Νεκρά θεωρήθηκαν τα πλήρως ακίνητα άτομα. Μετά την έκθεση, τα ακμαία τοποθετήθηκαν σε τρυβλία Petri με φίλτρο χαρτί 8,5 cm για 0, 24, 72 και 168 ώρες υπό τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος, χωρίς πρόσθετη τροφή. Για κάθε επεξεργασία εκτελέστηκαν 4 επαναλήψεις ανά είδος. Το πείραμα διεξήχθη σε ελεγχόμενο θάλαμο περιβαλλοντικών συνθηκών, στους 26°C και 55% σχετική υγρασία με συνεχές σκοτάδι.

Παρακάτω ακολουθούν εικόνες τραβηγμένες κατά την διάρκεια του πειράματος:



Εικόνα 15: Φωτογραφίες του είδους *L. serricornis*, (a) βάζο εκτροφής, (b) ζωντανό ενήλικο, (c) ενήλικα σε τρυβλίο Petri με φίλτρο χαρτιού



Εικόνα 14: Φωτογραφίες του είδους *T. granarium*, (a) βάζο εκτροφής του είδους, (b) ζωντανό ενήλικο, (c) ενήλικα εκτεθειμένα στο δίχτυ etofenprox, (d) ενήλικα σε τρυβλίο Petri με φίλτρο χαρτιού (Ιδιόκτητο φωτογραφικό υλικό)

2.2 Βιοδοκιμή II

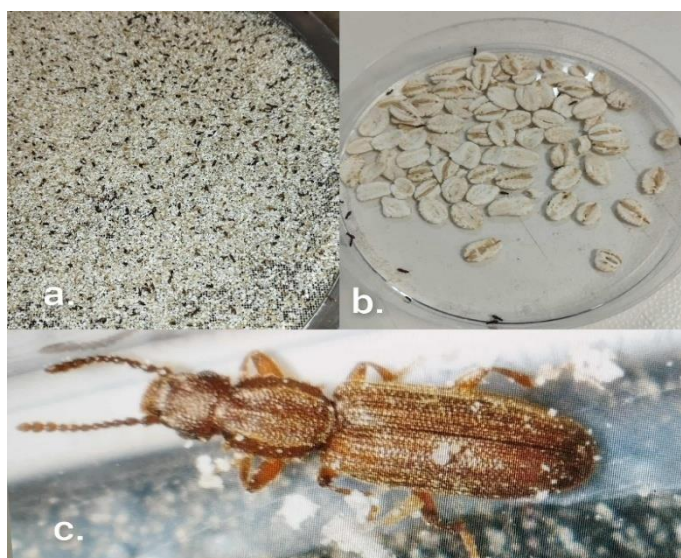
Πειραματική Διαδικασία

Στη Βιοδοκιμή II χρησιμοποιήθηκαν ομάδες 20 ακμαίων μικτού φύλου για όλα τα είδη, ενώ για τα *T. granarium* και *T. confusum* περιλήφθηκαν επιπλέον ομάδες 20 προνυμφών. Τα έντομα εκτέθηκαν σε δίχτυα τοποθετημένα σε τρυβλία Petri διαμέτρου 90 mm στο εργαστήριο για διαφορετικά χρονικά διαστήματα: 30 λεπτά, 60 λεπτά, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Μετά από κάθε περίοδο έκθεσης, η κατάσταση των εντόμων αξιολογήθηκε ως ζωντανά, επηρεασμένα (knockdown) ή νεκρά, όπως περιγράφεται στη Βιοδοκιμή I. Οι καθυστερημένες επιδράσεις αξιολογήθηκαν μετά από 7 ημέρες, όπου και επανεκτιμήθηκε η κατάσταση των εντόμων ως νεκρά, ζωντανά ή επηρεασμένα. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, τα έντομα τοποθετήθηκαν σε τρυβλία Petri χωρίς δίχτυ αλλά με 10g συμπληρωματικής τροφής. Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις επαναλήψεις για κάθε επεξεργασία και για κάθε είδος. Το πείραμα διεξήχθη σε θάλαμο περιβάλλοντος στους 26°C και 55% σχετική υγρασία με συνεχές σκοτάδι.

Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα για κάθε είδος εντόμου καταχωρήθηκαν ξεχωριστά και ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες απόκρισης (ζωντανά, knockdown, νεκρά άτομα), τόσο για τις άμεσες (Immediate) όσο και για τις καθυστερημένες (Delayed) επιδράσεις. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Γενικευμένου Γραμμικού Μοντέλου (General Linear Model, GLM) με πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA) στο λογισμικό SPSS (έκδοση 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA), με εξαρτημένες μεταβλητές τον αριθμό ζωντανών, knockdown και νεκρών ατόμων, και ανεξάρτητους παράγοντες τον χρόνο έκθεσης, τον τύπο δίχτυου και τον τύπο επίδρασης. Οι κύριες επιδράσεις και οι αλληλεπιδράσεις τους αξιολογήθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0.05$. Για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των μέσων όρων εφαρμόστηκαν post-hoc συγκρίσεις με το Tukey-Kramer HSD.

Παρακάτω ακολουθούν εικόνες τραβηγμένες κατά την διάρκεια του πειράματος:



Εικόνα 16: Φωτογραφίες του είδους *O. surinamensis*. (a) ενήλικα άτομα μέσα σε τροφή κατά την διάρκεια του κοσκινίσματος, (b) ενήλικα άτομα σε τρυβλίο Petri, παρουσία τροφής για την καθυστερημένη επίδραση, (c) Ζωντανό ενήλικο του είδους (Ιδιόκτητο φωτογραφικό υλικό)



Εικόνα 17: Φωτογραφίες του είδους *R. dominica*. (a) ενήλικα άτομα παρουσία τροφής κατά την αξιολόγηση της καθυστερημένης επίδρασης, (b) ενήλικα εκτεθειμένα στο δίχτυ εμποτισμένο με alpha-cypermethrin, (c) ενήλικα άτομα του είδους σε κατάσταση knockdown (Ιδιόκτητο φωτογραφικό υλικό)



Εικόνα 18: Φωτογραφίες του είδους *T. confusum*. (a) ενήλικα άτομα σε κατάσταση knockdown, (b) ενήλικα άτομα κατά την διάρκεια του κοσκινίσματος (Ιδιόκτητο φωτογραφικό υλικό)



Εικόνα 19: Φωτογραφίες πειράματος. (α) προνύμφες *T. granarium* εκτεθειμένες στο δίχτυ μάρτυρα, (β) προνύμφη του είδους σε κατάσταση knockdown (Ιδιόκτητο φωτογραφικό υλικό)



Εικόνα 20: Προνύμφες *T. confusum* φωτογραφίες πειράματος. (α) προνύμφες εκτεθειμένες στο δίχτυ εμποτισμένο με deltamethrin, (β) προνύμφες εκτεθειμένες σε δίχτυ permethrin, (c) προνύμφες σε κατάσταση knockdown (Ιδιόκτητο φωτογραφικό υλικό)

3. Αποτελέσματα

Βιοδοκιμή I

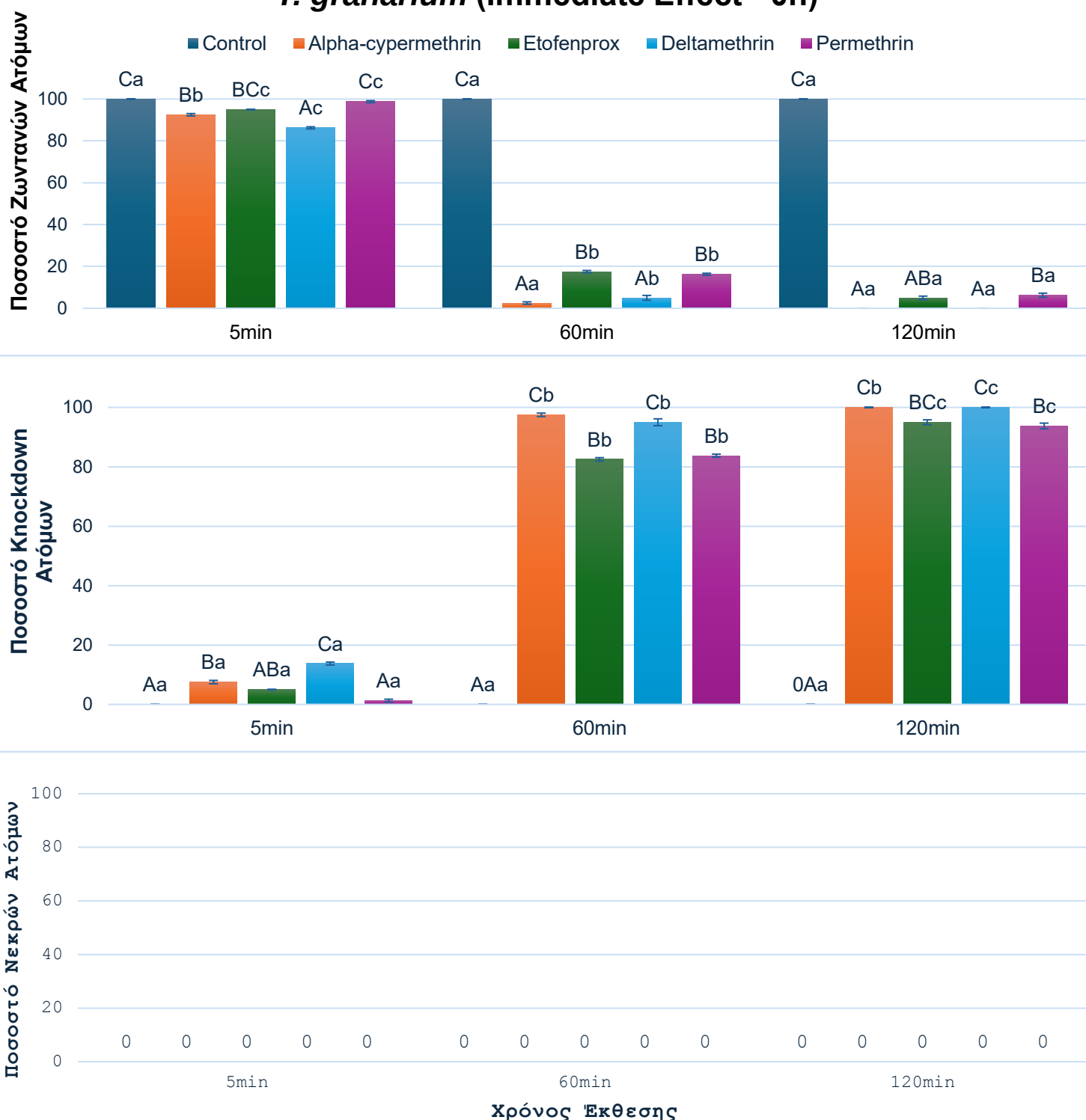
Επίδραση των LLINs στα ενήλικα του *T. granarium*

Κατά την άμεση παρατήρηση (0h), παρατηρήθηκαν έντονες διαφοροποιήσεις στην επιβίωση των ενηλίκων *T. granarium* μεταξύ των διαφορετικών τύπων διχτύων και των χρόνων έκθεσης. Στην έκθεση 5 λεπτών, το υψηλότερο ποσοστό ζωντανών ενηλίκων καταγράφηκε στο control (100%), ενώ τα alpha-cypermethrin και etofenprox εμφάνισαν ποσοστά 92.5% και 95% αντίστοιχα. Η χαμηλότερη επιβίωση εντοπίστηκε στο vcestergaard (86.3%). Στα 60 λεπτά, το ποσοστό των ζωντανών ατόμων μειώθηκε σημαντικά για όλα τα εμποτισμένα δίχτυα, με αποτέλεσμα οι τιμές να κυμαίνονται από 2.5% για το alpha-cypermethrin έως 17.5% για το etofenprox. Μετά από 120 λεπτά έκθεσης, το ποσοστό ζωντανών ενηλίκων ήταν μικρότερο του 7% για όλα τα δίχτυα που περιείχαν εντομοκτόνο, ενώ το control παρέμεινε στο 100%. Όσον αφορά την παράμετρο του knockdown, τα ποσοστά αυξήθηκαν σημαντικά στα 60 και 120 λεπτά για όλα τα δίχτυα, με τα ποσοστά να ξεπερνούν το 82% για όλες τις μεταχειρίσεις. Τα υψηλότερα ποσοστά knockdown ατόμων καταγράφηκαν για το alpha-cypermethrin και το deltamethrin, όπου μετά από 120 λεπτά έκθεσης όλα τα άτομα (100%) ήταν σε κατάσταση knockdown. Ωστόσο, τα ποσοστά θνησιμότητας και για τα τρία χρονικά διαστήματα άμεσης έκθεσης των εντόμων ήταν μηδενικά για όλες τις μεταχειρίσεις.

Στην καθυστερημένη παρακολούθηση (24h, 72h, 168h) καταγράφηκε αύξηση της θνησιμότητας με αποτέλεσμα το ποσοστό των επιβιωσάντων ατόμων να μειωθεί. Μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων που περιείχαν εντομοκτόνο, το deltamethrin είχε το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης και για τα τρία διαφορετικά χρονικά διαστήματα (<27%). Το ποσοστό θνησιμότητας για όλες τις μεταχειρίσεις στις 24h ήταν μικρότερο του 20%, ενώ τα υψηλότερα ποσοστά knockdown καταγράφηκαν για το deltamethrin, τα οποία ήταν 56.3, 76.3 και 85% για τα 5, 60 και 120 λεπτά, αντίστοιχα. Στις 72h, παρόμοια αποτελέσματα καταγράφηκαν, με τα μικρότερα ποσοστά επιβίωσης και για τα τρία διαφορετικά χρονικά διαστήματα έκθεσης να καταγράφονται για το deltamethrin (<5%) ακολουθούμενο από το alpha-cypermethrin. Η θνησιμότητα 72 h μετά την έκθεση των εντόμων στα δίχτυα κυμάνθηκε μεταξύ 24 και 44%, με εξαίρεση τον μάρτυρα. Στην τελική αξιολόγηση στις 168h, παρατηρήθηκε υψηλή αύξηση της θνησιμότητας για όλα τα δίχτυα, ιδίως στο deltamethrin (87.5–88.8%) και etofenprox

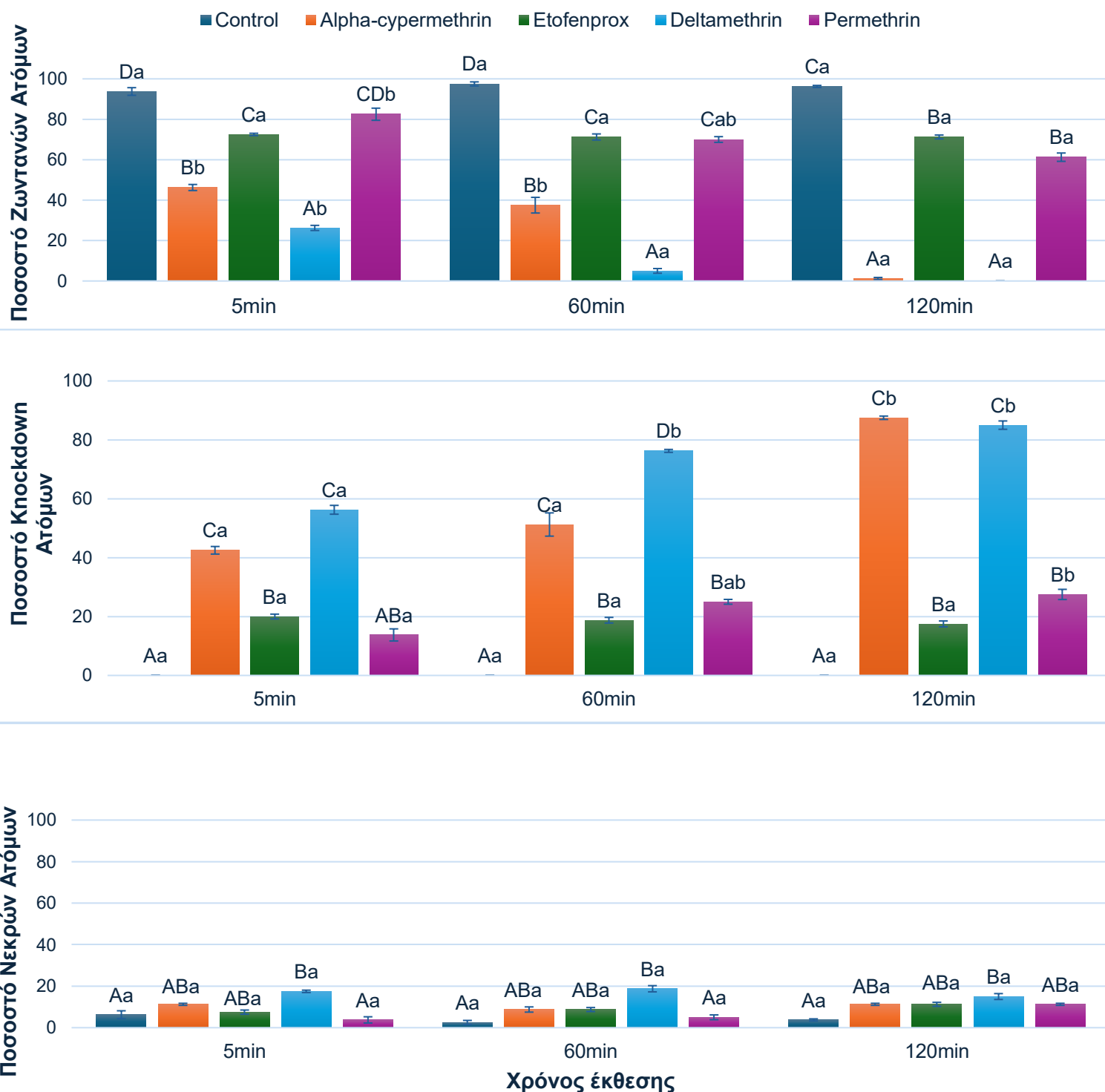
(71.3–73.8%), ενώ ταυτόχρονα τα ποσοστά ζωντανών ατόμων μειώθηκαν σημαντικά (<50%). Παράλληλα, το ποσοστό των ατόμων που επηρεάστηκαν (knockdown) διατηρήθηκε σε πολύ χαμηλά επίπεδα ($\leq 10\%$), με εξαίρεση το alpha-cypermethrin με ποσοστό 18.8% στα 120 λεπτά. Συνολικά, καταγράφηκε σαφής καθυστερημένη δράση με αυξανόμενη θνησιμότητα για όλες τις εντομοκτόνες επεμβάσεις, ιδιαίτερα για το deltamethrin, με τα alpha-cypermethrin & etofenprox να ακολουθούν και το permethrin να έχει τη μικρότερη αποτελεσματικότητα.

T. granarium (Immediate Effect - 0h)



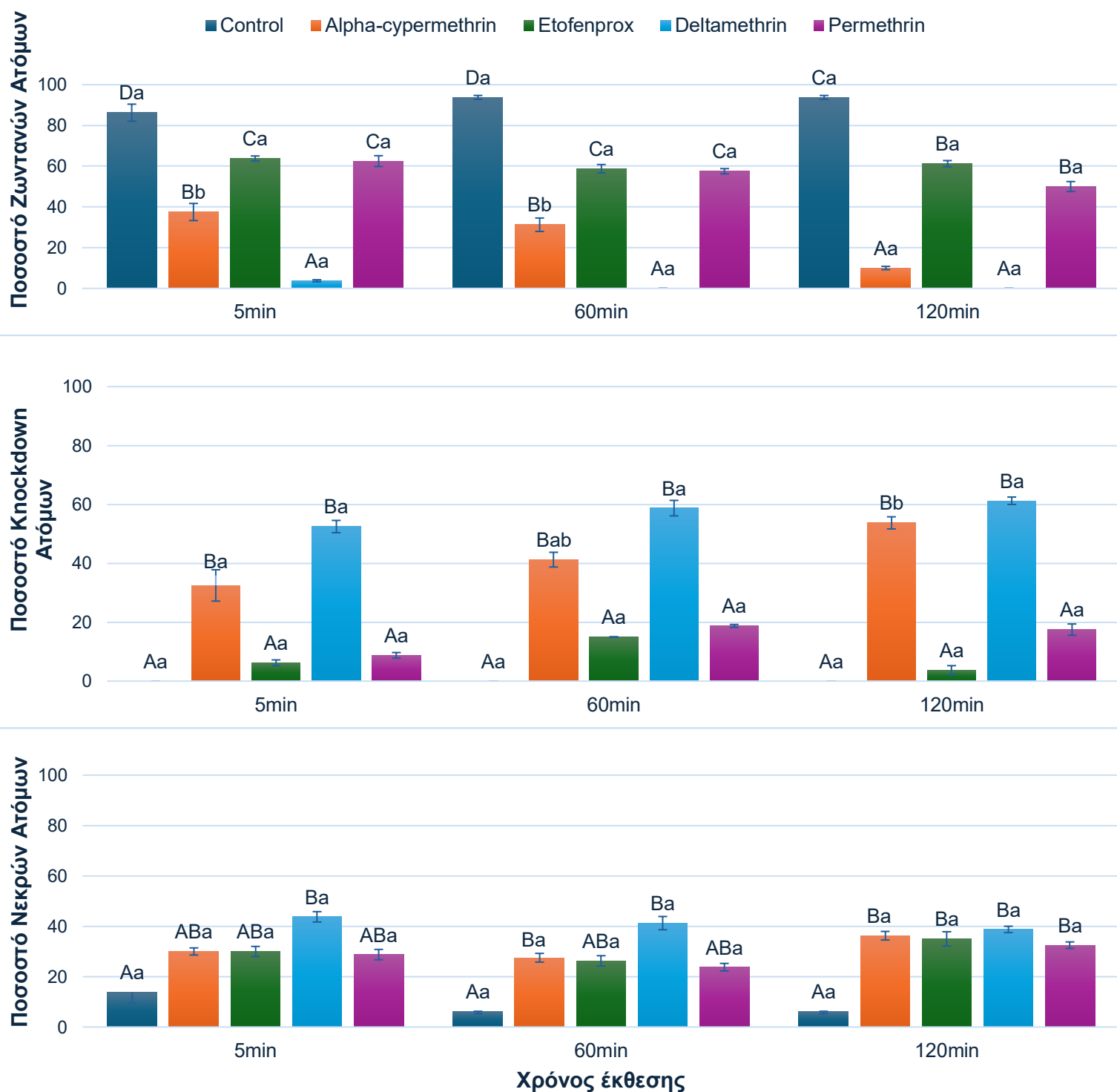
Διάγραμμα 1: Άμεσες επιδράσεις (0h) στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. granarium* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυ εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για 3 διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 60λεπτά και 120λεπτά. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

T. granarium (Delayed Effect - 24h)



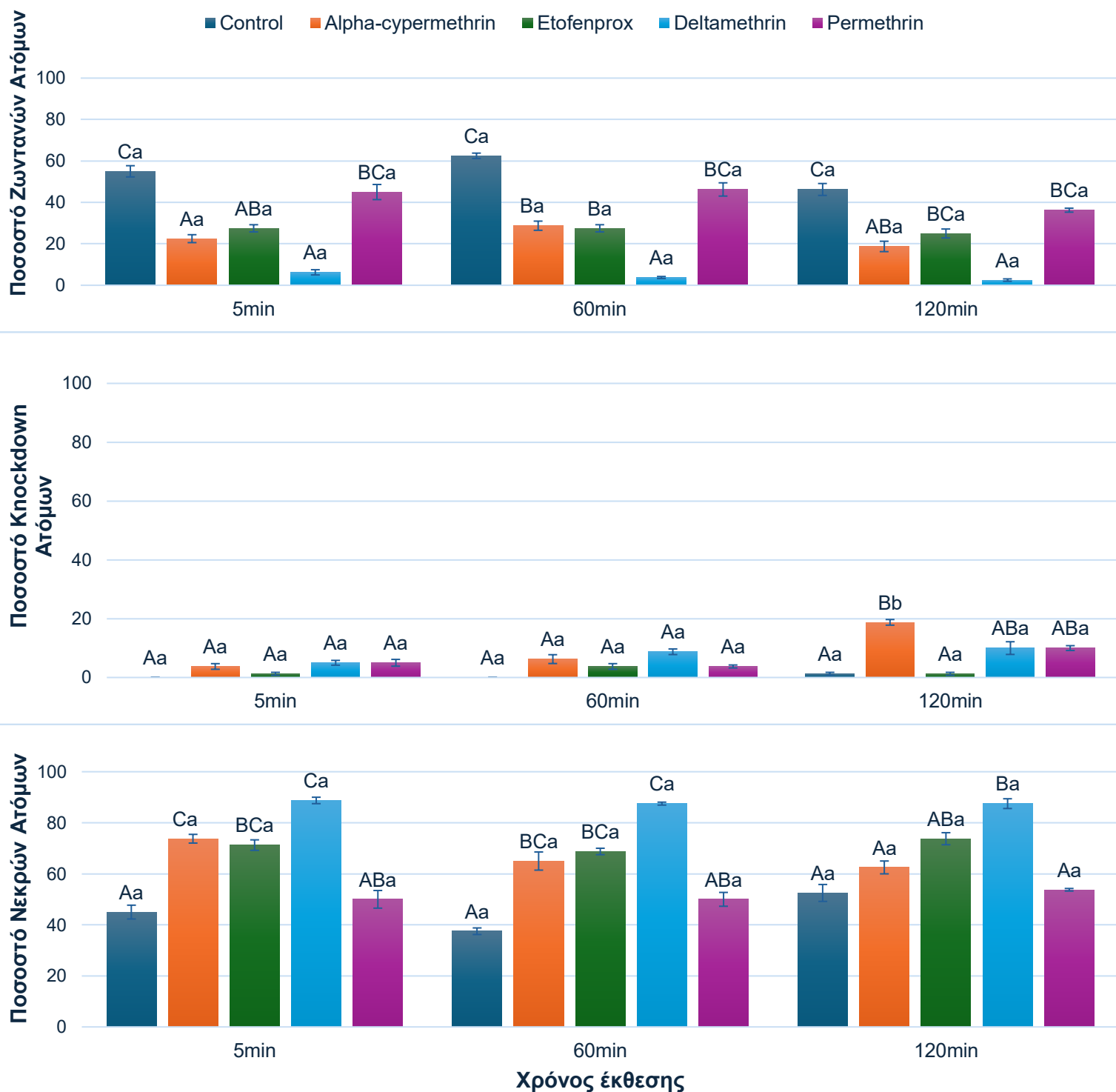
Διάγραμμα 2: Καθυστερημένες επιδράσεις (24h) στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. granarium* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για 3 διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 60λεπτά και 120λεπτά. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

T. granarium (Delayed Effect - 72h)



Διάγραμμα 3: Καθυστερημένες επιδράσεις (72h) στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. granarium* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για 3 διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 60λεπτά και 120λεπτά. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

T. granarium (Delayed Effect - 168h)



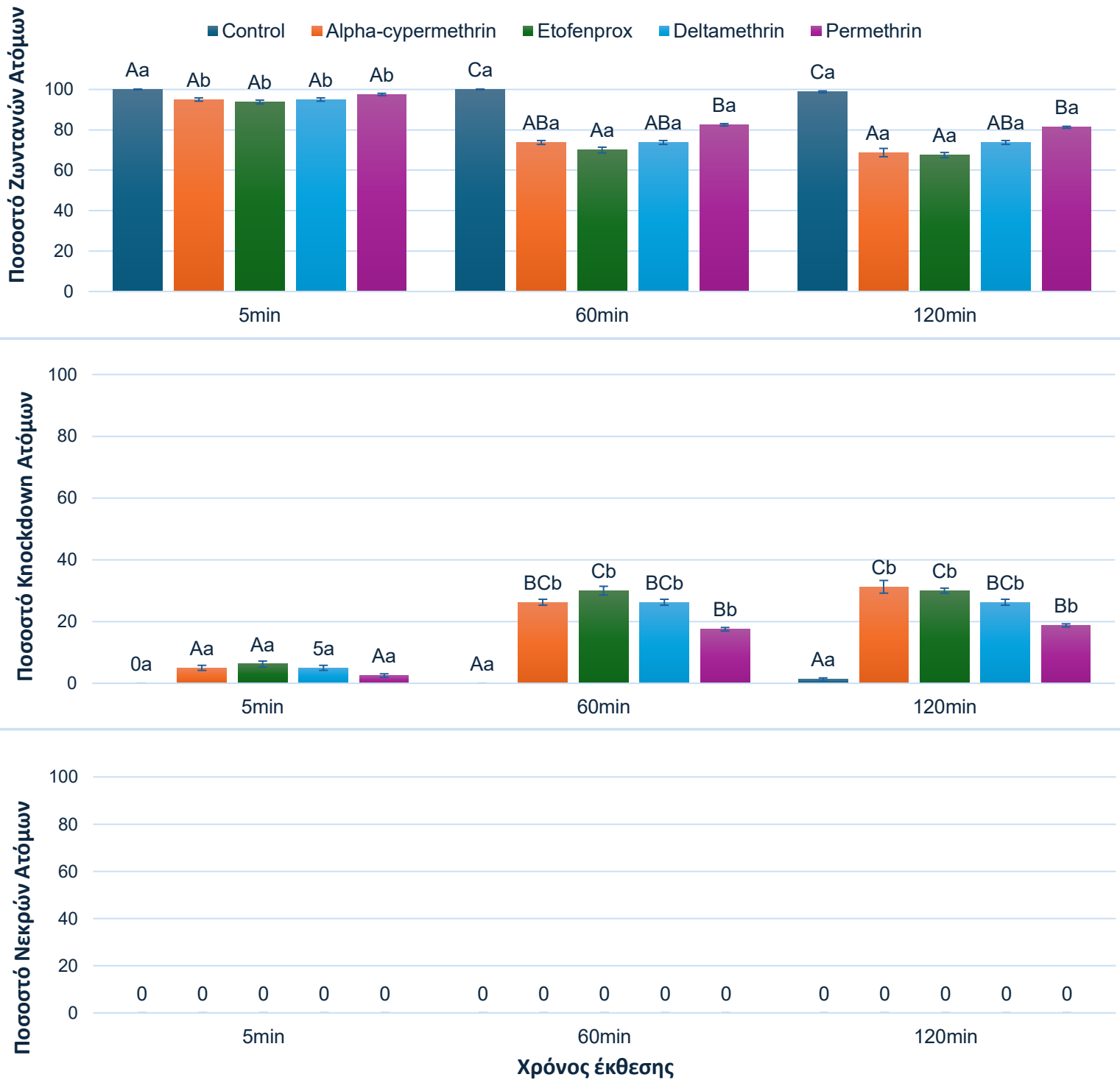
Διάγραμμα 4: Καθυστερημένες επιδράσεις (168h) στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. granarium* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για 3 διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 60λεπτά και 120λεπτά. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δίχτυων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Επίδραση των LLINs στα ενήλικα του *L. serricorne*

Στην άμεση αξιολόγηση, τα ποσοστά ζωντανών ενηλίκων παρέμειναν ιδιαίτερα υψηλά μετά από 5 λεπτά έκθεσης, με τιμές από 93.8% (etofenprox) έως 97.5% (permethrin), ενώ στο μάρτυρα καταγράφηκε 100% επιβίωση. Η επιβίωση των εντόμων του συγκεκριμένου είδους μειώθηκε μετά από 60 λεπτά έκθεσης στα εντομοκτόνα δίχτυα, με το etofenprox να παρουσιάσει το χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης (70%), ενώ οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις κυμάνθηκαν μεταξύ 73.8% και 82.5%. Στα 120 λεπτά έκθεσης, οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στο alpha-cypermethrin και etofenprox με 68.8 και 67.5%, αντίστοιχα, ενώ το ποσοστό επιβίωσης στο μάρτυρα διατηρήθηκε στο 98.8%. Όσον αφορά την κατάσταση knockdown, τα ποσοστά ήταν χαμηλά στα 5 λεπτά (2.5–6.3%) και αυξήθηκαν με την αύξηση του χρόνου έκθεσης. Στα 60 λεπτά, το ποσοστό knockdown στα εντομοκτόνα δίχτυα alpha-cypermethrin και deltamethrin ήταν 26.3%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το etofenprox ήταν 30%. Το ποσοστό knockdown στα 120 λεπτά έκθεσης κυμάνθηκε μεταξύ 18.8 και 31.3% για όλα τα δίχτυα, με εξαίρεση το μάρτυρα όπου το ποσοστό ήταν 1.3%. Το ποσοστό της θνησιμότητας για το *L. serricorne* και στα τρία χρονικά διαστήματα έκθεσης ήταν μηδενικό (0%) κατά την άμεση αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δικτυών.

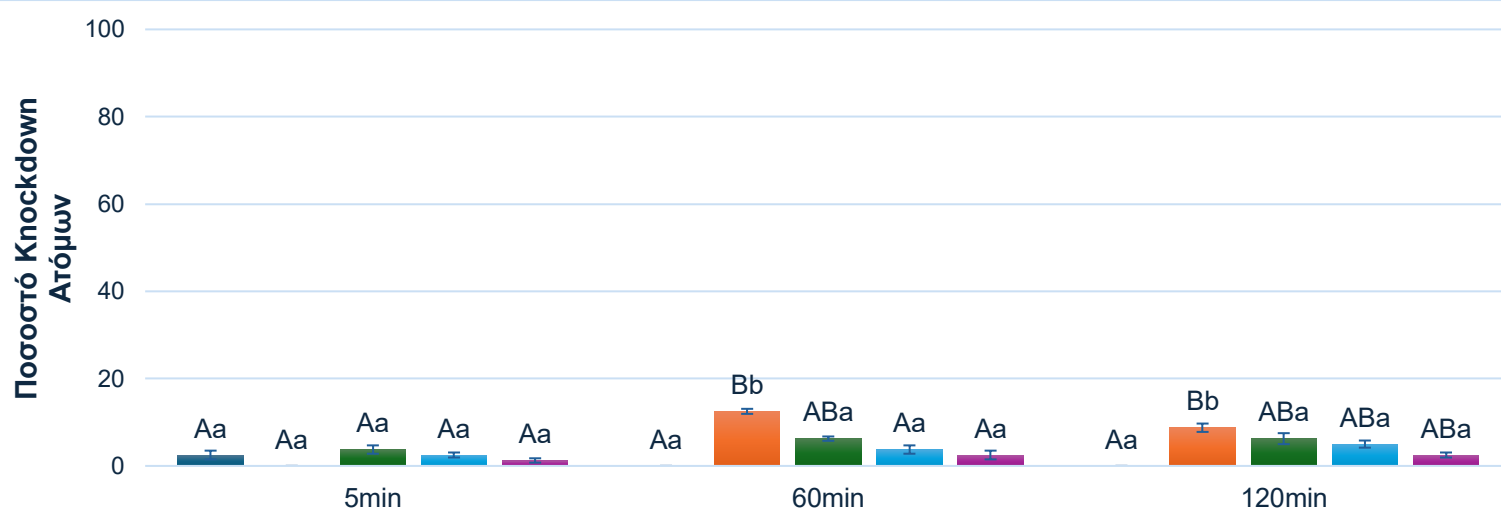
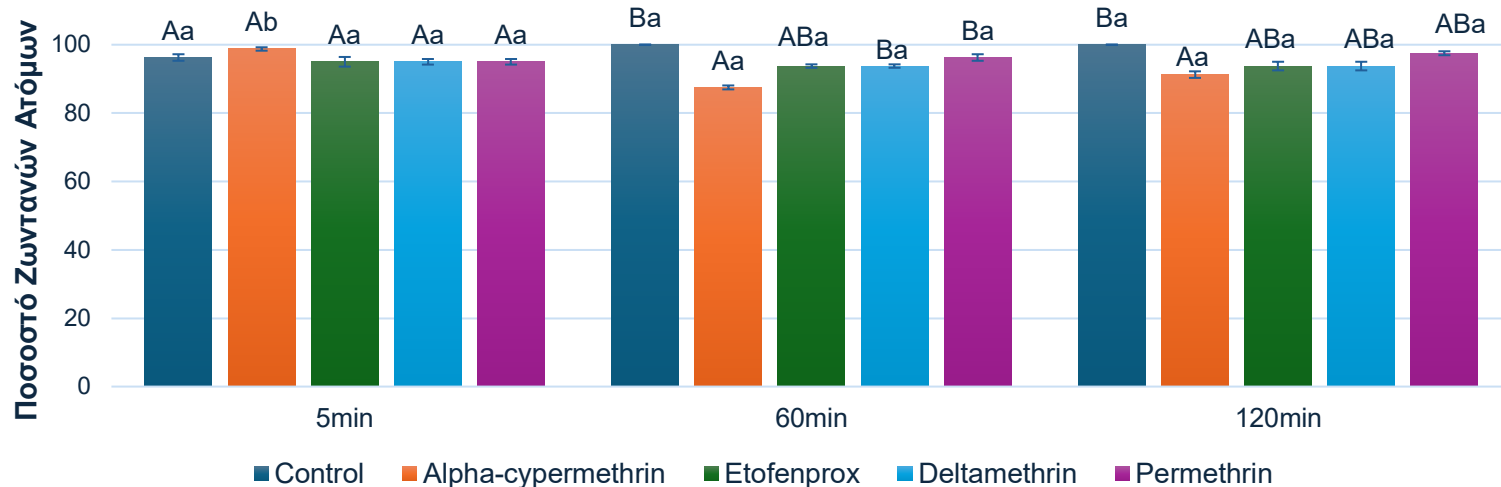
Στις 24h μετά την έκθεση, τα ποσοστά ζωντανών ατόμων αυξήθηκαν σε σχέση με την άμεση αξιολόγηση. Το ποσοστό επιβίωσης στις 24h κυμάνθηκε μεταξύ 87.5 έως 97.5%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό του μάρτυρα ήταν 100%, ενώ το ποσοστό θνησιμότητας ήταν μικρότερο 4% στις 24h για όλες τις μεταχειρίσεις. Τόσο στις 72 h όσο και στις 168h μετά την έκθεση των εντόμων στα δίχτυα, το ποσοστό επιβίωσης παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα για όλα τα δίχτυα (>90%), ενώ το ποσοστό θνησιμότητας δεν ξεπέρασε το 9% σε καμία μεταχείριση για τα τρία διαφορετικά χρονικά διαστήματα έκθεσης. Το ποσοστό knockdown ατόμων στις 72 h δεν ξεπέρασε το 2.5% για καμία μεταχείριση, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στις 168 h ήταν μηδενικό (0%) για όλες τις μεταχειρίσεις.

L. serricorne (Immediate Effect - 0h)



Διάγραμμα 5: Άμεσες επιδράσεις (0h) στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *L. serricorne* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για 3 διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 60λεπτά και 120λεπτά. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

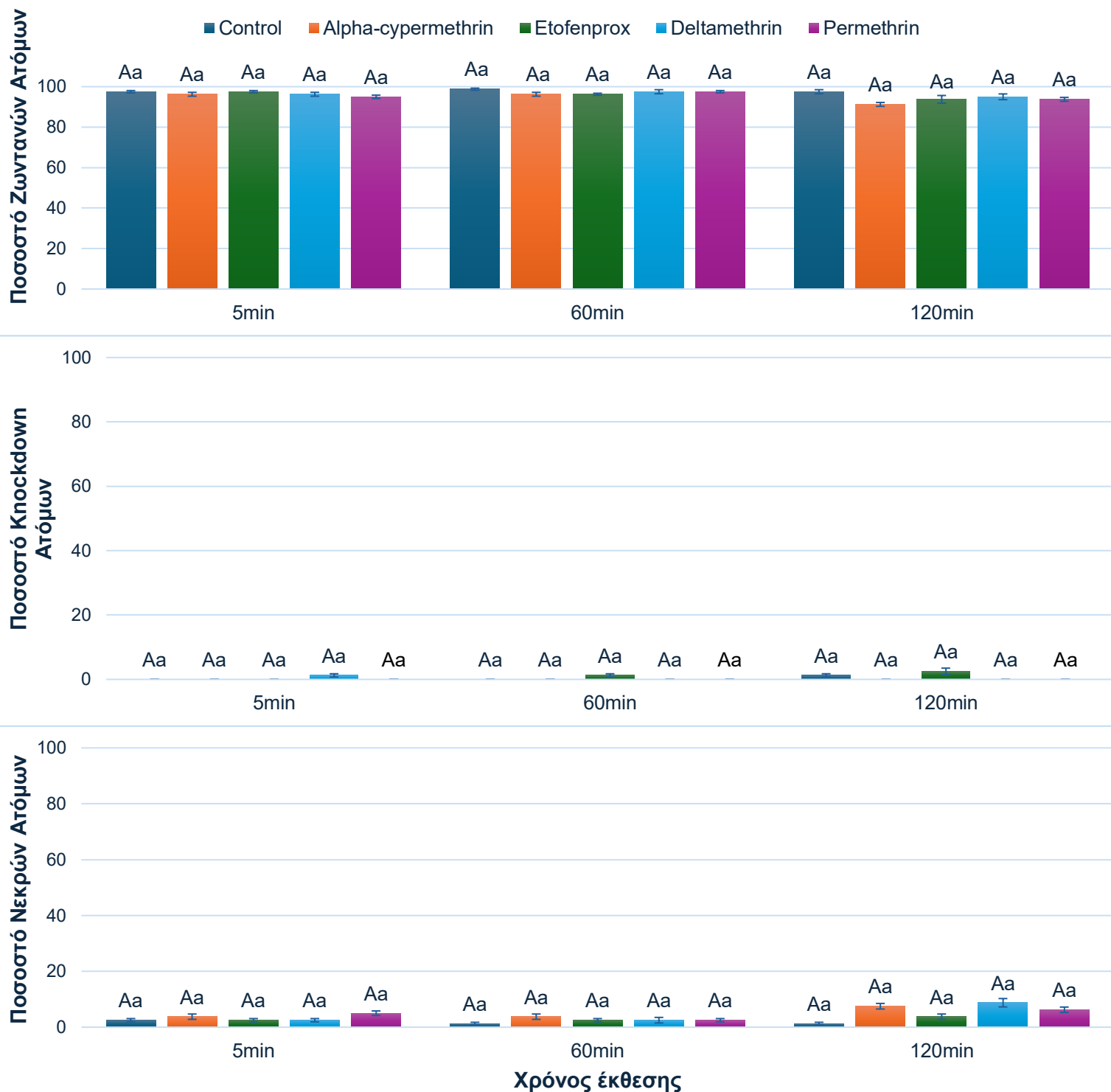
L. serricorne (Delayed Effect - 24h)



Χρόνος έκθεσης

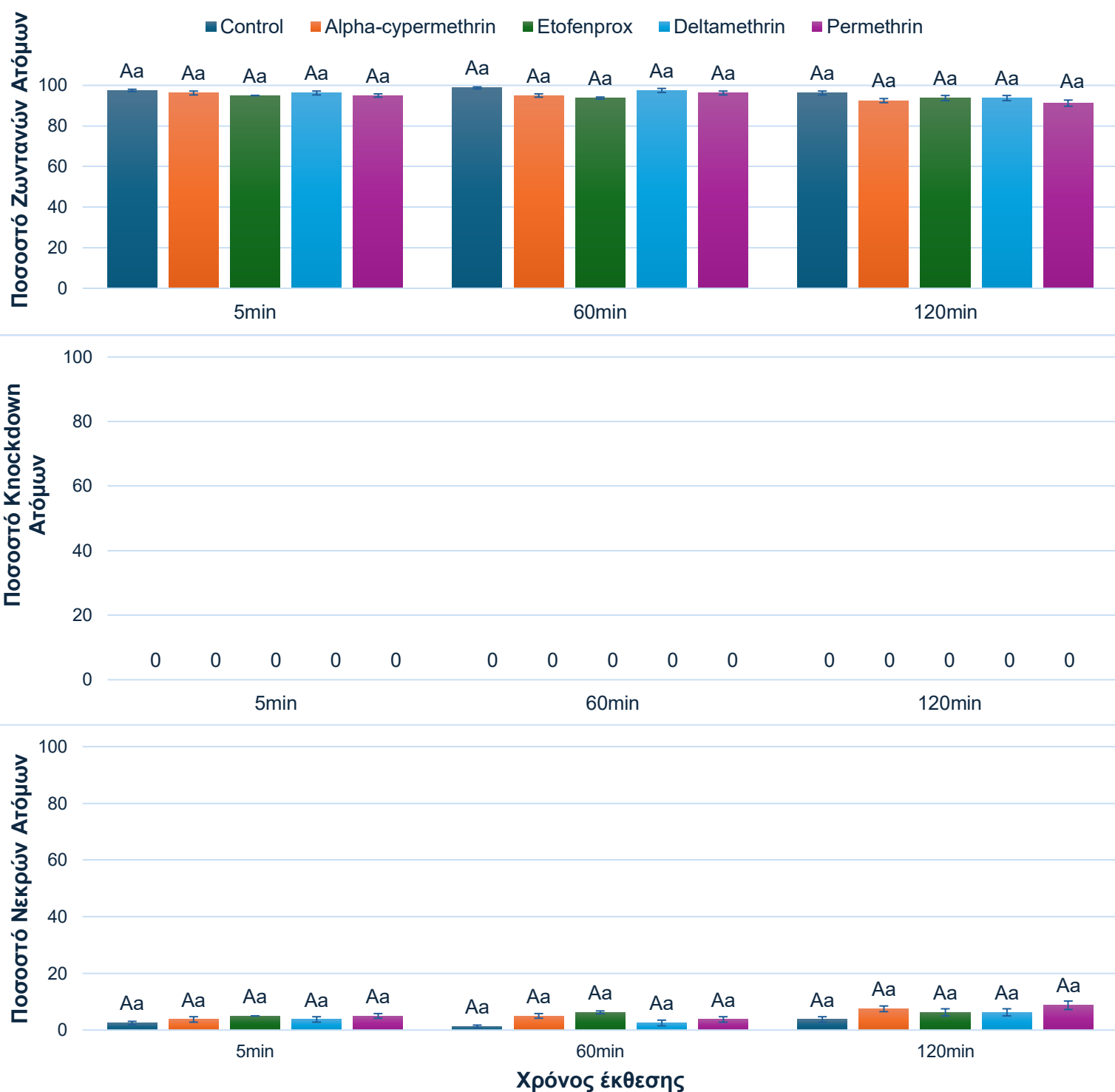
Διάγραμμα 6: Καθυστερημένες επιδράσεις (24h) στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *L. serricorne* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για 3 διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 60λεπτά και 120λεπτά. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δίχτυων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

L. serricorne (Delayed Effect - 72h)



Διάγραμμα 7: Καθυστερημένες επιδράσεις (72h) στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *L. serricorne* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για 3 διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά και 60λεπτά, 120λεπτά. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

L. serricorne (Delayed Effect - 168h)



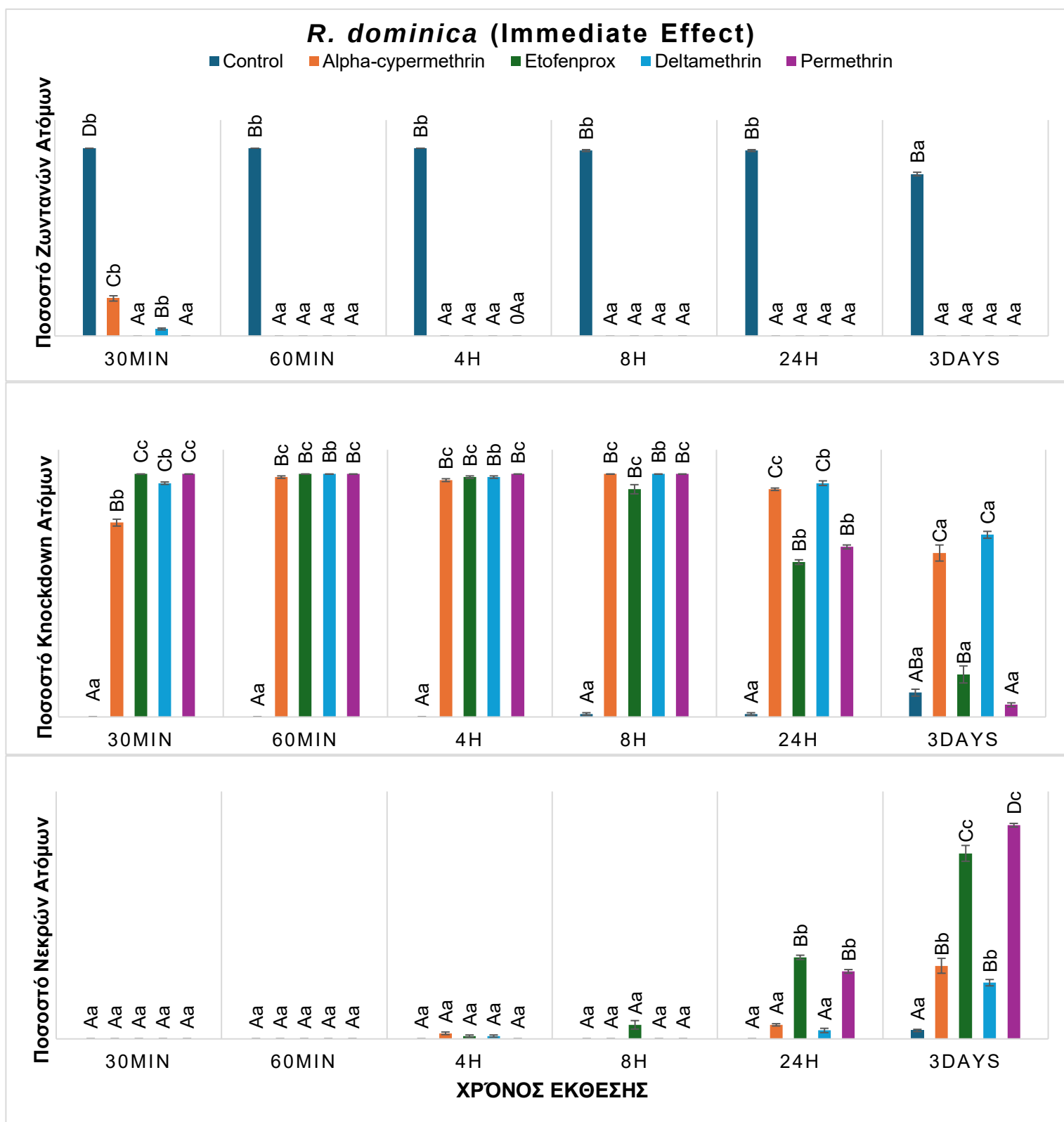
Διάγραμμα 8: Καθυστερημένες επιδράσεις (168h) στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *L. serricorne* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για 3 διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 60λεπτά και 120λεπτά. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Βιοδοκιμή II

Επίδραση των LLINs στα ενήλικα του *R. dominica*

Κατά την άμεση αξιολόγηση, το ποσοστό επιβίωσης των ατόμων του είδους *R. dominica* ήταν μηδενικό για όλες τις μεταχειρίσεις με εξαίρεση το deltamethrin και το alpha-cypermethrin στα 30λεπτά έκθεσης, όπου είχαν ποσοστό επιβίωσης 3.8 και 20% αντίστοιχα. Για τα τέσσερα πρώτα χρονικά διαστήματα έκθεσης, τα ποσοστά knockdown ήταν μεγαλύτερα του 80% για όλα τα δίχτυα, ενώ το ποσοστό αυτό μειώθηκε μετά από 24h και 3 ημέρες έκθεσης των εντόμων, με τη μεγαλύτερη μείωση να καταγράφεται για τα δίχτυα etofenprox και permethrin. Το ποσοστό θνησιμότητας παρέμεινε χαμηλό για τα πρώτα τέσσερα χρονικά διαστήματα, ενώ αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου έκθεσης, με τα ποσοστά να κυμαίνονται μεταξύ 3.8 - 36.3% και 25-95% στις 24h και 3 ημέρες αντίστοιχα. Στο μάρτυρα καταγράφηκαν υψηλά ποσοστά επιβίωσης μεγαλύτερα του 98%, με εξαίρεση τις 3 ημέρες, όπου το ποσοστό αυτό μειώθηκε στο 86.3%.

Κατά την καθυστερημένη αξιολόγηση, και για τα τέσσερα εντομοκτόνα δίχτυα το ποσοστό επιβίωσης αυξήθηκε συγκριτικά με την άμεση αξιολόγηση για όλα τα χρονικά διαστήματα. Παρόλα αυτά, με εξαίρεση τα 30 λεπτά, το ποσοστό επιβίωσης δεν ξεπέρασε το 50% για κανένα από τα εντομοκτόνα δίχτυα. Τα ποσοστά knockdown μειώθηκαν σημαντικά στην καθυστερημένη αξιολόγηση με αποτέλεσμα να είναι μηδενικά. Ωστόσο, στα ποσοστά των νεκρών ατόμων σημειώθηκε μεγάλη αύξηση που υποδεικνύει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των knockdown ατόμων δεν κατάφερε να ανακάμψει από αυτή την κατάσταση με αποτέλεσμα να επέλθει ο θάνατος μετά την πάροδο 7 ημερών. Η θνησιμότητα αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου έκθεσης, με αποτέλεσμα να ξεπεράσει το 85% για όλα τα εντομοκτόνα δίχτυα μετά από 3 ημέρες έκθεσης. Ο μάρτυρας διατήρησε υψηλά ποσοστά επιβίωσης για όλα τα χρονικά διαστήματα με το ποσοστό να ξεπερνάει το 80%.



Διάγραμμα 9: Άμεσες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *R. dominica* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).



Διάγραμμα 10: Καθυστερημένες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *R. dominica* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δίχτυων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

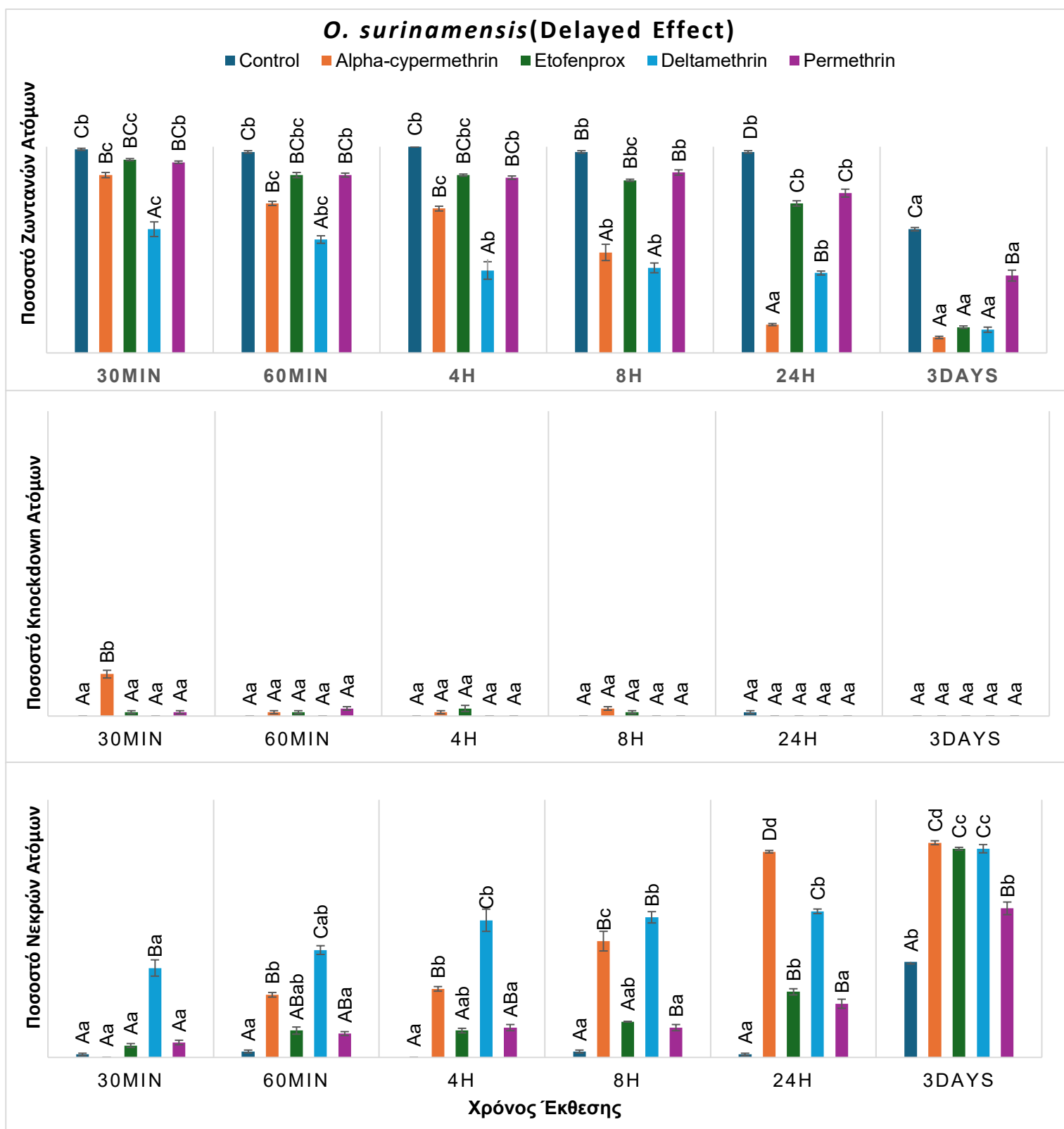
Επίδραση των LLINs στα ενήλικα του *O. surinamensis*

Κατά την άμεση αξιολόγηση των LLINs έναντι των ενηλίκων του είδους *O. surinamensis* παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση του ποσοστού επιβίωσης με την αύξηση του χρόνου έκθεσης στα εντομοκτόνα δίχτυα. Στα 30 και 60 λεπτά το ποσοστό επιβίωσης κυμάνθηκε μεταξύ 17.5 και 72.5%, ενώ από τις 4h και για τα επόμενα χρονικά διαστήματα έκθεσης των εντόμων, το ποσοστό επιβίωσης δεν ξεπέρασε το 15%. Τα ποσοστά knockdown αυξήθηκαν σταδιακά στα τρία πρώτα σύντομα χρονικά διαστήματα και παρέμειναν υψηλά (>85%) τις 4, 8 και 24h. Στις 3 ημέρες έκθεσης, το ποσοστό των knockdown μειώθηκε καθώς αυξήθηκε το ποσοστό των νεκρών ατόμων, το οποίο κυμάνθηκε από 51.3 έως 78.8%. Στα πρώτα τέσσερα χρονικά διαστήματα το ποσοστό θνησιμότητας ήταν μηδενικό, ενώ αυξήθηκε έως και 15% (alpha-cypermethrin) στις 24h έκθεσης. Το ποσοστό επιβίωσης των ατόμων του μάρτυρα διατηρήθηκε στο 100%, με εξαίρεση τις 3 ημέρες όπου παρατηρήθηκε μία μείωση της τάξεως του 40%.

Στην καθυστερημένη αξιολόγηση, η επιβίωση των ενηλίκων αυξήθηκε σε σχέση με την άμεση αξιολόγηση. Τα ποσοστά επιβίωσης του *O. surinamensis* μετά το πέρας 7 ημερών από την έκθεση των ενηλίκων στα εντομοκτόνα δίχτυα κυμάνθηκε από 60 έως 93.8% στα 30 λεπτά, ενώ μειώθηκε σταδιακά με την αύξηση του χρόνου έκθεσης. Το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης σε όλα τα χρονικά διαστήματα καταγράφηκε για το deltamethrin με τις τιμές να μην ξεπερνούν το 60%. Για το συγκεκριμένο έντομο τα ποσοστά των knockdown ατόμων ήταν μηδενικά στην καθυστερημένη αξιολόγηση. Ωστόσο, τα ποσοστά των νεκρών εντόμων αυξήθηκαν με την αύξηση του χρόνου έκθεσης, με το deltamethrin να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη θνησιμότητα στα τέσσερα πρώτα χρονικά διαστήματα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εντομοκτόνα δίχτυα. Στις 3 ημέρες έκθεσης το ποσοστό θνησιμότητας αυξήθηκε σημαντικά με τα deltamethrin, etofenprox και alpha-cypermethrin να έχουν περίπου 90% θνησιμότητα και το permethrin να ακολουθεί με 62.5%.



Διάγραμμα 11: Άμεσες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *O. surinamensis* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δίχτυων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).



Διάγραμμα 12: Καθυστερημένες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *O. surinamensis* μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

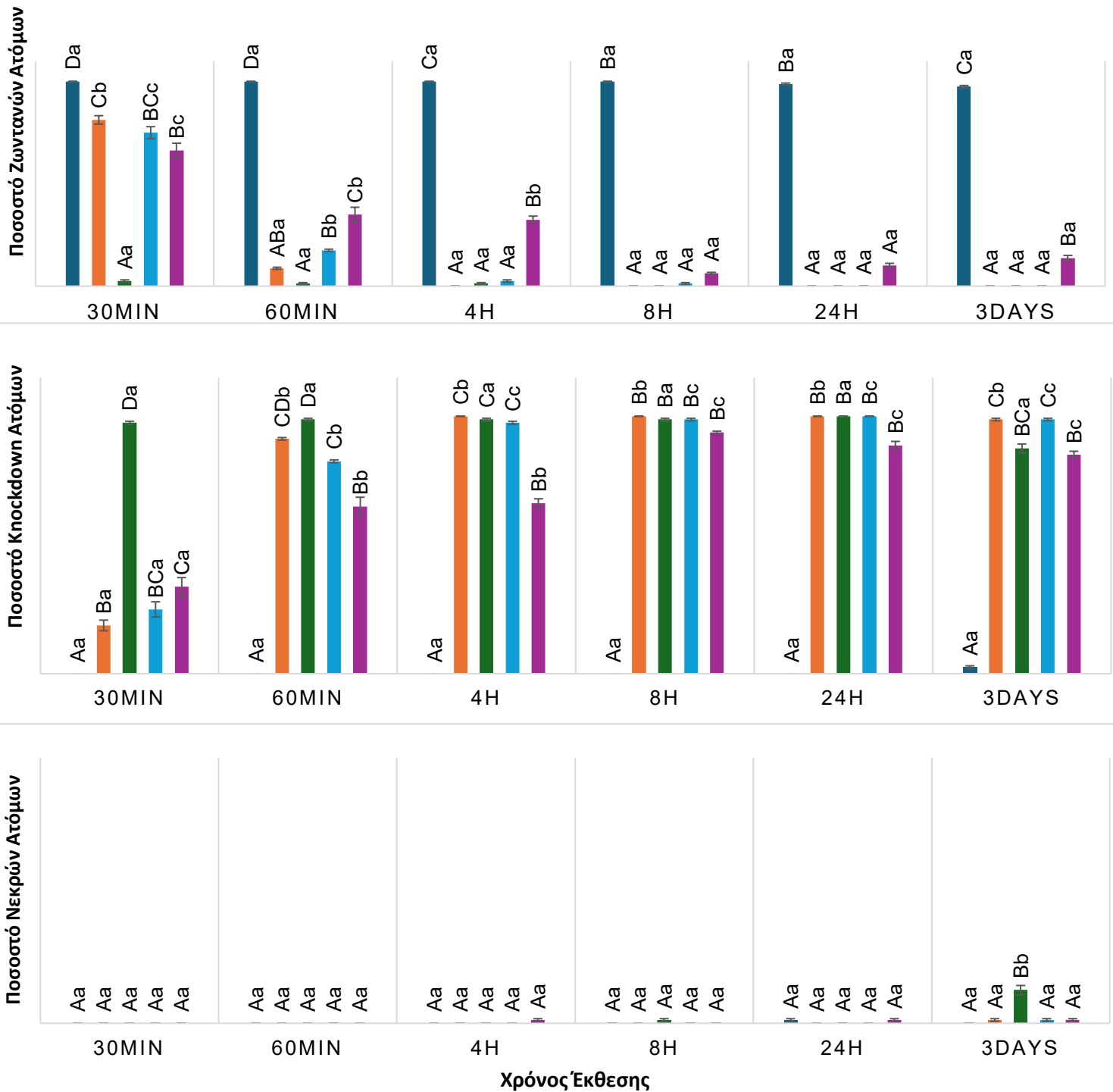
Επίδραση των LLINs στα ενήλικα του *T. confusum*

Στην άμεση αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των εντομοκτόνων δίχτων έναντι των ενηλίκων του *T. confusum* παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού επιβίωσης από τα πρώτα χρονικά διαστήματα έκθεσης. Πιο συγκεκριμένα, στα 30 λεπτά έκθεσης το μικρότερο ποσοστό επιβίωσης καταγράφηκε στο etofenprox (2.5%), όπου μειώθηκε περαιτέρω με την αύξηση του χρόνου έκθεσης με αποτέλεσμα να είναι 0% στα τρία μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Καθοδική τάση είχε το ποσοστό επιβίωσης και για τα υπόλοιπα εντομοκτόνα δίχτυα με τη μικρότερη μείωση να καταγράφεται για το permethrin στα διάφορα χρονικά διαστήματα έκθεσης. Στα 30 λεπτά έκθεσης το ποσοστό των knockdown ατόμων κυμάνθηκε μεταξύ 18.8 και 33.8%, με εξαίρεση το etofenprox, το ποσοστό του οποίου ήταν 97.5%. Το ποσοστό των knockdown αυξήθηκε σημαντικά στα 60 λεπτά έκθεσης και παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα (>80% για τα περισσότερα δίχτυα σε όλα τα χρονικά διαστήματα. Εξαίρεση αποτέλεσε το permethrin του οποίου το ποσοστό knockdown ατόμων αυξήθηκε σταδιακά με την αύξηση του χρόνου έκθεσης, ενώ ξεπέρασε το 80% μετά τις 8h. Η θνησιμότητα για όλες τις μεταχειρήσεις παρέμεινε σε μηδενικά επίπεδα, με εξαίρεση το etofenprox το οποίο άγγιξε το 12.5% στις 3 ημέρες. Στον μάρτυρα το ποσοστό επιβίωσης διατηρήθηκε σε υψηλές τιμές, μεγαλύτερες του 97% για όλα τα χρονικά διαστήματα έκθεσης.

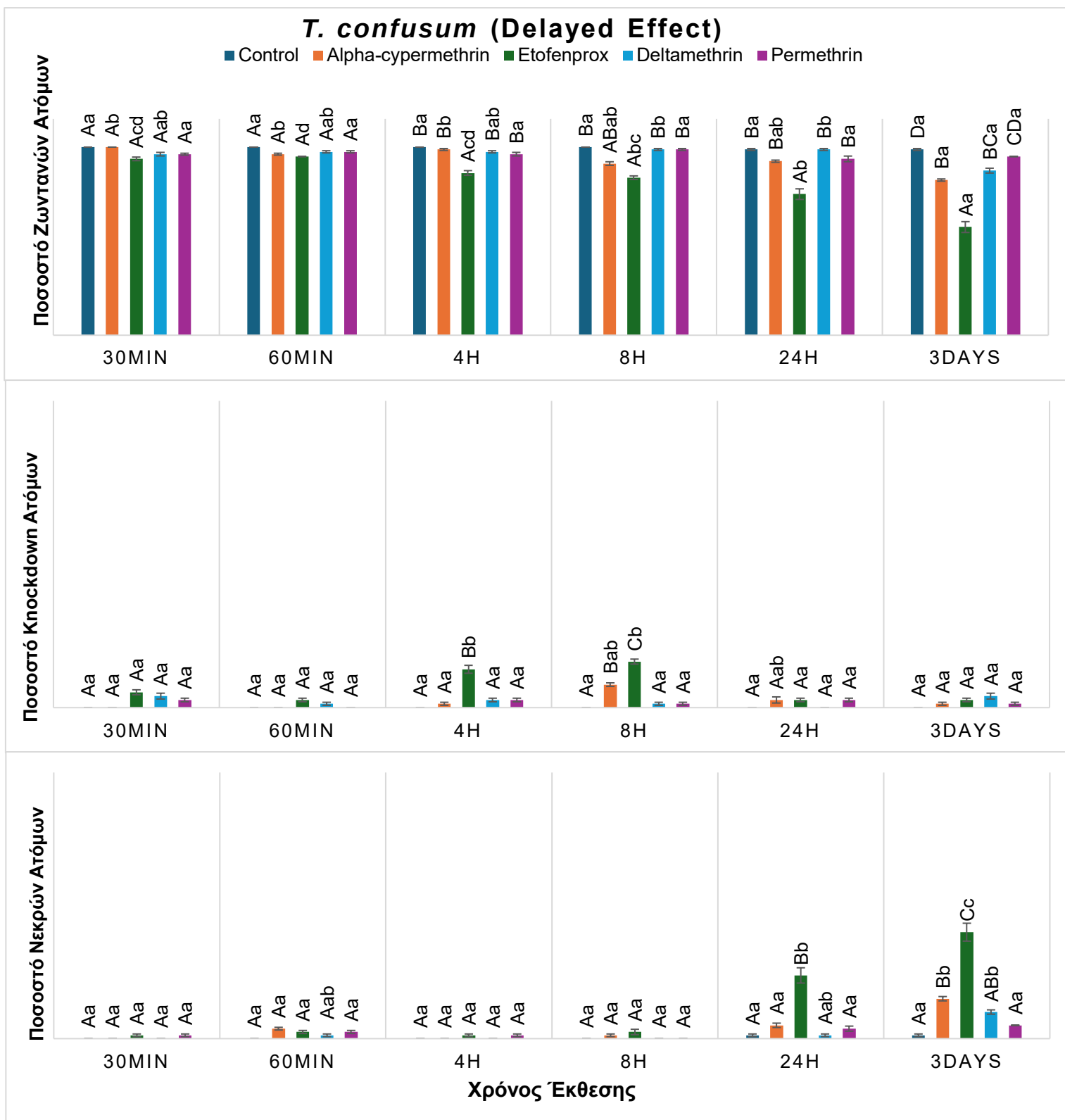
Στην καθυστερημένη αξιολόγηση τα ποσοστά ζωντανών ενηλίκων αυξήθηκαν συγκριτικά με την άμεση αξιολόγηση. Για τα περισσότερα εντομοκτόνα δίχτυα τα ποσοστά επιβίωσης ήταν μεγαλύτερα του 80%, με εξαίρεση το etofenprox όπου καταγράφηκαν ποσοστά επιβίωσης 75 και 57.5% στις 24h και 3 ημέρες, αντίστοιχα. Τα μειωμένα ποσοστά knockdown ατόμων <15% είναι ένδειξη ανάνειψης των εντόμων, καθώς και τα ποσοστά θνησιμότητα παρέμειναν χαμηλά στην καθυστερημένη αξιολόγηση. Εξαίρεση αποτέλεσε το etofenprox όπου το ποσοστό θανάτου στις 24h καταγράφηκε στο 23.8% και στις 3 ημέρες στο 40%.

T. confusum Adults (Immideate Effect)

■ Control ■ Alpha-cypermethrin ■ Etofenprox ■ Deltamethrin ■ Permethrin



Διάγραμμα 13: Άμεσες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. confusum* (ενήλικα) μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

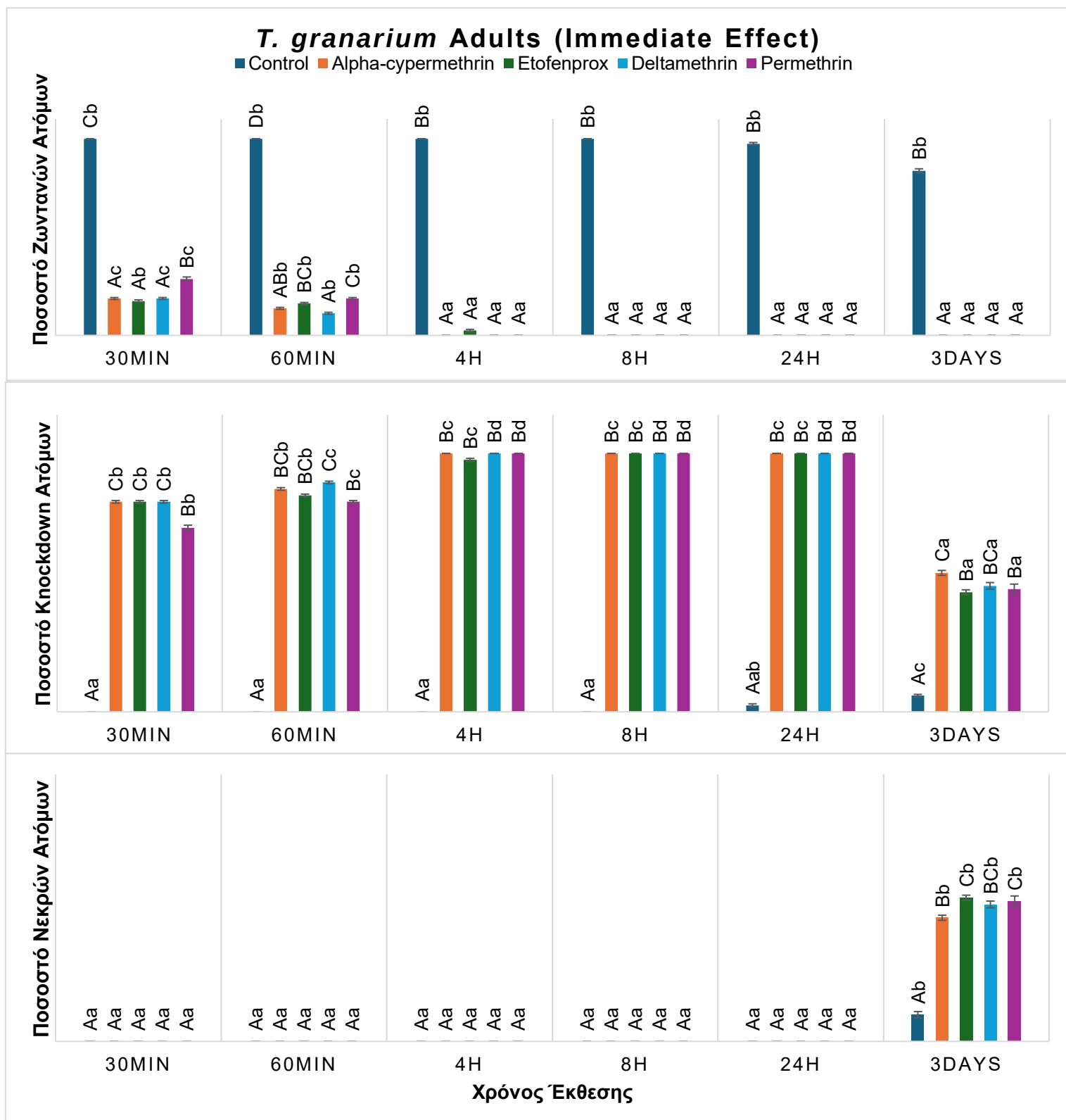


Διάγραμμα 14: Καθυστερημένες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. confusum* (ενήλικα) μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

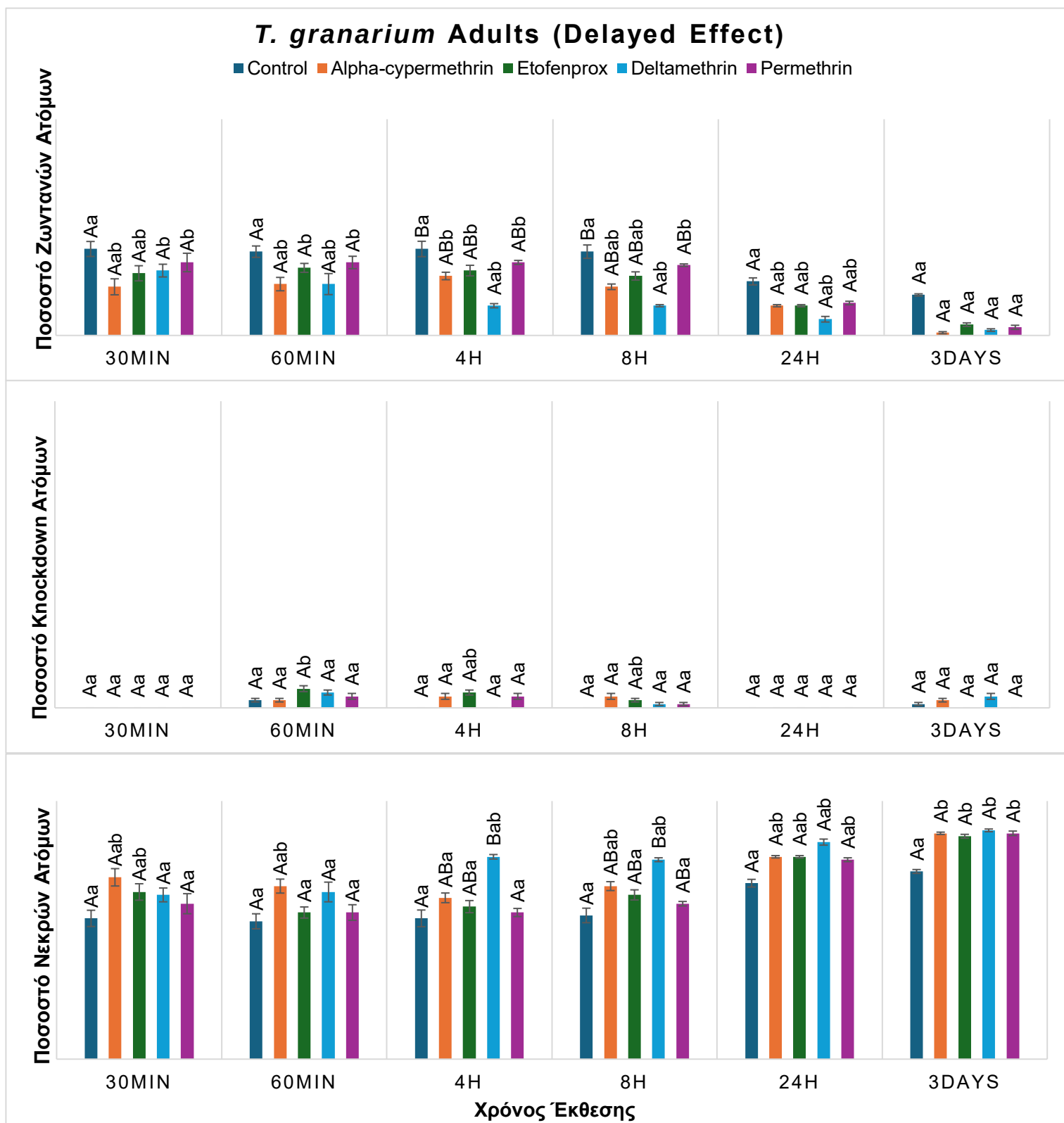
Επίδραση των LLINs στα ενήλικα του *T. granarium*

Κατά την άμεση αξιολόγηση, παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση του τύπου δίχτυου και της διάρκειας έκθεσης σε όλα τα στάδια κατάστασης των εντόμων. Τα ποσοστά επιβίωσης μειώθηκαν αισθητά ήδη από τα πρώτα χρονικά διαστήματα στα εντομοκτόνα δίχτυα, με τιμές κοντά στο 18% για alpha-cypermethrin, etofenprox και deltamethrin στα 30 και 60 λεπτά. Στον μάρτυρα τα ποσοστά ζωντανών ατόμων διατηρήθηκαν υψηλά (100%) έως και τις 8h, ενώ μειώθηκαν ελαφρώς στις 24h (97.5%) και κατέληξαν στο 83.8% στις 3 ημέρες. Από τις 4h έκθεσης και μετά, όλα τα εντομοκτόνα δίχτυα οδήγησαν σε μηδενικά ποσοστά επιβίωσης. Το ποσοστό knockdown αυξήθηκε σημαντικά στα πρώτα 60 λεπτά (>80%) και σταθεροποιήθηκε στο 100% μεταξύ 4 και 24h για όλα τα εντομοκτόνα δίχτυα. Στις 3 ημέρες, παρατηρήθηκε μείωση των knockdown ατόμων, με τα ποσοστά να κυμαίνονται μεταξύ 47 και 64%, ένδειξη μετάβασης προς την κατάσταση θανάτου. Η άμεση θνησιμότητα ήταν μηδενική έως και τις 24h, αλλά αυξήθηκε σημαντικά στις 3 ημέρες, με τα δίχτυα etofenprox, deltamethrin και permethrin να φτάνουν περίπου στο 52.5% και το alpha-cypermethrin στο 46.3%, ενώ ο μάρτυρας παρέμεινε στο 10%.

Στην καθυστερημένη αξιολόγηση τα ποσοστά ζωντανών ενηλίκων αυξήθηκαν συγκριτικά με την άμεση αξιολόγηση, ένδειξη ανάκαμψη ενός μέρους του αριθμού των ατόμων του συγκεκριμένου είδους από την κατάσταση knockdown σε ζωντανή κατάσταση, ενώ η αύξηση του χρόνου έκθεσης ήταν ανάλογη της μείωσης του ποσοστού επιβίωσης. Η κατάσταση knockdown ήταν περιορισμένη σε όλα τα χρονικά διαστήματα, με ποσοστά που δεν ξεπέρασαν το 7%. Η καθυστερημένη θνησιμότητα παρουσίασε αυξητική τάση ήδη από τα 30 λεπτά (>60% σε όλα τα δίχτυα), ενώ σταδιακά αυξήθηκε έως και τις 3 ημέρες έκθεσης, όπου καταγράφηκαν ποσοστά >95% σε όλα τα εντομοκτόνα δίχτυα. Η αυξημένη θνησιμότητα στην καθυστερημένη αξιολόγηση είναι ένδειξη αδυναμίας ανάκαμψης του μεγαλύτερου ποσοστού των knockdown ατόμων με αποτέλεσμα να επέρχεται ο θάνατος.



Διάγραμμα 15: Άμεσες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. granarium* (ενήλικα) μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίκτυο. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

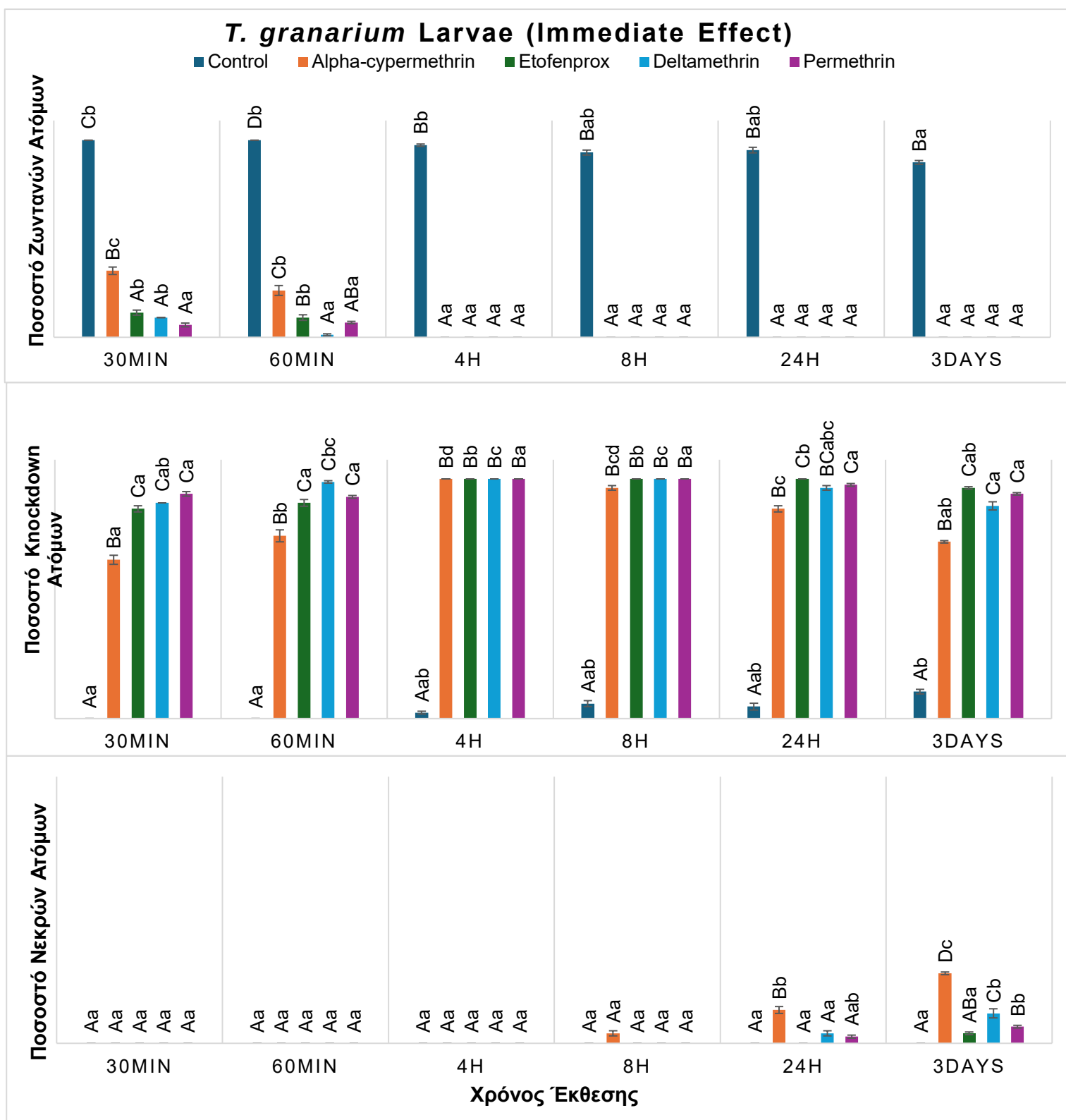


Διάγραμμα 16: Καθυστερημένες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. granarium* (ενήλικα) μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δίχτυων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Επίδραση των LLINs στις προνύμφες του *T. granarium*

Κατά την άμεση αξιολόγηση, τα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών του *T. granarium* μειώθηκαν σημαντικά στα εντομοκτόνα δίχτυα ήδη από τα πρώτα 30 λεπτά, με τιμές κάτω από 34% στο alpha-cypermethrin και ακόμη χαμηλότερες στα υπόλοιπα δίχτυα. Το control παρέμεινε σταθερά υψηλό (95%) έως και τις 24h, με μικρή μείωση μόνο στις 3 ημέρες (88.8%). Από τις 4h και μετά, το ποσοστό ζωντανών ατόμων σε όλα τα εντομοκτόνα δίχτυα ήταν μηδενικό. Το ποσοστό των knockdown ατόμων κυμάνθηκε σε πολύ υψηλές τιμές ήδη από το 30λεπτο (>66.3%), οι οποίες παρέμειναν αυξημένες για όλα τα χρονικά διαστήματα και όλες τις μεταχειρίσεις με τιμές μεγαλύτερες του 70%. Η άμεση θνησιμότητα ήταν σχεδόν μηδενική έως και τις 4h σε όλα τα δίχτυα, ενώ από τις 8h και έπειτα σημειώθηκε σταδιακή αύξησή της. Στις 3 ημέρες, το alpha-cypermethrin κατέγραψε το υψηλότερο ποσοστό νεκρών προνυμφών (26.3%), ακολουθούμενο από το deltamethrin(11.3%), permethrin (6.3%) και etofenprox (3,75%). Η θνησιμότητα στο control παρέμεινε στο 0%. Τα ποσοστά των knockdown και νεκρών ατόμων στο μάρτυρα παρέμειναν σχεδόν μηδενικά για όλα τα χρονικά διαστήματα έκθεσης.

Στην καθυστερημένη αξιολόγηση παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού των ζωντανών προνυμφών σε σύγκριση με την άμεση αξιολόγηση, ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά επιβίωσης καταγράφηκαν για το etofenprox και το permethrin για όλα τα χρονικά διαστήματα έκθεσης. Όσον αφορά το μάρτυρα, μικρή μείωση του ποσοστού επιβίωσης καταγράφηκε για τα διάφορα χρονικά διαστήματα, χωρίς, όμως, να μειωθεί κάτω από 76%. Το ποσοστό των ατόμων διατηρήθηκε σε υψηλά ποσοστά με αυτά να αγγίζουν το 57.5% στην περίπτωση του deltamethrin στις 4h. Ωστόσο, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι το ποσοστό θνησιμότητας δεν αυξήθηκε ιδιαίτερα σημαντικά, με εξαίρεση τις 24h και 3 ημέρες, γεγονός που αποδεικνύει ότι ένα ποσοστό των knockdown ατόμων παρέμεινε στην ίδια κατάσταση ενώ το υπόλοιπο μετέβη στην κατηγορία των ζωντανών ατόμων. Τα μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας καταγράφηκαν στις 3 ημέρες έκθεσης, με το alpha-cypermethrin να παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό (31.3%), ακολουθούμενο από το deltamethrin(28.8%), το permethrin (26.3%) και το etofenprox (12.5%).



Διάγραμμα 17: Άμεσες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. granarium* (προνύμφες) μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίκτυο. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

T. granarium Larvae (Delayed Effect)

■ Control ■ Alpha-cypermethrin ■ Etofenprox ■ Deltamethrin ■ Permethrin

Ποσοστό Ζωντανών Ατόμων

30MIN

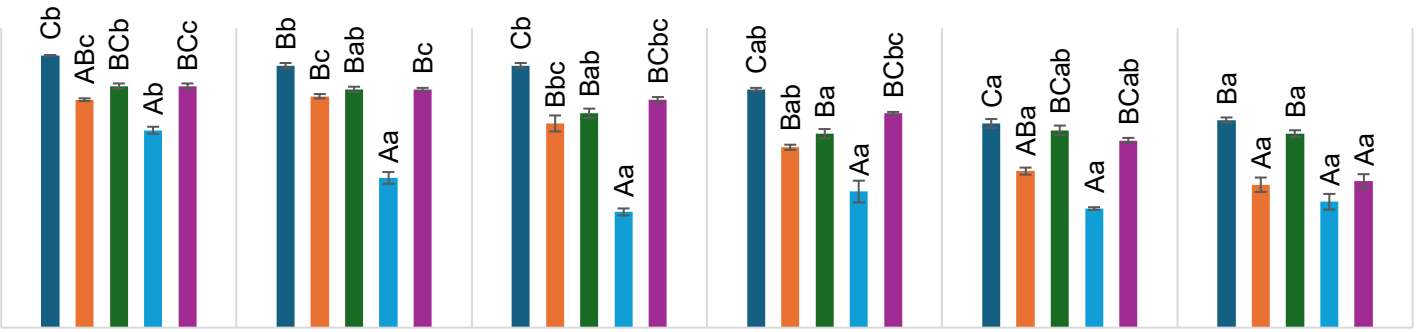
60MIN

4H

8H

24H

3DAYS



Ποσοστό Knockdown Ατόμων

30MIN

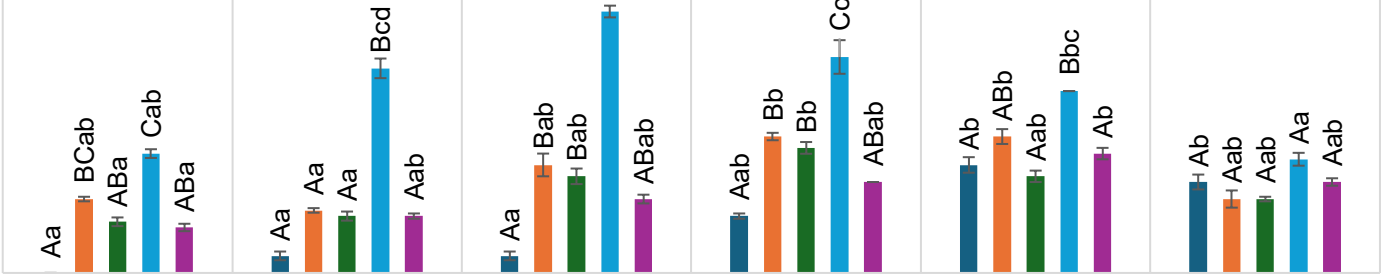
60MIN

4H

8H

24H

3DAYS



Ποσοστό Νεκρών Ατόμων

30MIN

60MIN

4H

8H

24H

3DAYS



Χρόνος Έκθεσης

Διάγραμμα 18: Καθυστερημένες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. granarium* προνύμφες μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

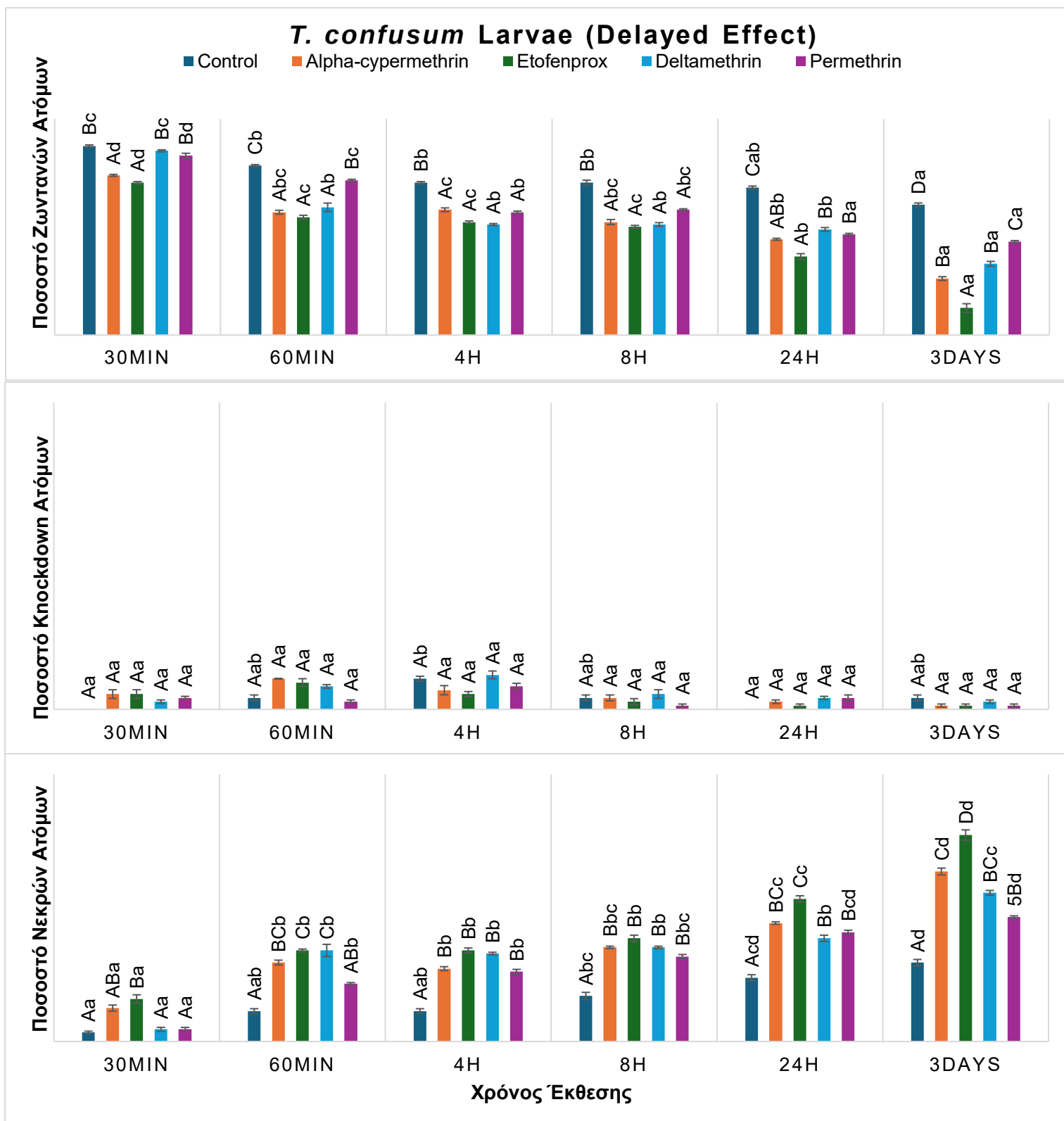
Επίδραση LLINs στις προνύμφες του *T. confusum*

Στην άμεση αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των δίκτυων έναντι των προνυμφών του *T. confusum*, το ποσοστό ζωντανών ατόμων μειώθηκε σημαντικά από τα πρώτα λεπτά έκθεσης για όλα τα εντομοκτόνα δίκτυα. Για τα δύο συντομότερα χρονικά διαστήματα έκθεσης το ποσοστό επιβίωσης κυμάνθηκε από 62.5 έως 71.3% και από 32.5 έως 52.5% για τα 30 και 60 λεπτά αντίστοιχα. Και στα δύο αυτά χρονικά διαστήματα η μεγαλύτερη μείωση του ποσοστού επιβίωσης καταγράφηκε για το etofenprox και το alpha-cypermethrin. Με την αύξηση του χρόνου έκθεσης των προνυμφών πάνω από 60 λεπτά, η επιβίωση σε όλες τις μεταχειρίσεις ήταν σχεδόν μηδενική, σε αντίθεση με τον μάρτυρα που διατήρησε ποσοστά μεγαλύτερα του 75% για όλους τους χρόνους έκθεσης. Εξαίρεση για το μάρτυρα αποτέλεσε η έκθεση των 3 ημερών, όπου υπήρξε μια περαιτέρω μείωση του ποσοστού επιβίωσης της τάξεως του 10%. Το ποσοστό των knockdown προνυμφών αυξήθηκε από τα πρώτα 30 λεπτά, με τις τιμές να κυμαίνονται μεταξύ 28.8% και 37.5%. Στη συνέχεια τα ποσοστά αυτά αυξήθηκαν με την αύξηση του χρόνου έκθεσης στα δίκτυα μέχρι και τις 8h. Στα δύο μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα έκθεσης οι τιμές των knockdown ατόμων μειώθηκαν, καθώς αυξήθηκε το ποσοστό των νεκρών. Η θνησιμότητα σχεδόν μηδενική στους πρώτους χρόνους έκθεσης, ενώ στις 24h και στις 3 ημέρες κυμάνθηκε από 3.8 έως 16.3% και 15 έως 42.5% αντίστοιχα.

Στις καθυστερημένες παρατηρήσεις τα ποσοστά επιβίωσης αυξήθηκαν σε σχέση με την άμεση αξιολόγηση, γεγονός που υποδεικνύει την μετάβαση των knockdown ατόμων σε ζωντανά. Ωστόσο, το μοτίβο της μείωσης της επιβίωσης με την αύξηση του χρόνου έκθεσης παρατηρείται και στη καθυστερημένη αξιολόγηση. Τα knockdown ποσοστά στις καθυστερημένες παρατηρήσεις ήταν εξαιρετικά χαμηλά με τις τιμές για όλες τις μεταχειρίσεις να κυμαίνονται κάτω από 12%. Παρόλο που μεγάλο ποσοστό των προνυμφών μετέβησαν από knockdown σε ζωντανά, ένα εξίσου σημαντικό ποσοστό δεν κατάφερε να επιβιώσει. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το ποσοστό της θνησιμότητας να αυξάνεται εκθετικά με την αύξηση του χρόνου έκθεσης με το etofenprox να εμφανίζει την υψηλότερη θνησιμότητα σε όλους του χρόνους έκθεσης, ακολουθούμενο από το alpha-cypermethrin. Το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας καταγράφηκε για το etofenprox με 85% νεκρών ατόμων στις 3 ημέρες, ακολουθούμενο από το alpha-cypermethrin με 70%.



Διάγραμμα 19: Άμεσες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. confusum* (προνύμφες) μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).



Διάγραμμα 20: Καθυστερημένες επιδράσεις στην κατάσταση (ζωντανό, παραλυμένο, νεκρό) του *T. confusum* (προνύμφες) μετά από έκθεση των ατόμων σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, permethrin, deltamethrin και etofenprox, καθώς επίσης και σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρας) για έξι διαφορετικές διάρκειες έκθεσης: 30 λεπτά, 1 ώρα, 4 ώρες, 8 ώρες, 24 ώρες και 3 ημέρες. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των δίχτυων για κάθε συγκεκριμένη διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Τα διαγράμματα που δεν φέρουν το ίδιο γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

4. Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της Βιοδοκιμής I από την εφαρμογή των εντομοκτόνων διχτύων (LLINs) στα δύο είδη κολεοπτέρων, το *T. granarium* και το *L. serricorne*, ανέδειξαν σαφείς διαφορές στην ευαισθησία και στην απόκριση μεταξύ των ειδών, αλλά και σε σχέση με τη διάρκεια έκθεσης. Όπως έχει αναφερθεί και από τους Domingue et al. (2020), με τη χρήση τέτοιων διχτύων, τα αποθηκευμένα προϊόντα μπορούν να προστατευθούν αποτελεσματικά από έντομα, συμπεριλαμβανομένου του *T. granarium*, ενός διαδεδομένου επιβλαβούς οργανισμού για πολλά γεωργικά προϊόντα. Στο πειράμα μας, το *T. granarium* παρουσίασε υψηλή ευαισθησία ήδη από τα πρώτα χρονικά διαστήματα έκθεσης. Παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των ζωντανών ατόμων από τα 60 λεπτά, κυρίως στα δίχτυα deltamethrin και alpha-cypermethrin, με αυξημένα ποσοστά knockdown. Στις καθυστερημένες παρατηρήσεις, η θνησιμότητα ξεπέρασε το 90% για ορισμένα δίχτυα (etofenprox, deltamethrin), ενώ το knockdown σχεδόν εκμηδενίστηκε, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα knockdown άτομα είχαν μεταπέσει σε κατάσταση μόνιμης θνησιμότητας. Παρόμοια αποτελέσματα καταγράφηκαν από τους Scheff et al. (2020), όπου περισσότερο από το 90% των ενηλίκων *T. granarium* καταγράφηκαν ως επηρεασμένα μέσα σε λιγότερο από 60 λεπτά και 100% θνησιμότητα εντός 24h συνεχούς επαφής με επιφάνειες εμποτισμένες με deltamethrin. Παρόλο που στη δική μας μελέτη η έκθεση περιορίστηκε σε πολύ μικρότερους χρόνους (μέχρι 2h), η καθυστερημένη θνησιμότητα μετά από 7 ημέρες αποκαλύπτει έντονη υπολειμματική δράση, πιθανώς ισοδύναμη με εκείνη της 24ωρης επαφής που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη των Scheff et al. (2020). Συμπληρωματικά, σε έρευνα που έκαναν οι Ranabhat et al. (2025b), οι προνύμφες *T. granarium* που εκτέθηκαν σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin (0,34 %) και deltamethrin (0,4 %) εμφάνισαν σημαντική ανάκαμψη εντός μίας εβδομάδας, με τα ποσοστά κινητών ατόμων να αυξάνονται προοδευτικά (72–168 h) μετά την αρχική knockdown κατάσταση. Επίσης, οι Athanassiou et al. (2015) μελέτησαν την δράση της ουσίας alpha-cypermethrin στον έλεγχο ενηλίκων και προνυμφών των ειδών *T. granarium* και *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) σε επιφάνειες από σκυρόδεμα και διαπίστωσαν ότι οι ενήλικες και των δύο ειδών παρουσίασαν υψηλή ευαισθησία.

Στην περίπτωση του *L. serricorne*, η ανθεκτικότητά του ήταν αξιοσημείωση και στα τέσσερα δίχτυα ανεξαρτήτου χρονικού διαστήματος έκθεσης. Τόσο τα ποσοστά

knockdown ατόμων όσο και η θνησιμότητα κυμάνθηκαν σε χαμηλά ποσοστά μικρότερα του 30% σε όλα τα χρονικά διαστήματα έκθεσης για όλες τις μεταχειρίσεις. Παράλληλα, η μελέτη των Rumbos et al. (2018), όπου αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα του alpha-cypermethrin εμποτισμένο σε δίχτυ (Carifend) έναντι του είδους *L. serricorne*, έδειξε ότι αν και η άμεση θνησιμότητα ήταν αμελητέα ακόμη και μετά από 24h, τα ποσοστά knockdown ήταν αρκετά υψηλά και κυμάνθηκαν μεταξύ 73.9% - 91.1% μετά από έκθεση τουλάχιστον 60 λεπτών. Σε μία άλλη μελέτη, οι Athanassiou et al. (2020) ανέφεραν ότι τα ενήλικα *L. serricorne*, παρά τη χαμηλή αρχική θνησιμότητα, εμφάνισαν επίπεδα ακινητοποίησης ανάλογα με την περιεκτικότητα σε alpha-cypermethrin (Carifend) και τη διάρκεια της έκθεσης. Η χαμηλή αποτελεσματικότητα ορισμένων πυρεθροειδών στο *L. serricorne* έχει αναφερθεί και από τους Zan Sui et al. (2023), οι οποίοι μελέτησαν πληθυσμούς του εντόμου στη βιομηχανία καπνού στην Κίνα, διαπιστώνοντας υψηλή ανθεκτικότητα στη βήτα-συφλουθρίνη μετά από χρόνια έκθεσης. Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι η εκτεταμένη χρήση πυρεθροειδών στο παρελθόν έχει οδηγήσει σε μειωμένη αποτελεσματικότητα, λόγω της αύξησης της ανθεκτικότητας του συγκεκριμένου είδους στα πυρεθροειδή, γεγονός που εξηγεί την αδυναμία επίτευξης ικανοποιητικών επιπέδων θνησιμότητας τόσο σε εργαστηριακές όσο και σε επιτόπιες εφαρμογές.

Συμπληρωματικά, οι Msango & Longwe (2013), ανέφεραν ότι τα εντομοκτόνα δίχτυα μεγάλης διάρκειας (LLINs) μπορούν να λειτουργήσουν κυρίως ως μέσο μακροχρόνιας πρόληψης της επαναπροσβολής από το *L. serricorne*, μειώνοντας σημαντικά την ανάγκη για επαναλαμβανόμενες εφαρμογές φωσφίνης. Η προσέγγιση αυτή, που εστιάζει στην προστασία του αποθηκευμένου προϊόντος για εκτεταμένα χρονικά διαστήματα αντί στην άμεση τοξικότητα και υποδεικνύει μια σημαντική συμπληρωματική στρατηγική ελέγχου. Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με τους Athanassiou et al. (2018), το alpha-cypermethrin έδειξε υψηλή αποτελεσματικότητα στον έλεγχο των εντόμων *L. serricorne* και *Ephestia ellutella* που προσβάλλουν τον αποθηκευμένο καπνό που το καθιστά μια πολλά υποσχόμενη επιλογή για εφαρμογή ως εναλλακτική λύση στις παραδοσιακές μεθόδους εντομοκτονίας, όπως η χρήση φωσφίνης.

Στη Βιοδοκιμή II, όπου οι εκθέσεις ήταν μεγαλύτερης διάρκειας και η βιοδοκιμή περιλάμβανε και αξιολόγηση μετά το πέρας 7 ημερών παρουσία τροφής από την έκθεση των εντόμων στα δίχτυα, παρατηρήθηκε σταθερά το μοτίβο: ταχεία άνοδος του

knockdown στις 4–8 h και προοδευτική μετατροπή του σε θνησιμότητα στις 24 h–3 days και μετά την 7η ημέρα. Στους μάρτυρες, η επιβίωση παρέμεινε υψηλή για όλα τα διαφορετικά χρονικά διαστήματα έκθεσης, επιβεβαιώνοντας ότι οι μεταβολές οφείλονται στην επίδραση των διχτύων. Μεταξύ των ειδών που εξετάστηκαν, το *R. dominica* εμφάνισε ταχεία και εκτεταμένη μείωση της επιβίωσης ακόμη και στα σύντομα χρονικά διαστήματα έκθεσης, ανεξαρτήτως τύπου LLIN. Επίσης, από τα έντομα στα οποία αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα των διχτύων, το *T. granarium* αναδείχθηκε ως το πιο ευαίσθητο είδος, λόγω των υψηλών ποσοστών θνησιμότητας μετά την πάροδο των 7 ημερών. Αντίθετα, τα ενήλικα των *O. surinamensis* και *T. confusum*, καθώς επίσης και οι προνύμφες του *T. granarium* έδειξαν μεγαλύτερη αντοχή στα αρχικά στάδια, με σταδιακή μείωση της επιβίωσης και διαφοροποιημένα επίπεδα knockdown και καθυστερημένης θνησιμότητας ανάλογα με το δίχτυ.

Πιο συγκεκριμένα τα ποσοστά knockdown για το *R. dominica* αυξήθηκαν ραγδαία εντός των πρώτων ωρών έκθεσης και έφτασαν τα μέγιστα επίπεδα πριν από την ολοκλήρωση του πρώτου 24ώρου. Η καθυστερημένη θνησιμότητα παρουσίασε σταθερή αύξηση, με τα knockdown άτομα να μετατρέπονται προοδευτικά σε νεκρά, οδηγώντας σε πολύ υψηλά ποσοστά θανάτου έως και την 7η ημέρα παρακολούθησης. Αντίστοιχα αποτελέσματα έχουν αναφερθεί και σε άλλες μελέτες, όπως αυτή των Ranabhat *et al.* (2025a), όπου κατέγραψαν ότι μετά από 60 λεπτά έκθεσης σε δίχτυα deltamethrin και alpha-cypermethrin, η θνησιμότητα των ενηλίκων *R. dominica* και *T. castaneum* ήταν 86–98 % υψηλότερη από τους μάρτυρες, ενώ η κινητικότητα μειώθηκε έως και 99 %. Επιπλέον, στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ότι ακόμη και σε ελάχιστη διάρκεια επαφής, της τάξης των 5 λεπτών, η θνησιμότητα του *R. dominica* ξεπερνούσε το 60% σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin, etofenprox και deltamethrin ενώ με την πάροδο του χρόνου παρακολούθησης, τα ποσοστά αυτά αυξήθηκαν σημαντικά. Αντίστοιχα, οι Morrison *et al.* (2018) έδειξαν ότι ακόμη και σε εξαιρετικά σύντομες εκθέσεις (σε δίχτυ deltamethrin 0.4% w/w τύπου ZeroFly), της τάξης του 1 λεπτού, μπορούν να προκαλέσουν έντονη μείωση της κινητικότητας και αυξημένο αποπροσανατολισμό, συγκριτικά με εκθέσεις μεγαλύτερης διάρκειας. Έκθεση μόλις 5 λεπτών ήταν επαρκής για να περιορίσει δραστικά ή να εμποδίσει σχεδόν πλήρως τη διασπορά των εντόμων, με το *R. dominica* να εμφανίζεται πιο ευαίσθητο από το *T. castaneum* στη δραστική deltamethrin (Morrison *et al.*, 2018). Σύμφωνα με τους Paloukas *et al.* (2019), το δίχτυ εμποτισμένο με alpha-cypermethrin παρουσίασε

ιδιαίτερα υψηλή αποτελεσματικότητα έναντι του *R. dominica*, το οποίο κατατάχθηκε ως το πιο ευαίσθητο μεταξύ των ειδών που εξετάστηκαν, με πλήρη θνησιμότητα (100%) να επιτυγχάνεται μετά από 14 ημέρες συνεχούς έκθεσης. Στην ίδια μελέτη περιλαμβάνονταν και άλλα είδη αποθηκευμένων προϊόντων, όπως *T. confusum* και *O. surinamensis*, που εξετάστηκαν και στην δική μας μελέτη, όπου επίσης καταγράφηκε η υψηλότερη ευαισθησία για το *R. dominica* συγκριτικά με τα υπόλοιπα είδη (Paloukas et al., 2019). Τα ευρήματα αυτά υποστηρίζουν ότι το carifend(εμποτισμένο με alpha-cypermethrin) μπορεί να αποτελέσει αξιόπιστη επιλογή ελέγχου πληθυσμών *R. dominica* σε σιτηρά και συναφή αμυλούχα προϊόντα. Αρκετά σημαντικό είναι, ότι όπως διαπιστώθηκε στη μελέτη των Ranabhat et al. (2025c), η παρουσία σκόνης τροφής (μέσω εμβάπτισης των διχτύων σε αλεύρι) δεν μείωσε την αποτελεσματικότητα τόσο του διχτυού alpha-cypermethrin (0,34%) όσο και του deltamethrin (0,4%) έναντι του *R. dominica*, καθώς τα ποσοστά επηρεασμένων και νεκρών ατόμων παρέμειναν συγκρίσιμα με αυτά χωρίς επικάλυψη. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις συνθήκες της αποθήκης, όπου η παρουσία υπολειμμάτων τροφής και σκόνης αποτελεί συχνό φαινόμενο που θα μπορούσε να επηρεάσει την απόδοση των μέτρων ελέγχου.

Μία σειρά ερευνών έχει αναδείξει ότι τα ενήλικα *T. confusum* χαρακτηρίζονται από μειωμένη ευαισθησία σε σύγκριση με άλλα έντομα αποθηκών απέναντι σε διάφορα εντομοκτόνα επαφής, ιδίως της ομάδας των πυρεθροειδών, γεγονός που το καθιστά πιο ανθεκτικό και δυσκολότερο στην καταπολέμηση (Arthur, 1998; Rumbos et al., 2014; Agraftoti et al., 2015; Athanassiou et al., 2021; Tsaganou et al., 2021). Αντίστοιχα, οι Agraftoti et al. (2021) σε εργαστηριακές δοκιμές με δίχτυ εμποτισμένο με alpha-cypermethrin, κατέδειξαν ότι το *T. confusum* ήταν το λιγότερο ευαίσθητο από τέσσερα εξεταζόμενα είδη κολεοπτέρων, καθώς η θνησιμότητα παρέμεινε κάτω από 50% ακόμη και μετά από παρατεταμένες εκθέσεις, σε αντίθεση με είδη όπως *O. surinamensis*, *S. oryzae* και *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae), στα οποία επιτεύχθηκε υψηλή θνησιμότητα (>90%) εντός των ίδιων χρονικών διαστημάτων έκθεσης. Τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με αυτά των Agraftoti et al. (2021), ενισχύοντας την άποψη ότι το *T. confusum* εμφανίζει αρκετά καλό επίπεδο ανοχής στα LLINs. Στη μελέτη της Twaibu (2023), το συγκεκριμένο είδος, εμφάνισε υψηλότερη ευαισθησία στο pirimiphos-methyl σε σχέση με πυρεθροειδή όπως το deltamethrin, παρά το γεγονός ότι η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε υπό διαφορετικό πειραματικό

πλαίσιο, δηλαδή σε συνεχόμενη επαφή με ψεκασμένα σιτηρά και όχι με LLINs. Σε ότι αφορά το προνυμφικό στάδιο τους είδους, οι Agrafioti et al. (2020), σε εργαστηριακές δοκιμές χρήσης “silica-coated” εντομοκτόνων διχτύων στην αντιμετώπιση προνυμφών *T. confusum*, διαπίστωσαν μικρή ευαισθησία με σημαντικά χαμηλότερη θνησιμότητα συγκριτικά με τα υπόλοιπα είδη, γεγονός που αποδόθηκε στο υψηλότερο επίπεδο φυσικής αντοχής του συγκεκριμένου σταδίου. Στο δικό μας πείραμα, είχαμε μέτρια ευαισθησία σε ότι αφορά τις άμεσες επιδράσεις ενώ η αποτελεσματικότητα ήταν ιδιαίτερα αυξημένη στην καθυστερημένη αξιολόγηση, με υψηλή θνησιμότητα στις μεγαλύτερες ώρες έκθεσης.

Τα πειραματικά μας δεδομένα για τις προνύμφες του είδους *T. granarium* έδειξαν καλή αποτελεσματικότητα σε ότι αφορά την knockdown κατάσταση με πολύ υψηλά ποσοστά από τους πρώτους κιόλας χρόνους έκθεσης. Η θνησιμότητα παρέμεινε σε μέτρια προς χαμηλά επίπεδα με τις προνύμφες είτε να ανακάμπτουν, είτε να παραμένουν στην knockdown κατάσταση ακόμα και μετά την καθυστερημένη αξιολόγηση. Σύμφωνα με τους Ranabhat et al. (2025b), οι προνύμφες *T. granarium* που εκτέθηκαν σε δίχτυα εμποτισμένα με alpha-cypermethrin (0,34 %) και deltamethrin (0,4 %) εμφάνισαν σημαντική ανάκαμψη εντός μίας εβδομάδας, με τα ποσοστά κινητών ατόμων να αυξάνονται προοδευτικά (72–168 h) μετά την αρχική knockdown κατάσταση. Τα ευρήματα αυτά ενισχύουν την άποψη ότι το προνυμφικό στάδιο του είδους εμφανίζει αυξημένη ανοχή στα πυρεθροειδή σε σχέση με τα ενήλικα παρουσιάζοντας χαμηλότερη άμεση θνησιμότητα ακόμη και μετά από 24–48 h έκθεσης. Ενδεχόμενη βελτίωση της αποτελεσματικότητας μέσω ενσωμάτωσης συνεργιστικών ουσιών παραμένει ένα πιθανό σενάριο (Ranabhat et al., 2025b). Επίσης σύμφωνα με τους Domingue et al. (2020), σε δοκιμές με προνύμφες *T. granarium* που εκτέθηκαν για σύντομα χρονικά διαστήματα (έως 30 λεπτά) σε δίχτυ deltamethrin, η έκθεση στα LLINs δεν φάνηκε να επηρεάζει ουσιαστικά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης και την εμφάνιση ενηλίκων από τις εκτεθειμένες προνύμφες.

Μια άλλη έρευνα των Agrafioti et al. (2021) ανέδειξε την υψηλή ευαισθησία του διχτυού εμποτισμένο με alpha-cypermethrin στο είδος *O. surinamensis*. Συγκεκριμένα καταγράφηκαν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας στις 24h έκθεσης, ενώ στην καθυστερημένη αξιολόγηση, η οποία πραγματοποιήθηκε 7 ημέρες μετά την έκθεση των ατόμων στο δίχτυ, παρατηρήθηκε σχεδόν πλήρης θνησιμότητα. Παρόμοια

αποτελέσματα καταγράφηκαν και στη δική μας έρευνα με γρήγορο knockdown κατά την έκθεση στα LLINs και ποσοστά που άγγιζαν το 85-90% στους μεγαλύτερους χρόνους της καθυστερημένης αξιολόγησης. Όπως αναφέρουν οι Agrafioti et al. (2015), η έκθεση σε δίχτυ με alpha-cypermethrin προκάλεσε ταχεία ακινητοποίηση των ενηλίκων *T. confusum* και *O. surinamensis*, υποδεικνύοντας ισχυρή knockdown δράση της δραστικής ουσίας σε αυτά τα είδη.

Συνολικά, τα αποτελέσματα των δύο βιοδοκιμών αναδεικνύουν τη δυνητικά υψηλή αποτελεσματικότητα των LLINs στην καταπολέμηση σημαντικών εχθρών αποθηκών, με τον βαθμό δράσης τους να εξαρτάται έντονα από το είδος, το αναπτυξιακό στάδιο και τον χρόνο έκθεσης. Όπως έδειξαν οι Agrafioti & Athanassiou (2018), η δράση της alpha-cypermethrin αποδείχθηκε ισχυρότερη σε εργαστηριακούς πληθυσμούς σε σύγκριση με πληθυσμούς που συλλέχθηκαν απευθείας από αποθηκευτικούς χώρους (πληθυσμοί πεδίου), υπογραμμίζοντας τη σημασία αυτού του παράγοντα για την εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν την πραγματική απόδοση. Παράλληλα, οι Athanassiou et al. (2023) τόνισαν ότι στα εργαστηριακά πρωτόκολλα η έκθεση των εντόμων στον τοξικό παράγοντα (LLINs) είναι συνεχής, σε αντίθεση με τις συνθήκες αποθήκευσης όπου η επαφή είναι συχνά αποσπασματική, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση της αποτελεσματικότητας. Παρά ταύτα, οι καθυστερημένες επιδράσεις των εντομοκτόνων δικτύων ήταν ιδιαίτερος έντονος, όπως έχει άλλωστε αναδειχθεί και στην τυποποιημένη σύνθεση του carifend (εμποτισμένο με alpha-cypermethrin) αλλά και άλλων LLINs, όπου η θνησιμότητα συνεχίζει να αυξάνεται σημαντικά αρκετές ημέρες μετά την αρχική έκθεση (Rumbos et al., 2018). Συμπερασματικά, τα LLINs θα μπορούσαν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο σε ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα, εφόσον συνδυάζονται με κατάλληλες στρατηγικές εφαρμογής ανάλογα με το είδος-στόχο και το περιβάλλον χρήσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μπουχέλος, Θ. Κ. (2018). *Εντομα αποθηκών και τροφίμων*. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα.
- Σταμόπουλος, Δ. Κ. (2013). *Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Θεσσαλονίκη.
- Abass, A. B., Ndunguru, G., Mamiro, P., Alenkhe, B., Mlingi, N., & Bekunda, M. (2014). Post-harvest food losses in a maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania. *Journal of Stored Products Research*, 57, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.12.004>
- Agrafioti, P., Arvanitakis, G., Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2021). Residual efficacy of an insecticide-coated net for the control of stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 93, 101824–101824. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101824>
- Agrafioti, P., & Athanassiou, C. G. (2018). Insecticidal effect of contact insecticides against stored product beetle populations with different susceptibility to phosphine. *Journal of Stored Products Research*, 79, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.06.002>
- 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142044>
- Agrafioti, P., Faliagka, S., Lampiri, E., Orth, M., Pätzelt, M., Katsoulas, N., & Athanassiou, C. G. (2020). Evaluation of Silica-Coated Insect Proof Nets for the Control of *Aphis fabae*, *Sitophilus oryzae*, and *Tribolium confusum*. *Nanomaterials*, 10(9), 1658. <https://doi.org/10.3390/nano10091658>
- Alonso, P. L., Lindsay, S. W., Armstrong, J. R. M., de Francisco, A., Shenton, F. C., Greenwood, B. M., Conteh, M., Cham, K., Hill, A. G., David, P. H., Fegan, G., & Hall, A. J. (1991). The effect of insecticide-treated bed nets on mortality of Gambian children. *The Lancet*, 337(8756), 1499–1502. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)93194-e](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)93194-e)
- Anonymous. (1986). *Stored Grain Insects*. Agricultural Research Services, United States Department of Agriculture, Washington, D.C.

- Anonymous. (1992). Parasitic and predaceous insects used to control insect pests: Exemption from a tolerance. *Federal Register*, 57(78).
- Arbogast, R. T. (1991). Beetles: Coleoptera. In Gorham, J. R. (Ed.), *Ecology and Management of Food-Industry Pests*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, pp. 131–150.
- Arbogast, R. T., Kendra, P. E., Mankin, R. W., & McDonald, R. C. (2002). Insect infestation of a botanicals warehouse in north-central Florida. *Journal of Stored Products Research*, 38(4), 349–363. [https://doi.org/10.1016/s0022-474x\(01\)00037-6](https://doi.org/10.1016/s0022-474x(01)00037-6)
- Arthur, F. H. (1996). Grain protectants: Current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research*, 32(4), 293–302. [https://doi.org/10.1016/s0022-474x\(96\)00033-1](https://doi.org/10.1016/s0022-474x(96)00033-1)
- Arthur, F. H. (2008). Aerosol distribution and efficacy in a commercial food warehouse. *Insect Science*, 15(2), 133–140. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00193.x>
- Arthur, F. H., & Campbell, J. F. (2008). Distribution and efficacy of pyrethrin aerosol to control *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) in food storage facilities. *Journal of Stored Products Research*, 44(1), 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2007.04.001>
- Arthur, F. H., Ondier, G. O., & Siebenmorgen, T. J. (2012). Impact of *Rhyzopertha dominica* (F.) on quality parameters of milled rice. *Journal of Stored Products Research*, 48, 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.10.010>
- Arthur, F. H., & Subramanyam, B. (2012, September). *Chemical control in stored products*. Handle.net; Kansas State University. <http://hdl.handle.net/2097/21610>
- Athanassiou, C. G., & Arthur, F. H. (2018). Recent Advances in Stored Product Protection. In *Springer eBooks*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56125-6>
- Athanassiou, C. G., & Kavallieratos, N. G. (2005). Insecticidal effect and adherence of PyriSec® in different grain commodities. *Crop Protection*, 24(8), 703–710. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.12.004>
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., & Andris, N. S. (2004). Insecticidal Effect of Three Diatomaceous Earth Formulations Against Adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on Oat, Rye, and

Triticale. *Journal of Economic Entomology*, 97(6), 2160–2167.
<https://doi.org/10.1093/jee/97.6.2160>

Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Arthur, F. H., & Nakas, C. T. (2021). Rating knockdown of flour beetles after exposure to two insecticides as an indicator of mortality. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78982-z>

Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Boukouvala, M. C., Mavroforos, M. E., & Kontodimas, D. C. (2015). Efficacy of alpha-cypermethrin and thiamethoxam against *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) and *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) on concrete. *Journal of Stored Products Research*, 62, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.04.003>

Athanassiou, C. G., Rumbos, C. I., Stephou, V. K., Sakka, M., Schaffert, S., Sterz, T., Bozoglou, C., Klitsiniris, P., & Austin, J. W. (2019). Field evaluation of Carifend® net for the protection of stored tobacco from storage insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 81, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.12.005>

Athanassiou, C. G., Sakka, M. K., Rumbos, C. I., Schaffert, S., Sterz, T., Bozoglou, C., Klitsiniris, P., & Austin, J. W. (2022). Efficacy of Nets Coated with Different Concentrations of Alpha-Cypermethrin against Two Major Pests of Stored Tobacco. *Agronomy*, 13(1), 40. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010040>

Balasubramani, V., Mohan, S., & Ragumoorthi, K. N. (2003). *Storage Entomology: An Introduction*. Tamil Nadu Agricultural University (TNAU), Coimbatore, India, pp. 100.

Berhe, M., Subramanyam, B., Demissie, G., Chichaybelu, M., Abera, F. A., Mahroof, R., & Harvey, J. (2023). Impact of storage technologies and duration on insect pest population, post-harvest losses, and seed quality of stored chickpea in Ethiopia. *Pest Management Science*, 80(2), 518–532. <https://doi.org/10.1002/ps.7781>

Bezabih, G., Satheesh, N., Workneh Fanta, S., Wale, M., & Atlabachew, M. (2022). Reducing Postharvest Loss of Stored Grains Using Plant-Based Biopesticides: A Review of Past Research Efforts. *Advances in Agriculture*, 2022, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2022/6946916>

Bomzan, D. P., Bhavya, M. L., Chandu, A. G. S., Manivannan, S., Lavanya, G., Ramasamy, K., & Pasha, A. (2018). Potential of pyrethroid-synergised pyrethrum on stored product

insects and implications for use as prophylactic sprays. *Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2270–2278. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3144-8>

Bousquet, Y. (1990). *Beetles Associated With Stored Products in Canada: An Identification Guide* (pp. 163–203). Canadian Government Publishing Centre.

Boxall, R. A. (2001). Post-harvest losses to insects—a world overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 48(1-4), 137–152. [https://doi.org/10.1016/s0964-8305\(01\)00076-2](https://doi.org/10.1016/s0964-8305(01)00076-2)

Burges, H. D. (1962). Studies on the Dermestid beetle *Trogoderma granarium* Everts. V.—Reactions of diapause larvae to temperature. *Bulletin of Entomological Research*, 53(1), 193–213. <https://doi.org/10.1017/s0007485300048057>

Burkholder, W. E. (1990). Practical use of pheromones and other attractants for stored-product insects. *Behavior-modifying chemicals for insect management: applications of pheromones and other attractants*. Marcel Dekker, New York, 497-516.

Campagnoli, A., Cheli, F., Polidori, C., Zaninelli, M., Zecca, O., Savoini, G., Pinotti, L., & Dell’Orto, V. (2011). Use of the Electronic Nose as a Screening Tool for the Recognition of Durum Wheat Naturally Contaminated by Deoxynivalenol: A Preliminary Approach. *Sensors*, 11(5), 4899–4916. <https://doi.org/10.3390/s110504899>

Campagnoli, A., Cheli, F., Savoini, G., Crotti, A., Pastori, M., & Dell’Orto, V. (2009). Application of an electronic nose to detection of aflatoxins in corn. *Veterinary Research Communications*, 33(S1), 273–275. <https://doi.org/10.1007/s11259-009-9305-5>

Chambers, J. (1990). Overview on stored-product insect pheromones and food attractants. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 63(4), 490–499.

Cogburn, R. R. (1973). Stored-Product Insect Populations in Boxcars Delivering Flour and Rice to Gulf Coast Ports. *Environmental Entomology*, 2(3), 427–432. <https://doi.org/10.1093/ee/2.3.427>

DeCoursey, J. D. (1931). A Method of Trapping the Confused flour Beetle, *Tribolium confusum* Duval. *Journal of Economic Entomology*, 24(5), 1079–1081. <https://doi.org/10.1093/jec/24.5.1079>

- Dhang, P. (2021). Usefulness of Conventional UV Light Traps in Capturing Stored Product Pests. *FAOPMA*, 49–51. https://faopma.com/Resources/FMFiles/Magazines/202101/FAOPMA%20January%202021%20Issue_Usefulness%20of%20UV%20Light%20Traps.pdf
- Dobie, P., Haines, C. P., Hodges, R. J., & Prevett, P. F. (1984). *Insects and Arachnids of Tropical Stored Products* (p. 273). Tropical Development and Research Institute.
- Domingue, M. J., Scheff, D. S., Arthur, F. H., & Myers, S. W. (2021). Sublethal exposure of *Trogoderma granarium* everts (Coleoptera: Dermestidae) to insecticide-treated netting alters thigmotactic arrestment and olfactory-mediated anemotaxis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 171(104742), 104742. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104742>
- Edde, P. A., & Phillips, T. W. (2006). Longevity and pheromone output in stored-product Bostrichidae. *Bulletin of Entomological Research*, 96(6), 547–554. <https://doi.org/10.1017/ber2006456>
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2013). PM 7/13 (2) *Trogoderma granarium*. *EPPO Bulletin*, 43(3), 431–448. <https://doi.org/10.1111/epp.12080>
- FAO. (2019). *The state of food and agriculture. 2019, Moving forward on food loss and waste reduction*. Food And Agriculture Organization of the United Nations. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288f-dc78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content>
- Fleurat-Lessard, F. (2002). Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. *Journal of Stored Products Research*, 38(3), 191–218. [https://doi.org/10.1016/s0022-474x\(01\)00022-4](https://doi.org/10.1016/s0022-474x(01)00022-4)
- Flinn, P. W., Hagstrum, D. W., & Muir, W. E. (1997). Effects of Time of Aeration, Bin Size, and Latitude on Insect Populations in Stored Wheat: A Simulation Study. *Journal of Economic Entomology*, 90(2), 646–651. <https://doi.org/10.1093/jee/90.2.646>
- Gowen, A., Odonnell, C., Cullen, P., Downey, G., & Frias, J. (2007). Hyperspectral imaging – an emerging process analytical tool for food quality and safety control. *Trends in Food Science & Technology*, 18(12), 590–598. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.06.001>

- Guedes, C., Dover, B. A., & Kambhampati, S. (1996). Resistance to Chlorpyrifos-Methyl, Pirimiphos-Methyl, and Malathion in Brazilian and U.S. Populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Economic Entomology*, 89 (1), 27–32.
<https://doi.org/10.1093/jee/89.1.27>
- Hagstrum, D. W., Dowdy, A. K., & Lippert, G. E. (1994). Early Detection of Insects in Stored Wheat Using Sticky Traps in Bin Headspace and Prediction of Infestation Level. *Environmental Entomology*, 23(5), 1241–1244.
<https://doi.org/10.1093/ee/23.5.1241>
- Hagstrum, D. W., Flinn, P. W., & Subramanyam, Bh. (1998). Predicting insect density from probe trap catch in farm-stored wheat. *Journal of Stored Products Research*, 34(4), 251–262. [https://doi.org/10.1016/s0022-474x\(98\)00006-x](https://doi.org/10.1016/s0022-474x(98)00006-x)
- Hagstrum, D. W., & Phillips, T. W. (2017). Evolution of Stored-Product Entomology: Protecting the World Food Supply. *Annual Review of Entomology*, 62(1), 379–397.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035146>
- Hagstrum, D. W., Phillips, T. W., & Cuperus, G. W. (2012). *Stored product protection*. Kansas State University.
- Hagstrum, D. W., & Subramanyam, B. (2009). *Stored-product Insect Resource*. Woodhead Publishing and AACC International Press.
- Haines, C. P. (1984). Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products: The use of predators and parasites. *Tropical Stored Products Information*, 48, 17–25.
- Hayhurst, H. (1942). *Insect Pests in Stored Products*. Chapman and Hall Ltd London.
<https://archive.org/details/dli.ernet.19103>
- Heaps, J. W. (2006). *Insect management for food storage and processing* (Second Edition). Aacc International, Cop. Chapter: Modified Atmospheres for the Control of Stored-Product Insects and Mites.
- Hinton, H. E. (1945). A Monograph of the Beetles Associated with Stored Products. *Annals of the Entomological Society of America*, 38(4), 602–602.
<https://doi.org/10.1093/aesa/38.4.602>

- Hodges, R. J., Robinson, R., & Hall, D. R. (1996). Quinone contamination of dehusked rice by *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 32(1), 31–37. [https://doi.org/10.1016/0022-474x\(95\)00036-7](https://doi.org/10.1016/0022-474x(95)00036-7)
- Howe, R. W. (1960). The Effects of Temperature and Humidity on the Rate of Development and the Mortality of *Tribolium confusum* Duval (Coleoptera, Tenebrionidae). *Annals of Applied Biology*, 48(2), 363–376. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1960.tb03532.x>
- Howe, R. W. (1957). A Laboratory Study of the Cigarette Beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Col., Anobiidae) with a critical Review of the Literature on its Biology. *Bulletin of Entomological Research*, 48(1), 9–56. <https://doi.org/10.1017/s0007485300054079>
- Hussain, A. R. E. (2007). Important Insect Pests of Date Palm, Recent Status and Control Strategy. *the Second International Conference of Economic Entomology*, 2, 361–374. <http://nile.enal.sci.eg/EALE/2007/ICEE/Conf/207/361.pdf>
- Jay, E. (1986). Factors affecting the use of carbon dioxide for treating raw and processed agricultural products. In *Proceedings of the GASGA Seminar on Fumigation Technology in Developing Countries* (pp. 172–189). Slough, Berkshire.
- Kashil, K. P. (1981). Controlling pests in stored grain with carbon dioxide. *Span*, 24(2), 69–71. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19812411734>
- Klein, R. M. (1986). Pictorial Guide for Rapid Identification of Common Adult Storage Insects. *Journal of Food Protection*, 49(2), 154–160. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-49.2.154>
- Krawczyk, G., Morin, H., & Hirst, C. (2019). Alternative methods to manage brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* - IOBC-WPRS. *IOBC-WPRS*, 146(1), 114–118. <https://iobc-wprs.org/product/alternative-methods-to-manage-brown-marmorated-stink-bug-halyomorpha-halys/>
- Kumar, R. (2017). *Insect Pests of Stored Grain: Biology, Behavior, and Management Strategies* (pp. 74–120). Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9781315365695>
- Lindgren, D. L., & Vincent, L. E. (1959). Biology and Control of *Trogoderma granarium* Everts¹. *Journal of Economic Entomology*, 52(2), 312–319. <https://doi.org/10.1093/jee/52.2.312>

- Mahroof, R. M., Edde, P. A., Robertson, B., Puckette, J. A., & Phillips, T. W. (2010). Dispersal of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in Different Habitats. *Environmental Entomology*, 39(3), 930–938. <https://doi.org/10.1603/en09243>
- Mbata, G. N., & Phillips, T. W. (2001). Effects of Temperature and Exposure Time on Mortality of Stored-Product Insects Exposed to Low Pressure. *Journal of Economic Entomology*, 94(5), 1302–1307. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.5.1302>
- McKay, T., Starkus, L., Ranabhat, S., Zhu, K. Y., & Morrison, W. R. (2024). Efficacy of food dust on long-lasting insecticide netting at food facilities. *Journal of Economic Entomology*. (in press).
- Mollaie, M., Izadi, H., & Dashti, H. (2011). Efficacy of spinosad against three stored-product insect pests. *Iranian Journal of Entomology*, 1, 8–12. http://academia.edu/5473300/Efficacy_of_Spinosad_against_three_stored_product_insect_species
- Morrison, W. R., Wilkins, R. V., Gerken, A. R., Scheff, D. S., Zhu, K. Y., Arthur, F. H., & Campbell, J. F. (2018). Mobility of Adult *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) After Exposure to Long-Lasting Insecticide-Incorporated Netting. *Journal of Economic Entomology*, 111(5), 2443–2453. <https://doi.org/10.1093/jee/toy173>
- Msango, K. R., & Longwe, L. L. (2013). Efficacy of Long-Lasting Insecticidal Net (LLIN) In Controlling Tobacco Beetle (*Lasioderma serricorne*) in Malawi. *Tobacco Science*, 50(1), 31–33. <https://doi.org/10.3381/13-031.1>
- Mullen, M. A., & Arbogast, R. T. (1979). Time-Temperature-Mortality Relationships for Various Stored-Product Insect Eggs and Chilling Times for Selected Commodities²³. *Journal of Economic Entomology*, 72(4), 476–478. <https://doi.org/10.1093/jee/72.4.476>
- Navarro, S., Donahaye, E., & Dias, R. (1991). Insects of stored products. *Israel Agriculture Research Organization & Ministry of Health*, pp. 87.
- Nualvatna, K., Makathan, N., Chavapradit, C., Kitkuandee, K., & Uraichuan, J. (2003). The use of light traps for attracting stored-product insects in a rice mill and paddy seed

stores. Advances in stored product protection. *Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection*, York, UK, 22-26 July 2002. pp. 244–247.

Okumura, G. T. (1967). A report of cantharidiasis and allergy caused by *Trogoderma* (Coleoptera: Dermestidae). *California Vector Views*, 14(3), 19–24.

Pearson, T. C., Brabec, D. L., & Schwartz, C. R. (2003). Automated Detection of Internal Insect Infestations in Whole Wheat Kernels Using a Perten SKCS 4100. *Applied Engineering in Agriculture*, 19(6), 727–733. <https://doi.org/10.13031/2013.15654>

Perez-Mendoza, J., Dover, B. A., Hagstrum, D. W., & Baker, J. E. (1998). Flight Activity of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in Response to Feeding Damage and Accumulation of Waste. *Journal of Economic Entomology*, 91(6), 1445–1448. <https://doi.org/10.1093/jee/91.6.1445>

Phillips, T.W., Cogan, P.M., Fadamiro, H.Y. (2000). Pheromones. In: Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (eds) *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4353-4_10

Plarre, R., & Reichmuth, F. (2000). *Impact*. Springer EBooks, 401–417. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4353-4_14

Rajendran, S. (2002). Postharvest pest losses. In: Pimentel, D. (Ed.), *Encyclopedia of Pest Management*, Marcel Dekker, New York, pp. 654–656.

Rajendran, S. (2005). Detection of Insect Infestation in Stored Foods. *Advances in Food and Nutrition Research*, 163–232. [https://doi.org/10.1016/s1043-4526\(05\)49005-1](https://doi.org/10.1016/s1043-4526(05)49005-1)

Rajendran, S. (2020). Insect Pest Management in Stored Products. *Outlooks on Pest Management*, 31(1), 24–35. https://doi.org/10.1564/v31_feb_05

Ranabhat, S., Abshire, J., James, A., Scheff, D. S., Bingham, G. V., Zhu, K. Y., & Morrison, W. R. (2025). Direct lethality and time-delayed sublethal effects of multiple types of insecticide netting against stored product insects. *Journal of Economic Entomology*, 118(3). <https://doi.org/10.1093/jee/toaf059>

Ranabhat, S., Altunç, Y. E., Athanassiou, C. G., Zhu, K. Y., & Morrison, W. R. (2024). Efficacy of long-lasting insecticide-incorporated netting in controlling preharvest and

postharvest pest insects: a meta-analysis study. *Entomologia Generalis*, 44(6), 1441–1458. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2024/2743>

Ranabhat, S., Domingue, M. J., Myers, S. W., Zhu, K. Y., & Morrison, W. R. (2025). Delayed recovery and sublethal effects on the semiochemical-mediated taxis by khapra beetle after exposure to long-lasting insecticide-incorporated netting. *Journal of Stored Products Research*, 112(102615), 102615–102615. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2025.102615>

Ranabhat, S., Mutlu, Ç., Bingham, G. V., Abshire, J., McKay, T., Zhu, K. Y., & Morrison, W. R. (2025). Spillage and food dust do not decrease efficacy of long-lasting insecticide-incorporated netting against stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 112(102662), 102662–102662. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2025.102662>

Ranabhat, S., Zhu, K. Y., Bingham, G. V., & Morrison, W. R. (2022). Mobility of Phosphine-Susceptible and -Resistant *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) After Exposure to Controlled Release Materials with Existing and Novel Active Ingredients. *Journal of Economic Entomology*, 115(3), 888–903. <https://doi.org/10.1093/jee/toac033>

Rao, H. R. G., & Wilbur, D. A. (1972). Loss of wheat weight from feeding of lesser grain borer. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 45, 237–241.

Rees, D. P. (1985). Review of the response of stored product insects to light of various wavelengths, with particular reference to the design and use of light traps for population monitoring. *Tropical Science*, 25(3), 197–213.

Rees, D. (2004). *Insects of Stored Products*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 110–140.

Ridgway, C., & Chambers, J. (1996). Detection of External and Internal Insect Infestation in Wheat by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71(2), 251–264. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0010\(199606\)71:2%3C251::aid-jsfa579%3E3.0.co;2-a](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0010(199606)71:2%3C251::aid-jsfa579%3E3.0.co;2-a)

Rumbos, C. I., Sakka, M., Schaffert, S., Sterz, T., Austin, J. W., Bozoglu, C., Klitsinaris, P., & Athanassiou, C. G. (2018). Evaluation of Carifend®, an alpha-cypermethrin-coated polyester net, for the control of *Lasioderma serricorne* and *Ephestia elutella* in stored

tobacco. *Journal of Pest Science*, 91(2), 751–759. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0947-8>

Runner, G. A. (1919). *The tobacco beetle: an important pest in tobacco products*. Washington, D.C. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.64425>

Sadeghi, R., & Jamshidnia, A. (2014). Effects of nitrogen and carbon dioxide mixtures on the mortality of five stored-product insects. *Romanian Journal of Plant Protection*, 7.

Sauer, D. B. (1992). *Storage of Cereal Grains and Their Products* (pp. 313–340). Amer Assn of Cereal Chemists.

Scheff, D. S., Arthur, F. H., Myers, S. W., & Domingue, M. J. (2020). Efficacy Determination of Commercial Deltamethrin-Treated Storage Bags on *Trogoderma granarium* Everts Adults and Larvae. *Agronomy*, 10(6), 814–814. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060814>

Sekhon, R. K., Schilling, M. W., Phillips, T. W., Aikins, R. M. J., Hasan, M. M., Nannapaneni, R., & Mikel, W. B. (2010). Effects of Carbon Dioxide and Ozone Treatments on the Volatile Composition and Sensory Quality of Dry-Cured Ham. *Journal of Food Science*, 75(5), C452–C458. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01646.x>

Shah, M. A., & Khan, A. A. (2014). Imaging techniques for the detection of stored product pests. *Applied Entomology and Zoology*, 49(2), 201–212. <https://doi.org/10.1007/s13355-014-0254-2>

Simmons, P., & Nelson, H. D. (1975). *Insects on Dried Fruits (Agriculture Handbook 464)* (pp. 1–9). Washington D.C.

Solomon, M. E., & Adamson, B. E. (1955). The power of survival of storage and domestic pests under winter conditions in Britain. *Bulletin of Entomological Research*, 46, 311–355.

Stejskal, V., Vendl, T., Aulicky, R., & Athanassiou, C. (2021). Synthetic and Natural Insecticides: Gas, Liquid, Gel and Solid Formulations for Stored-Product and Food-Industry Pest Control. *Insects*, 12(7), 590. <https://doi.org/10.3390/insects12070590>

Stuart, M. K., Barak, A. V., & Burkholder, W. E. (1994). Immunological identification of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Products Research*, 30(1), 9–16. [https://doi.org/10.1016/0022-474x\(94\)90267-4](https://doi.org/10.1016/0022-474x(94)90267-4)

- Su, Z., Sun, Q., Cheng, X., & Hu, Y. (2023). Beta-cyfluthrin Resistance of Cigarette Beetle *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) and its Control Using Imidacloprid Space Sprays. *Entomology and Applied Science Letters*, 10(3), 18–28. <https://doi.org/10.51847/pvkv7t8pen>
- Tabashnik, B. E. (1990). Modeling and Evaluation of Resistance Management Tactics. *Springer EBooks*, 153–182. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6429-0_6
- Toews, M. D., Campbell, J. F., & Arthur, F. H. (2010). The presence of flour affects the efficacy of aerosolized insecticides used to treat the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. *Journal of Insect Science*, 10(196), 1–14. <https://doi.org/10.1673/031.010.19601>
- Toews, M. D., Campbell, J., Arthur, F. H., & Ramaswamy, S. B. (2006). Outdoor flight activity and immigration of *Rhyzopertha dominica* into seed wheat warehouses. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 121(1), 73–85. <https://doi.org/10.1111/j.1570-8703.2006.00462.x>
- Toews, M. D., & Nansen, C. (2012). *Trapping and interpreting captures of stored grain insects* (pp. 243–262). Kansas State University.
- Trematerra, P., Gentile, P., Brunetti, A., Collins, L. M., & Chambers, J. K. (2007). Spatio-temporal analysis of trap catches of *Tribolium confusum* du Val in a semolina-mill, with a comparison of female and male distributions. *Journal of Stored Products Research*, 43(4), 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.03.002>
- Tsaganou, F. K., Vassilakos, T. N., & Athanassiou, C. G. (2020). Knockdown-Mortality Responses of Six Stored-Product Beetle Species on Different Surfaces Treated with Thiamethoxam, Using a Standardized Lethality Index. *Journal of Economic Entomology*, 114(1), 430–439. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa272>
- Twaibu, A. A. (2023). *Toxicity of different insecticides to Sitophilus oryzae, Tribolium castaneum and Tribolium confusum infesting corn* (master's thesis). University of Arkansas, Fayetteville, USA.
- Van Golen, J., & Vroom, N. (2025). EcO2 Controlled Atmosphere; Low-Oxygen disinfestation of post-harvest Commodities, Structures, Silos and (export/import) Containers. *CABI Digital Library Terms & Conditions*, 123 1-6.

- Vassilakos, T. N., Athanassiou, C. G., Sağlam, Ö., Chloridis, A., & Dripps, J. E. (2012). Insecticidal effect of spinetoram against six major stored grain insect species. *Journal of Stored Products Research*, 51, 69–73. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.06.006>
- Waguri, S., Ogino, S., Kitashima, Y., & Gotoh, T. (2016). Effect of light trap size and location on capturing of cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae). *Medical Entomology and Zoology*, 67(2), 87–91. <https://doi.org/10.7601/mez.67.87>
- Yang, G., Kim, D., Pham, A., & Paul, C. (2018). A Meta-Regression Analysis of the Effectiveness of Mosquito Nets for Malaria Control: The Value of Long-Lasting Insecticide Nets. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 546. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030546>

Βιοδοκιμή Ι							
<i>T. granarium</i>		Ζωντανά		Knockdown		Νεκρά	
	df	F	P	F	P	F	P
Χρόνος έκθεσης	2	180.736	<0.001	314.813	<0.001	2.216	0.112
Δίχτυα	4	476.926	<0.001	433.647	<0.001	48.255	<0.001
Effect	3	86.986	<0.001	487.766	<0.001	729.216	<0.001
Time*Nets	8	15.878	<0.001	25.389	<0.001	0.660	0.726
Time*Effect	6	85.091	<0.001	140.268	<0.001	0.565	0.758
Nets*Effect	12	25.468	<0.001	61.580	<0.001	11.184	<0.001
Time*Nets*Effect	24	6.274	<0.001	10.843	<0.001	0.523	0.968
<i>L. serricorne</i>		Ζωντανά		Knockdown		Νεκρά	
	df	F	P	F	P	F	P
Χρόνος έκθεσης	2	33.531	<0.001	68.861	<0.001	4.245	0.016
Δίχτυα	4	25.505	<0.001	39.284	<0.001	2.262	0.034
Effect	3	80.068	<0.001	306.371	<0.001	28.366	<0.001
Time*Nets	8	4.046	<0.001	6.329	<0.001	0.544	0.822
Time*Effect	6	20.874	<0.001	45.318	<0.001	2.611	0.019
Nets*Effect	12	8.279	<0.001	22.363	<0.001	0.989	0.462
Time*Nets*Effect	24	1.460	0.086	3.629	<0.001	0.332	0.999

Πίνακας 1. Κύρια αποτελέσματα και αλληλεπιδράσεις (διμερείς και τριμερείς) από την πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (GLM–MANOVA) για δύο είδη εντόμων (*T. granarium*, *L. serricorne*) σε σχέση με τις καταστάσεις των ενηλίκων (ζωντανά, knockdown, νεκρά) στη Βιοδοκιμή Ι.

Βιοδοκιμή II							
<i>O. surinamensis</i>		Ζωντανά		Knockdown		Νεκρά	
	df	F	P	F	P	F	P
Χρόνος	5	277.912	<0.001	254.671	<0.001	445.743	<0.001
Δίχτυα	4	705.735	<0.001	687.510	<0.001	129.231	<0.001
Effect	1	1694.015	<0.001	10207.767	<0.001	546.264	<0.001
Time*Nets	20	15.981	<0.001	23.264	<0.001	13.337	<0.001
Time*Effect	5	55.830	<0.001	265.981	<0.001	15.299	<0.001
Nets*Effect	4	172.048	<0.001	660.226	<0.001	82.608	<0.001
Time*Nets*Effect	20	9.591	<0.001	28.826	<0.001	4.913	<0.001
<i>T. granarium</i> (ενήλικα)		Ζωντανά		Knockdown		Νεκρά	
	df	F	P	F	P	F	P
Χρόνος	5	39.869	<0.001	301.249	<0.001	95.706	<0.001
Δίχτυα	4	372.508	<0.001	2136.479	<0.001	13.631	<0.001
Effect	1	1.162	0.282	32967.434	<0.001	3691.632	<0.001
Time*Nets	20	1.083	0.370	26.672	<0.001	2.411	<0.001
Time*Effect	5	7.960	<0.001	298.491	<0.001	16.370	<0.001
Nets*Effect	4	207.668	<0.001	2012.062	<0.001	3.825	0.005
Time*Nets*Effect	20	0.867	0.629	23.736	<0.001	1.580	0.062

<i>T. confusum</i> (ενήλικα)		Ζωντανά		Knockdown		Νεκρά	
	df	F	P	F	P	F	P
Χρόνος	5	122.242	<0.001	109.535	<0.001	34.486	<0.001
Δίκτυα	4	716.722	<0.001	756.740	<0.001	26.391	<0.001
Effect	1	7100.185	<0.001	9838.081	<0.001	54.820	<0.001
Time*Nets	20	15.655	<0.001	21.517	<0.001	10.172	<0.001
Time*Effect	5	69.486	<0.001	101.561	<0.001	14.675	<0.001
Nets*Effect	4	449.366	<0.001	630.248	<0.001	12.386	<0.001
Time*Nets*Effect	20	20.545	<0.001	22.051	<0.001	3.873	<0.001
<i>R. dominica</i>		Ζωντανά		Knockdown		Νεκρά	
	df	F	P	F	P	F	P
Χρόνος	5	76.610	<0.001	162.939	<0.001	182.808	<0.001
Δίκτυα	4	1614.966	<0.001	921.926	<0.001	262.354	<0.001
Effect	1	638.343	<0.01	13731.857	<0.001	2250.718	<0.001
Time*Nets	20	2.640	<0.001	34.161	<0.001	12.230	<0.001
Time*Effect	5	43.730	<0.001	148.911	<0.001	22.257	<0.001
Nets*Effect	4	66.066	<0.001	831.540	<0.001	120.283	<0.001
Time*Nets*Effect	20	2.350	<0.002	33.483	<0.001	7.937	<0.001

<i>T. granarium</i> (προνύμφη)		Ζωντανά		Knockdown		Νεκρά	
	df	F	P	F	P	F	P
Χρόνος	5	63.316	<0.001	35.570	<0.001	115.459	<0.001
Δίχτυα	4	747.099	<0.001	761.161	<0.001	31.803	<0.001
Effect	1	3666.361	<0.001	4866.535	<0.001	41.761	<0.001
Time*Nets	20	3.697	<0.001	6.296	<0.001	11.486	<0.001
Time*Effect	5	7.619	<0.001	1.623	0.156	14.986	<0.001
Nets*Effect	4	331.659	<0.001	416.502	<0.001	3.942	0.004
Time*Nets*Effect	20	2.218	<0.001	2.804	<0.001	1.891	0.015
<i>T. confusum</i> (προνύμφη)		Ζωντανά		Knockdown		Νεκρά	
	df	F	P	F	P	F	P
Χρόνος	5	890.533	<0.001	272.925	<0.001	337.819	<0.001
Δίχτυα	4	1085.368	<0.001	513.457	<0.001	94.193	<0.001
Effect	1	2946.299	<0.001	10110.294	<.0001	2127.123	<0.001
Time*Nets	20	17.964	<0.001	12.570	<0.001	8.062	<0.001
Time*Effect	5	129.292	<0.001	259.321	0.156	43.001	<0.001
Nets*Effect	4	280.839	<0.001	486.243	<0.001	38.379	0.004

Time*Nets*Effect	20	11.574	<0.001	13.206	<0.001	1.594	0.058
------------------	----	--------	--------	--------	--------	-------	-------

Πίνακας 2. Κύρια αποτελέσματα και αλληλεπιδράσεις (διμερείς και τριμερείς) από την πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (GLM-MANOVA) για τέσσερα είδη εντόμων σε σχέση με τις καταστάσεις των ενηλίκων και προνυμφών (ζωντανά, knockdown, νεκρά) στη Βιοδοκιμή II.

<i>T. granarium</i> – 0h				
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	5min	60min	120min
Control	Ζωντανά	20±0.0 Ca	20±0.0 Ca	20±0.0 Ca
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	0±0.0	0±0.0	0±0.0
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	18.5±0.6 Bb	0.5±0.6 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	1.5±0.6 Ba	19.5±0.6 Cb	20±0.0 Cb
	Νεκρά	0±0.0	0±0.0	0±0.0
Etofenprox	Ζωντανά	19±0.0 BCc	3.5±0.6 Bb	1±0.8 ABa
	Knockdown	1±0.0 ABa	16.5±0.6 Bb	19±0.8 Cc
	Νεκρά	0±0.0	0±0.0	0±0.0
Deltamethrin	Ζωντανά	17.3±0.5 Ac	1±1.2 Ab	0±0.0 Aa
	Knockdown	2.8±0.5 Ca	19±1.2 Cb	20±0.0 Cc
	Νεκρά	0±0.0	0±0.0	0±0.0
Permethrin	Ζωντανά	19.8±0.5 Cc	3.25±0.5 Bb	1.3±1.0 Ba
	Knockdown	0.3±0.5 Aa	16.8±0.5 Bb	18.8±1.0 Bc
	Νεκρά	0±0.0	0±0.0	0±0.0

Πίνακας 3. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *T. granarium*, αμέσως μετά την έκθεση (0h) στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>T. granarium</i> – 24h				
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	5min	60min	120min
Control	Ζωντανά	18.8±1.9 Da	19.5±1.0 Da	19.3±0.5 Ca
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	1.3±1.9 Aa	0.5±1.0 Aa	0.8±0.5 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	9.25±1.5 Bb	7.5±3.9 Bb	0.3±0.5 Aa
	Knockdown	8.5±1.3 Ca	10.3±3.9 Ca	17.5±0.6 Cb
	Νεκρά	2.3±0.5 ABa	1.75±1.3 ABa	2.3±0.5 ABa
Etofenprox	Ζωντανά	14.5±0.6 Ca	14.3±1.5 Ca	14.3±1.0 Ba
	Knockdown	4±0.8 Ba	3.75±1.0 Ba	3.5±1.0 Ba
	Νεκρά	1.5±1.0 ABa	1.8±1.0 ABa	2.3±1.0 ABa
Deltamethrin	Ζωντανά	5.3±1.3 Ab	1±1.2 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	11.25±1.5 Ca	15.3±0.5 Db	17±1.4 Cb
	Νεκρά	3.5±0.6 Ba	3.8±1.5 Ba	3±1.4 Ba
Permethrin	Ζωντανά	16.5±3.0 CDb	14±1.4 Cab	12.3±2.1 Ba
	Knockdown	2.75±2.1 ABa	5±0.8 Bab	5.5±1.7 Bb
	Νεκρά	0.8±1.5 Aa	1±1.2 Aa	2±0.5 ABa

Πίνακας 4. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *T. granarium*, 24h μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίκτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίκτυο. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>T. granarium</i> – 72h				
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	5min	60min	120min
Control	Ζωντανά	17.3±4.2 Da	18.8±1.0 Da	18.8±1.0 Ca
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	2.8±4.2 Aa	1.3±1.0 Aa	1.3±1.0 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	7.5±4.2 Bb	6.3±3.3 Bb	2±0.8 Aa
	Knockdown	6.5±5.3 Ba	8.3±2.5 Bab	10.8±2.1 Bb
	Νεκρά	6±1.4 ABa	5.5±1.7 Ba	7.3±1.7 Ba
Etofenprox	Ζωντανά	12.8±1.3 Ca	11.8±2.1 Ca	12.3±1.5 Ba
	Knockdown	1.25±1.0 Aa	3±0.0 Aa	0.8±1.5 Aa
	Νεκρά	6±2.0 ABa	5.3±2.1 ABa	7±2.8 Ba
Deltamethrin	Ζωντανά	0.75±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	10.5±2.1 Ba	11.8±2.6 Ba	12.3±1.3 Ba
	Νεκρά	8.8±2.1 Ba	8.3±2.6 Ba	7.8±1.3 Ba
Permethrin	Ζωντανά	12.5±2.6 Ca	11.5±1.3 Ca	10±2.4 Ba
	Knockdown	1.8±1.0 Aa	3.8±0.5 Aa	3.5±1.9 Aa
	Νεκρά	5.8±2.1 ABa	4.8±1.5 ABa	6.5±1.3 Ba

Πίνακας 5. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *T. granarium*, 72h μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίκτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίκτυο. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>T. granarium</i> – 168h				
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	5min	60min	120min
Control	Ζωντανά	11±2.7 Ca	12.5±1.3 Ca	9.3±2.9 Ca
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa
	Νεκρά	9±2.7 Aa	7.5±1.3 Aa	10.5±3.3 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	4.5±1.9 Aa	5.8±2.2 Ba	3.8±2.5 ABa
	Knockdown	0.75±1.0 Aa	1.3±1.5 Aa	3.8±1.0 Bb
	Νεκρά	14.8±1.7 Ca	13±3.6 BCa	12.5±2.5 Aa
Etofenprox	Ζωντανά	5.5±1.7 ABa	5.5±1.7 Ba	5±2.2 BCa
	Knockdown	0.3±0.5 Aa	0.8±1.0 Aa	0.2±0.5 Aa
	Νεκρά	14.3±2.1 BCa	13.8±1.3 BCa	14.8±2.4 ABa
Deltamethrin	Ζωντανά	1.3±1.3 Aa	0.75±0.5 Aa	0.5±0.6 Aa
	Knockdown	1±0.8 Aa	1.8±1.0 Aa	2±2.2 ABa
	Νεκρά	17.8±1.3 Ca	17.5±0.6 Ca	17.5±1.9 Ba
Permethrin	Ζωντανά	9±3.7 BCa	9.3±3.2 BCa	7.3±1.0 BCa
	Knockdown	1±1.2 Aa	0.8±0.5 Aa	2±0.8 ABa
	Νεκρά	10±3.5 ABa	10±2.7 ABa	10.8±0.5 Aa

Πίνακας 6. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *T. granarium*, 168h μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίκτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίκτυο. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>L. serricorne</i> – 0h				
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	5min	60min	120min
Control	Ζωντανά	20±0.0 Aa	20±0.0 Ca	19.8±0.5 Ca
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa
	Νεκρά	0± 0.0	0± 0.0	0± 0.0
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	19±0.8 Ab	14.8±1.0 ABa	13.75±2.1 Aa
	Knockdown	1±0.8 Aa	5.3±1.0 BCb	6.3±2.1 Cb
	Νεκρά	0± 0.0	0± 0.0	0± 0.0
Etofenprox	Ζωντανά	18.8±1.0 Ab	14±1.4 Aa	13.5±1.3 Aa
	Knockdown	1.3±1.0 Aa	6±1.4 Cb	6±0.8 Cb
	Νεκρά	0± 0.0	0± 0.0	0± 0.0
Deltamethrin	Ζωντανά	19±0.8 Ab	14.8±1.0 ABa	14.8±1.0 ABa
	Knockdown	1±0.8 Aa	5.3±1.0 BCb	5.3±1.0 BCb
	Νεκρά	0± 0.0	0± 0.0	0± 0.0
Permethrin	Ζωντανά	19.5±0.6 Ab	16.5±0.6 Ba	16.3±0.5 Ba
	Knockdown	0.5±0.6 Aa	3.5±0.6 Bb	3.8±0.5 Bb
	Νεκρά	0± 0.0	0± 0.0	0± 0.0

Πίνακας 7. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *L. serricorne*, αμέσως μετά την έκθεση (0h) στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>L. serricorne</i> – 24h				
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	5min	60min	120min
Control	Ζωντανά	19.3±1.0 Aa	20±0.0 Ba	20±0.0 Ba
	Knockdown	0.5±1.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	19.8±0.5 Ab	17.5±0.6 Aa	18.3±1.0 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	2.5±0.6 Bb	1.8±1.0 Bb
	Νεκρά	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
Etofenprox	Ζωντανά	19±1.4 Aa	18.8±0.5 ABa	18.8±1.3 ABa
	Knockdown	0.8±1.0 Aa	1.3±0.5 ABa	1.3±1.3 ABa
	Νεκρά	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
Deltamethrin	Ζωντανά	19±0.8 Aa	18.8±0.5 Ba	18.8±1.3 ABa
	Knockdown	0.5±0.6 Aa	0.8±1.0 Aa	1±0.8 ABa
	Νεκρά	0.8±0.5 Ab	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aab
Permethrin	Ζωντανά	19±0.8 Aa	19.3±1.0 Ba	19.5±0.6 Ba
	Knockdown	0.3±0.5 Aa	0.5±1.0 Aa	0.5±0.6 ABa
	Νεκρά	0.8±0.5 Ab	0.3±0.5 Aab	0±0.0 Aa

Πίνακας 8. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *L. serricorne*, 24h μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>L. serricorne</i> – 72h				
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	5min	60min	120min
Control	Ζωντανά	19.5±0.6 Aa	19.8±0.5 Aa	19.5±1.0 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa
	Νεκρά	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	0.3±0.5 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	19.25±1.0 Aa	19.3±1.0 Aa	18.3±1.0 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	0.8±1.0 Aa	0.8±1.0 Aa	1.5±1.0 Aa
Etofenprox	Ζωντανά	19.5±0.6 Aa	19.3±0.5 Aa	18.8±1.9 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0.5±1.0 Aa
	Νεκρά	0.5±0.6 Aa	0.5±0.6 Aa	0.8±1.0 Aa
Deltamethrin	Ζωντανά	19.25±1.0 Aa	19.5±1.0 Aa	19±1.4 Aa
	Knockdown	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	0.5±0.6 Aa	0.5±1.0 Aa	1.8±1.5 Aa
Permethrin	Ζωντανά	19±0.8 Aa	19.5±0.6 Aa	18.8±1.0 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	1±0.8 Aa	0.5±0.6 Aa	1.3±1.0 Aa

Πίνακας 9. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *L. serricorne*, 72h μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>L. serricorne</i> – 168h				
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	5min	60min	120min
Control	Ζωντανά	19.5±0.6 Aa	19.8±0.5 Aa	19.3±1.0 Aa
	Knockdown	0±0.0	0±0.0	0±0.0
	Νεκρά	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	0.8±1.0 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	19.3±1.0 Aa	19±0.8 Aa	18.5±1.0 Aa
	Knockdown	0±0.0	0±0.0	0±0.0
	Νεκρά	0.8±1.0 Aa	1±0.8 Aa	1.5±1.0 Aa
Etofenprox	Ζωντανά	19±0.0 Aa	18.8±0.5 Aa	18.8±1.3 Aa
	Knockdown	0±0.0	0±0.0	0±0.0
	Νεκρά	1±0.0 Aa	1.3±0.5 Aa	1.3±1.3 Aa
Deltamethrin	Ζωντανά	19.3±1.0 Aa	19.5±1.0 Aa	18.8±1.3 Aa
	Knockdown	0±0.0	0±0.0	0±0.0
	Νεκρά	0.8±1.0 Aa	0.5±1.0 Aa	1.3±1.3 Aa
Permethrin	Ζωντανά	19±0.8 Aa	19.3±1.0 Aa	18.3±1.5 Aa
	Knockdown	0±0.0	0±0.0	0±0.0
	Νεκρά	1±0.8 Aa	0.8±1.0 Aa	1.8±1.5 Aa

Πίνακας 10. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *L. serricorne*, 168h μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίκτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίκτυο. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>O. surinamensis</i> – Immediate effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	20±0.0 Db	20±0.0 Db	19.8±0.5 Cb	20±0.0 Bb	20±0.0 Bb	11.8±0.0 Ca
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	8±0.8 Ab
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	14.5±1.3 Cc	6±0.8 Bb	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa
	Knockdown	5.5±1.3 Ba	14±0.8 Cb	20±0.0 Bd	20±0.0 Bd	17±0.8 Bc	3.8±2.2 Ba
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	3±0.8 Cb	15.8±2.5 Cc
Etofenprox	Ζωντανά	4.8±1.7 Ab	3.5±1.0 Ab	1±0.8 ABa	0.3±0.5 Aa	0.3±0.5 Aa	0.8±1.0 Aa
	Knockdown	15.3±1.7 Db	16.5±1.0 Dbc	19±0.8 Bd	20±0.0 Bd	18.8±1.0 Bcd	4±0.8 Ba
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	1±0.8 ABa	15.3±1.0 Cb
Deltamethrin	Ζωντανά	10±1.8 Bc	4.5±1.3 ABb	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	9.5±1.9 Ca	15.5±1.3 CDb	19.8±0.5 Bc	20±0.0 Bc	17.3±1.3 Bb	9±2.4 Ca
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	2.8±1.3 BCb	10.8±2.9 Bc
Permethrin	Ζωντανά	10.5±1.9 Bd	8.5±1.7 Cc	2.3±1.0 Bb	0.8±1.0 Aab	1±1.4 Aab	2.8±1.5 Ba
	Knockdown	9.5±1.9 Cb	11.3±1.9 Bb	17.8±1.0 Bc	19.3±1.0 Bc	18.8±1.3 Bc	7±1.6 Ca
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	10.3±2.2 Bb

Πίνακας 11. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *O. surinamensis*, αμέσως μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

<i>O. surinamensis</i> – Delayed effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	19.8±0.5 Cb	19.5±0.6 Cb	20±0.0 Cb	19.5±0.6 Bb	19.5±0.6 Db	12±0.8 Ca
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	0.3±0.5 Aa	0.5±0.6 Aa	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	8±0.8 Ab
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	17.3±1.3 Bc	14.5±1.0 Bc	14±1.2 Bc	9.8±3.9 Ab	2.8±0.5 Aa	1.5±0.6 Aa
	Knockdown	2.8±1.3 Bb	0.25±0.5 Aa	0.25±0.5 Aa	0.5±0.6 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	0±0.0 Aa	5.3±1.0 Bb	5.8±1.0 Bb	9.8±4.1 Bc	17.3±0.5 Dd	18±0.8 Cd
Etofenprox	Ζωντανά	18.8±0.5 BCc	17.3±1.3 Bcc	17.3±0.5 BCbc	16.8±0.5 Bbc	14.5±1.3 Cb	2.5±0.6 Aa
	Knockdown	0.3±0.5 Aa	0.3±0.5 Aa	0.5±1.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	1±0.8 Aa	2.3±1.5 ABab	2.3±1.0 Aab	3±0.0 Aab	5.5±1.3 Bb	17.5±0.6 Cc
Deltamethrin	Ζωντανά	12±3.6 Ac	11±1.8 Abc	8±4.2 Ab	8.3±2.4 Ab	7.8±1.0 Bb	2.3±1.3 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	7.5±3.4 Ba	9±1.8 Cab	11.5±4.7 Cb	11.8±2.4 Bb	12.3±1.0 Cb	17.5±1.7 Cc
Permethrin	Ζωντανά	18.5±0.6 BCb	17.3±1.0 BCb	17±0.8 BCb	17.5±1.3 Bb	15.5±1.9 Cb	7.5±2.6 Ba
	Knockdown	0.3±0.5 Aa	0.5±0.6 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	1.3±1.0 Aa	2±0.8 ABa	2.5±1.3 ABa	2.5±1.3 Ba	4.5±1.9 Ba	12.5±2.6 Bb

Πίνακας 12. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *O. surinamensis*, 7 ημέρες μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διχτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Ενήλικα <i>T. granarium</i> – Immediate effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	20±0.0 Cb	20±0.0 Db	20±0.0 Bb	20±0.0 Bb	19.5±0.6 Bb	16.8±1.0 Bb
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aab	1.3±0.5 Ac
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.00 Aa	0±.00 Aa	0±0.0 Aa	2±1.2 Ab
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	3.8±0.5 Ac	2.8±0.5 ABb	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	16.3±0.5 Cb	17.3±0.5 BCb	20±0.0 Bc	20±0.0 Bc	20±0.0 Bc	10.8±1.0 Ca
	Νεκρά	0±0.00 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	9.3±1.0 Bb
Etofenprox	Ζωντανά	3.5±0.6 Ab	3.3±0.5 BCb	0.5±0.6 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	16.3±0.5 Cb	16.8±0.5 BCb	19.5±0.6 Bc	20±0.0 Bc	20±0.0 Bc	9.3±1.0 Ba
	Νεκρά	0±0.00 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	10.8±1.0 Cb
Deltamethrin	Ζωντανά	3.8±0.5 Ac	2.3±0.5 Ab	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	16.3±0.5 Cb	17.8±0.5 Cc	20±0.0 Bd	20±0.0 Bd	20±0.0 Bd	9.8±1.3 BCa
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.00 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	10.3±1.3 BCb
Permethrin	Ζωντανά	5.8±1.0 Bc	3.8±0.5 Cb	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	14.3±1.0 Bb	16.3±0.5 Bc	20±0.0 Bd	20±0.0 Bd	20±0.0 Bd	9.5±1.9 Ba
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	10.5±1.9 Cb

Πίνακας 13. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *T. granarium*, αμέσως μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Ενήλικα <i>T. granarium</i> – Delayed effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	8±3.5 Aa	7.8±2.6 Aa	8±3.6 Ba	7.8±3.1 Ba	5±1.6 Aa	3.8±0.5 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa
	Νεκρά	12±3.5 Aa	11.8±3.2 Aa	12±3.6 Aa	12.3±3.1 Aa	15±1.6 Aa	16±0.8 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	4.5±3.7 Aab	4.8±3.1 Aab	5.5±1.7 ABb	4.5±1.3 ABab	2.8±0.5 Aab	0.3±0.5 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aa	0.8±1.0 Aa	0.8±1.0 Aa	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aa
	Νεκρά	15.5±3.7 Aab	14.8±3.0 Aab	13.8±2.1 ABa	14.8±1.9 ABab	17.3±0.5 Aab	19.3±0.5 Ab
Etofenprox	Ζωντανά	5.8±3.5 Aab	6.3±2.1 Ab	6±2.4 ABb	5.5±1.9 ABab	2.8±0.5 Aab	1±0.8 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	1.3±1.0 Ab	1±0.8 Aab	0.5±0.6 Aab	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	14.3±3.5 Aab	12.5±2.4 Aa	13±2.6 ABa	14±2.2 ABa	17.3±0.5 Aab	19±0.8 Ab
Deltamethrin	Ζωντανά	6±2.9 Ab	4.8±4.9 Aab	2.8±1.0 Aab	2.8±0.5 Aab	1.5±1.3 Aab	0.5±0.6 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	1±0.8 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0.8±1.0 Aa
	Νεκρά	14±2.9 Aa	14.3±4.2 Aa	17.3±1.0 Bab	17±0.8 Bab	18.5±1.3 Aab	19.5±0.6 Ab
Permethrin	Ζωντανά	6.8±4.3 Ab	6.8±2.9 Ab	6.8±1.0 ABb	6.5±0.6 ABb	3±0.8 Aab	0.8±1.0 Aa
	Knockdown	0±0.0 Aa	0.8±1.0 Aa	0.8±1.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	13.3±4.3 Aa	12.5±3.3 Aa	12.5±1.7 Aa	13.3±1.0 ABa	17±0.8 Aab	19.3±1.0 Ab

Πίνακας 14. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *T. granarium*, 7 ημέρες μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Ενήλικα <i>T. confusum</i> – Immediate effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	20±0.0 Da	20±0.0 Da	20±0.0 Ca	20±0.0 Ba	19.8±0.5 Ba	19.5±0.6 Ca
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aa
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.25±0.5 Aa	0±0.0 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	16.3±2.1 Cb	1.8±0.5 ABa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	3.8±2.1 Ba	18.3±0.5 CDb	20±0.0 Cb	20±0.0 Bb	20±0.0 Bb	19.8±0.5 Cb
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa
Etofenprox	Ζωντανά	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	19.5±0.6 Da	19.8±0.5 Da	19.8±0.5 Ca	19.8±0.5 Ba	20±0.0 Ba	17.5±1.7 BCa
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	2.5±1.7 Bb
Deltamethrin	Ζωντανά	15±2.9 BCc	3.5±0.6 Bb	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	5±2.9 BCa	16.5±0.6 Cb	19.5±0.6 Cc	19.8±0.5 Bc	20±0.0 Bc	19.8±0.5 Cc
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa
Permethrin	Ζωντανά	13.3±3.6 Bc	7±3.6 Cb	6.5±1.7 Bb	1.3±0.5 Aa	2±1.2 Aa	2.8±1.3 Ba
	Knockdown	6.8±3.6 Ca	13±3.6 Bb	13.3±1.7 Bb	18.8±0.5 Bc	17.8±1.5 Bc	17±1.4 Bc
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0.3±0.5 Aa

Πίνακας 15. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *T. confusum*, αμέσως μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Ενήλικα <i>T. confusum</i> – Delayed effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	20±0.0 Aa	20±0.0 Aa	20±0.0 Ba	20±0.0 Ba	19.8±0.5 Ba	19.8±0.5 Da
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0.3±0.5 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	20±0.0 Ab	19.3±0.5 Ab	19.8±0.5 Bb	18.3±1.0 ABab	18.5±0.6 Bab	16.5±0.6 Ba
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	1.5±0.6 Bab	0.5±1.0 Aab	0.3±0.5 Aa
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0.8±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	1±0.8 Aa	3±0.8 Bb
Etofenprox	Ζωντανά	18.8±1.0 Acd	19±0.0 Ad	17.3±1.3 Acd	16.8±1.0 Abc	15±2.8 Ab	11.5±2.9 Aa
	Knockdown	1±0.8 Aa	0.5±0.6 Aa	2.5±1.3 Bb	3±0.8 Cb	0.5±0.6 Aa	0.5±0.6 Aa
	Νεκρά	0.3±0.5 Aa	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	0.5±1.0 Aa	4.8±2.9 Bb	8±3.4 Cc
Deltamethrin	Ζωντανά	19.3±1.0 Aab	19.5±0.6 Aab	19.5±0.6 Bab	19.8±0.5 Bb	19.8±0.5 Bb	17.5±1.3 BCa
	Knockdown	0.8±1.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0.8±1.0 Aa
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aab	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aab	2±0.8 ABb
Permethrin	Ζωντανά	19.3±0.5 Aa	19.5±0.6 Aa	19.3±1.0 Ba	19.8±0.5 Ba	18.8±1.5 Ba	19±0.0 CDa
	Knockdown	0.5±0.6 Aa	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa
	Νεκρά	0.3±0.5 Aa	0.5±0.6 Aa	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0.8±1.0 Aa	1±0.0 Aa

Πίνακας 16. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών ενηλίκων *T. confusum*, 7 ημέρες μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Προνύμφες <i>T. granarium</i> – Immediate effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	20±0.0 Cb	20±0.0 Db	19.5±0.6 Bb	18.8±1.3 Bab	19±1.4 Bab	17.8±1.0 Ba
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aab	1.3±1.3 Aab	1±1.4 Aab	2.3±1.0 Ab
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	6.8±1.9 Bc	4.8±2.5 Cb	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 A	0±0.0 Aa
	Knockdown	13.3±1.9 Ba	15.3±2.5 Bb	20±0.0 Bd	19.8±1.0 Bcd	17.5±1.3 Bc	14.8±0.5 Bab
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.8±1.0 Aa	2.5±1.3 Bb	5.3±0.5 Dc
Etofenprox	Ζωντανά	2.5±1.3 Ab	2±1.4 Bb	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	17.5±1.3 Ca	18±1.4 Ca	20±0.0 Bb	20±0.0 Bb	20±0.0 Cb	19.3±0.5 Cab
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.8±0.5 ABA
Deltamethrin	Ζωντανά	2±0.0 Ab	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	18±0.0 Cab	19.8±0.5 Cbc	20±0.0 Bc	20±0.0 Bc	19.3±1.0 BCabc	17.8±1.7 Ca
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.8±1.0 Aa	2.3±1.7 Cb
Permethrin	Ζωντανά	1.3±1.0 Aa	1.5±0.0 ABA	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	18.8±1.0 Ca	18.5±0.6 Ca	20±0.0 Ba	20±0.0 Ba	19.5±0.6 Ca	18.8±0.5 Ca
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aab	1.3±0.5 Bb

Πίνακας 17. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών προνυμφών *T. granarium*, αμέσως μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Προνύμφες <i>T. granarium</i> – Delayed effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	20±0.0 Cb	19.3±1.0 Bb	19.3±1.0 Cb	17.5±0.6 Cab	15±1.6 Ca	15.3±1.0 Ba
	Knockdown	0±0.0 Aa	0.8±1.0 Aa	0.75±1.0 Aa	2.5±0.6 Aab	4.8±1.7 Ab	4±1.6 Ab
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0.8±1.5 Aa
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	16.8±0.5 ABc	17±0.8 Bc	15±2.9 Bbc	13.3±1.0 Bab	11.5±1.3 ABa	10.5±2.6 Aa
	Knockdown	3.3±0.5 BCab	2.8±0.5 Aa	4.8±2.5 Bab	6±0.8 Bb	6±1.6 ABb	3.3±1.9 Aab
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	0.3±0.5 Aa	0.8±1.0 Aab	2.5±0.6 BCb	6.3±2.2 Cc
Etofenprox	Ζωντανά	17.8±1.0 BCb	17.5±1.0 Bab	15.8±1.7 Bab	14.3±1.7 Ba	14.5±1.7 BCab	14.3±1.3 Ba
	Knockdown	2.3±1.0 ABa	2.5±1.0 Aa	4.3±1.7 Bab	5.5±1.3 Bb	4.3±1.3 Aab	3.3±0.5 Aab
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	1.3±0.5 ABab	2.5±1.0 Bb
Deltamethrin	Ζωντανά	14.5±1.3 Ab	11±2.2 Aa	8.5±1.3 Aa	10±4.0 Aa	8.8±0.5 Aa	9.3±2.9 Aa
	Knockdown	5.3±1.0 Cab	9±2.2 Bcd	11.5±1.3 Cd	9.5±3.7 Ccd	8±0.0 Bbc	5±1.4 Aa
	Νεκρά	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.5±0.6 Aa	3.3±0.5 Cb	5.8±2.1 Cc
Permethrin	Ζωντανά	17.8±1.0 BCc	17.5±0.6 Bc	16.8±1.0 BCbc	15.8±0.5 BCbc	13.8±1.0 BCab	10.8±2.6 Aa
	Knockdown	2±0.8 ABa	2.5±0.6 Aab	3.3±1.0 ABab	4±0.0 ABab	5.3±1.3 Ab	4±0.8 Aab
	Νεκρά	0.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0.3±0.5 Aa	1±0.8 ABa	5.3±2.2 Cb

Πίνακας 18. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών προνυμφών *T. granarium*, 7 ημέρες μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Προνύμφες <i>T. confusum</i> – Immediate effect							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	100±0.0 Cd	100±0.0 Dd	88.8±1.0 Bc	85±0.8 Bc	75±0.8 Bb	65±1.2 Ba
	Knockdown	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	10±0.8 Ab	13.8±0.5 Abc	20±0.8 Ac	20±0.0 Ac
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	1.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	5±0.8 Aa	15±1.2 Ab
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	66.7±1.0 ABc	32.5±1.3 Ab	1.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	33.8±1.0 Ba	67.5±1.3 Db	97.5±1.0 Bcd	100±0.0 Bd	90±1.4 Cc	68.8±1.0 Cb
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	1.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	10±1.4 Bb	31.3±1.0 Bc
Etofenprox	Ζωντανά	62.5±1.3 Ac	40±1.2 Bb	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	37.5±1.3 Ba	60±1.2 CDb	100±0.0 Bd	96.3±1.0 Bd	83.8±0.5 Bc	57.5±1.3 Bb
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	3.8±1.0 Aa	16.3±0.5 Bb	42.5±1.3 Cc
Deltamethrin	Ζωντανά	71.3±1.0 Bc	43.8±1.0 Bb	1.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	28.8±1.0 Ba	56.3±1.0 BCb	98.8±0.5 Bd	100±0.0 Bd	93.8±1.3 Cd	67.5±1.3 Bc
	Νεκρά	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	6.3±1.3 Aa	28.8±1.5 Bb
Permethrin	Ζωντανά	71.3±1.0 Bc	52.5±1.0 Cb	1.3±0.5 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa
	Knockdown	28.8±1.0 Ba	47.5±1.0 Bb	98.8±0.5 Bd	100±0.0 Bd	96.3±1.0 Cd	72.5±1.3 Bc
	Dead	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	0±0.0 Aa	3.8±1.0 Aa	25±0.8 Bb

Πίνακας 19. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών προνυμφών *T. confusum*, αμέσως μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).

Προνύμφες <i>T. confusum</i> – <i>Delayed effect</i>							
Δίχτυα	Κατάσταση εντόμου	30min	1h	4h	8h	24h	3days
Control	Ζωντανά	96.3±0.5 Bc	86.3±0.5 Cb	77.5±0.6 Bb	77.5±1.3 Bb	75±0.8 Cab	66.3±1.0 Da
	Knockdown	0±0.0 Aa	3.8±1.0 Aab	10±0.8 Ab	3.8±1.0 Aab	0±0.0 Aa	2.5±0.6 Aab
	Νεκρά	3.8±0.5 Aa	12.5±1.0 Aab	12.5±1.0 Aab	18.8±1.5 Abc	26.3±1.3 Acd	32.5±1.3 Ad
Alpha-cypermethrin	Ζωντανά	81.3±0.5 Ad	62.5±1.0 Abc	63.8±1.0 Ac	57.5±1.3 Abc	48.8±0.5 ABb	28.8±1.0 Ba
	Knockdown	5±1.4 Aa	10±0.0 Aa	6.3±1.5 Aa	3.8±1.0 Aa	2.5±0.6 Aa	1.3±0.5 Aa
	Νεκρά	13.8±1.3 Ba	32.5±1.0 Cb	30±0.8 Bb	38.8±0.5 Bbc	48.8±0.5 BCc	70±1.4 Cd
Etofenprox	Ζωντανά	77.5±0.6 Ad	60±1.0 Ac	57.5±0.6 Ac	55±0.8 Ac	40±1.4 Ab	13.8±2.2 Aa
	Knockdown	5±1.4 Aa	8.8±1.3 Aa	5±0.8 Aa	2.5±1.0 Aa	1.3±0.5 Aa	1.3±0.5 Aa
	Νεκρά	17.5±1.7 Ba	37.5±0.6 Cb	37.5±1.0 Bb	42.5±1.3 Bb	58.8±1.3 Cc	85±2.2 Dd
Deltamethrin	Ζωντανά	93.75±0.5 Bc	65±2.2 Ab	56.3±0.5 Ab	56.3±1.0 Ab	53.8±1.0 Bb	36.3±1.3 Ba
	Knockdown	2.5±0.6 Aa	7.5±0.6 Aa	11.3±1.3 Aa	5±1.4 Aa	3.8±0.5 Aa	2.5±0.6 Aa
	Νεκρά	5±0.8 Aa	37.5±2.5 Cb	36.3±0.5 Bb	38.8±0.5 Bb	42.5±1.3 Bb	61.3±1.0 BCc
Permethrin	Ζωντανά	91.3±1.3 Bd	78.8±0.5 Bc	62.5±0.6 Ab	63.8±0.5 Abc	51.3±0.5 Ba	47.5±0.6 Ca
	Knockdown	3.8±0.5 Aa	2.5±0.6 Aa	7.5±1.0 Aa	1.3±0.5 Aa	3.8±1.0 Aa	1.3±0.5 Aa
	Νεκρά	5±0.8 Aa	23.8±0.5 ABb	28.8±1.0 Bb	35±0.8 Bbc	45±0.8 Bcd	51.3±0.5 Bd

Πίνακας 20. Μέσοι όροι ($\pm$ τυπικό σφάλμα) ποσοστών ζωντανών, παραλυμένων και νεκρών προνυμφών *T. confusum*, 7 ημέρες μετά την έκθεση στα πέντε διαφορετικά δίχτυα. Τα κεφαλαία γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δικτύων για κάθε χρονική διάρκεια έκθεσης, ενώ τα πεζά γράμματα δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρόνων έκθεσης για κάθε δίχτυ. Διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντική διαφορά (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$).