



Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος

Παραδοτέο Π.1.1.2: Αποτελέσματα αξιολόγησης νέων ελκυστικών σε διαφορετικούς τύπους παγίδων.

Πληροφορίες για το έγγραφο

Αριθμός παραδοτέου: **Π1.1.2**

Ενότητα εργασίας: **ΕΕ1**

Επικεφαλής δικαιούχος: **ΜΦΙ, ΠΘ, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ**

Συγγραφείς: **Ελένη Βερυκούκη, Αντώνιος Παπαδόπουλος, Νίκος Θ. Παπαδόπουλος, Δημήτριος Παπαχρήστος, Όλγα Ανεστίδου, Ελένη Κουτσογεωργίου, Στέφανος Ανδρεάδης και Παναγιώτης Μυλωνάς**

Έκδοση: **1.0**

Είδος Παραδοτέου: **Έκθεση**

Ημερομηνία παράδοσης: **17 Δεκεμβρίου 2025**

Στοιχεία Πράξης

Τίτλος: Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος

Τίτλος (EN): InnoPP-Innovations in Plant Protection for sustainable and environmentally friendly pest control

Κωδικός πράξης: ΤΑΕDR-0535675

Ακρωνύμιο έργου: InnoPP

Ημερομηνία έναρξης: 15 Μαΐου 2023

Διάρκεια: 28 Μήνες

Συντονιστής Φορέας: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Συντονιστής/ Επιστημονικός Υπεύθυνος: Ιωάννης Βόντας

Πίνακας Περιεχομένων

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ	5
2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	7
2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	7
2.1.1 <i>Ceratitis capitata</i>	7
2.1.2 Στατιστική ανάλυση	11
2.1.3 <i>Halymorpha halys</i>	12
2.1.4 Στατιστική ανάλυση	13
2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	14
2.2.1 <i>Ceratitis capitata</i>	14
2.2.2 <i>Halymorpha halys</i>	26
3 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	34
4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	35
4.1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	35

Περίληψη του Έργου

Το έργο «Καινοτόμες λύσεις για τη βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική φυτοπροστασία των οπωροκηπευτικών της Ελλάδας, στην Ευρώπη του μέλλοντος» στοχεύει στην ανάπτυξη σύγχρονων και καινοτόμων μεθόδων για την προστασία των καλλιεργειών όπως τα κηπευτικά, τα εσπεριδοειδή και το επιτραπέζιο σταφύλι. Περιλαμβάνει τη δημιουργία προηγμένων διαγνωστικών εργαλείων για την ανίχνευση εχθρών και παθογόνων με τεχνολογίες αιχμής, όπως ηλεκτρονικές παγίδες και βιοαισθητήρες, καθώς και πλατφόρμες αλληλούχησης για τον πλήρη προσδιορισμό των ιωμάτων. Επιπλέον, θα αναπτυχθούν μοντέλα πρόβλεψης επιδημιών και καινοτόμα βιοφυτοπροστατευτικά προϊόντα, τα οποία θα αξιολογηθούν για την ασφάλεια τους σε μη στόχους οργανισμούς. Τέλος, οι νέες τεχνολογίες θα ενσωματωθούν σε συστήματα ολοκληρωμένης διαχείρισης φυτοπροστασίας και θα δοκιμαστούν σε πραγματικές συνθήκες, ενώ θα αξιολογηθούν οι κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους.

Σύνοψη της ΕΕ1

Στα πλαίσια της ΕΕ1 θα αναπτυχθούν διαγνωστικά εργαλεία και μέθοδοι για την ανίχνευση, ταυτοποίηση και παρακολούθηση των εχθρών, των παθογόνων και των χαρακτηριστικών τους. Κύριες δράσεις της ΕΕ1 τα αποτελέσματα συγκρίσεων μεταξύ καινοτόμων και βελτιωμένων ηλεκτρονικών παγίδων για την παρακολούθηση πληθυσμών μύγας της Μεσογείου, της καρπόκαψας και της ανάρσιας της ροδακινιάς, της καφέ ασιατικής βρωμούσας και του υπονομευτή της τομάτας.

Συνοπτική παρουσίαση του παραδοτέου Π1.1.2

Σκοπός του παραδοτέου Π1.1.2 είναι να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα διαφορετικών τύπων παγίδων (Jackson, Terhgi, McPhail) όταν χρησιμοποιείται το νέο, χαμηλού κόστους ελκυστικό ΒΙΟΔΕΛΕΑΡ, συγκριτικά με τον εμπορικό μάρτυρα Biolure και να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα του αιθέριου ελαίου της πιπερόριζας (Ginger oil) και διάφοροι συνδυασμοί αυτών σε σχέση με το υφιστάμενο ελκυστικό trimedlure καθώς και το σεσκιτερπένιο α -coraene για τη διαχείριση του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου. Επιπλέον, στόχο αποτέλεσε και η συστηματική αξιολόγηση και σύγκριση της αποτελεσματικότητας των νέων ελκυστικών (φερομόνη συνάθροισης σε συνδυασμό με συνεργιστική ουσία), για την παρακολούθηση του πληθυσμού της καφέ ασιατικής βρωμούσας. Συνοπτικά, τα σημαντικότερα αποτελέσματα στα πλαίσια του Π1.1.2 δείχνουν ότι το ελκυστικό ΒΙΟΔΕΛΕΑΡ επέδειξε αποτελεσματικότητα εφάμιλλη του Biolure (μάρτυρας του πειράματος) στη σύλληψη θηλυκών ατόμων μύγας Μεσογείου. Η αποτελεσματικότητα του Biolure στις συνολικές συλλήψεις οφείλεται στη σημαντικά υψηλότερη προσέλκυση αρσενικών. Κατά συνέπεια, το ΒΙΟΔΕΛΕΑΡ παρουσίασε σημαντικά ανώτερη επιλεκτικότητα (αναλογία θηλυκών), με τον συνδυασμό [Terhgi (Biodelear)] να καταγράφει το υψηλότερο ποσοστό (84.4%). Ο συνδυασμός [Jackson (Biodelear)] δεν κρίθηκε τόσο αποτελεσματικός. Επιπλέον, το ginger oil καθώς και διάφοροι συνδυασμοί του με το trimedlure και το α -coraene μπορούν να δώσουν παρόμοια αποτελέσματα με το trimedlure ή και καλύτερα αποτελέσματα στη διαχείριση του πληθυσμού της μύγας της Μεσογείου.

Για την καφέ ασιατική βρωμούσα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παγίδα τύπου Rocket με το νέο ελκυστικό υπερέχει σταθερά στη σύλληψη ενηλίκων, ιδιαίτερα στις περιόδους κορύφωσης του πληθυσμού. Οι παγίδες τύπου Pyramid απέδωσαν καλύτερα στη σύλληψη προνυμφών, υποδεικνύοντας συμπληρωματικότητα μεταξύ των δύο τύπων παγίδων. Η σύγκριση έδειξε συνεπή κατανομή των εποχικών κορυφώσεων και παρόμοια μοτίβα δραστηριότητας του εντόμου, γεγονός που ενισχύει την αξιοπιστία των ευρημάτων. Τα αποτελέσματα των δύο ετών επιβεβαιώνουν ότι το νέο ελκυστικό αποτελεί αξιόλογο εργαλείο για την ενίσχυση των προγραμμάτων παρακολούθησης του *H. halys* στο πλαίσιο ολοκληρωμένης και περιβαλλοντικά φιλικής διαχείρισης.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*) αποτελεί σοβαρή απειλή για την παγκόσμια δενδροκομία, καθιστώντας την ακριβή παρακολούθησή της απαραίτητη για την επιτυχή αντιμετώπισή της (Colacci *et al.*, 2022, Kouloussis *et al.*, 2022). Η παρακολούθηση των πληθυσμών της πραγματοποιείται με τη χρήση παγίδων τροφικά ελκυστικά τα οποία συλλαμβάνουν ενήλικα θηλυκά και αρσενικά έντομα και στη χρήση παγίδων (McPhail και Jackson) με την παραφερομόνη trimedlure οι οποίες συλλαμβάνουν ενήλικα αρσενικά έντομα (Colacci *et al.* 2022; Kharrat *et al.*, 2024, Kouloussis *et al.*, 2022; Manoukis, 2016; Steiner *et al.*, 1961). Παρόλο που τα υφιστάμενα ελκυστικά έχουν ικανοποιητική αποτελεσματικότητα παρουσιάζουν σε ορισμένες περιπτώσεις προβλήματα που σχετίζονται με μειωμένη αποτελεσματικότητα προσέλκυσης σε σχέση με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, την εποχή ή το φυσιολογικό στάδιο του εντόμου (Rogue *et al.*, 2024). Έτσι, αναζητούνται πλέον πιο βιώσιμες οικονομικά λύσεις, που θα παρέχουν περισσότερα εργαλεία για την ολοκληρωμένη διαχείριση του εντόμου, υποστηρίζοντας τόσο την παρακολούθηση των πληθυσμών όσο και τη μαζική παγίδευση. Το καινοτόμο, οικολογικό και χαμηλού κόστους ελκυστικό Biodelear, προϊόν της αντίδρασης Maillard, έχει επιδείξει συγκρίσιμη απόδοση με το Biolure και ευελιξία εφαρμογής (Kouloussis *et al.*, 2022; Mavraganis, 2012; Colacci *et al.*, 2022; Bali *et al.*, 2021), ενώ για το ginger oil και το α -coraene, ενώσεις με γνωστή επίδραση στη συμπεριφορά του εντόμου, γίνονται προσπάθειες για την ανάπτυξή τους ως ελκυστικά του εντόμου (Manrakhan *et al.*, 2017; Nishida *et al.*, 2000).

Η καφέ ασιατική βρωμούσα *Halysmorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) αποτελεί έναν χωροκατακτητικό γεωργικό και οικιακό εχθρό, που εξελίχθηκε σε σοβαρό πρόβλημα για δένδρως και κηπευτικές καλλιέργειες, καθώς η πολυφαγία και η υψηλή ικανότητα διασποράς προκαλεί ζημιές σε περισσότερα από 100 είδη φυτών, συμπεριλαμβανομένων καλλιεργειών όπως μήλα, ροδάκινα, σόγια, ακτινίδιο και κάνναβη (Rice *et al.*, 2014; Bariselli *et al.*, 2016; Andreadis *et al.*, 2018; 2021). Η ολοκληρωμένη διαχείριση (IPM) του *H. halys* στηρίζεται στην αποτελεσματική παρακολούθηση, ώστε να αποτυπωθεί η πληθυσμιακή δυναμική και να προσδιοριστεί ο κατάλληλος χρόνος εφαρμογής μέτρων αντιμετώπισης (Weber *et al.*, 2017; Leskey and Nielsen, 2018). Έχοντας την ικανότητα να διανύει μεγάλες αποστάσεις μέσω της πτήσης του (Lee *et al.*, 2014; Lee and Leskey, 2015; Wiman *et al.*, 2015) και να μετακινείται μεταξύ πολλών ξενιστών (Martinson *et al.*, 2015), καθιστά συχνά αναξιόπιστες τις συμβατικές μεθόδους παρακολούθησης (McPherson and McPherson, 2000; Rice *et al.*, 2017). Η ανακάλυψη της φερομόνης συνάθροισης του *H. halys* από τους Khrimian *et al.* (2014) αποτέλεσε σημαντική τομή στην παρακολούθηση του είδους, καθώς ο συνδυασμός της με τη φερομόνη του *Plautia stali* Scott βρέθηκε να ενισχύει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των παγίδων (Aldrich *et al.*, 2007; Weber *et al.*, 2014). Στο πλαίσιο του παρόντος έργου, στόχο αποτέλεσε η παροχή δεδομένων για τη βελτιστοποίηση των συστημάτων μαζικής παγίδευσης, πραγματοποιήθηκε συγκριτική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του Biodelear σε διαφορετικούς τύπους παγίδων (Jackson, Terhri, McPhail) έναντι του καθιερωμένου προτύπου (McPhail με Biolure), καθώς και διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του αιθέριου ελαίου της πιπερόριζας (Ginger oil) και διάφοροι συνδυασμοί αυτών σε σχέση με το υφιστάμενο ελκυστικό trimedlure καθώς και το σεσκιτερπένιο α -coraene για τη μύγα της Μεσογείου.

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε συστηματική αξιολόγηση και σύγκριση της αποτελεσματικότητας των νέων ελκυστικών (φερομόνη συνάθροισης σε συνδυασμό με συνεργιστική ουσία), για την παρακολούθηση του πληθυσμού της καφέ ασιατικής βρωμούσας.

Το παρόν έγγραφο **ακολουθεί την παρακάτω δομή:**

1. Εισαγωγή και Στόχοι: Παρουσιάζεται το πλαίσιο της έρευνας και οι στόχοι του εγγράφου.

2. Περιγραφή των Εργασιών: 2.1. Υλικά και μέθοδοι, 2.2 Αποτελέσματα και συζήτηση

3. Σύνοψη και συμπεράσματα: Βασικά ευρήματα της έρευνας και η σχετική συζήτηση

4. Παράρτημα: 4.1 Βιβλιογραφικές αναφορές

2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Το παρόν παραδοτέο τριών διαφορετικών Ακαδημαϊκών και Ερευνητικών Φορέων, του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτο (ΜΦΙ), του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (ΠΘ) και του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού- ΔΗΜΗΤΡΑ (ΕΛΓΟ).

2.1 Υλικά και μέθοδοι

2.1.1 *Ceratitis capitata*

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του Biodelear σε διαφορετικούς τύπους παγίδων (Jackson, Tephri, McPhail), το πείραμα πραγματοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας σε 5 διαφορετικά αγροκτήματα στην περιοχή των Λεχωνίων (Βόλος, Ν. Μαγνησίας, Θεσσαλία, Ελλάδα). Η περίοδος παρακολούθησης διήρκεσε από τον Ιούλιο έως τον Δεκέμβριο του 2024 (8/7/2024 – 13/12/2024).

Σε κάθε αγρόκτημα (block) τοποθετήθηκαν 3 διαφορετικοί τύποι παγίδων (Εικόνα 1.1.2-1) που έφεραν το ελκυστικό Biodelear:

- Παγίδα τύπου Jackson
- Παγίδα τύπου Tephri
- Παγίδα τύπου McPhail

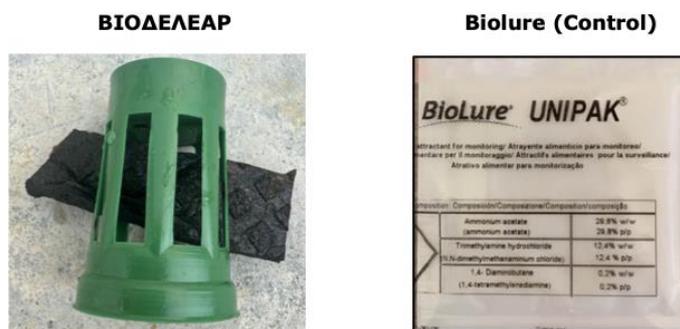
Παράλληλα, σε κάθε αγρόκτημα τοποθετήθηκε και μία παγίδα μάρτυρας (control), η οποία ήταν τύπου McPhail και έφερε το εμπορικό ελκυστικό Biolure (Heath *et al.*, 1997). Οι παγίδες αναρτήθηκαν σε δενδρώδεις καλλιέργειες που αποτελούν ξενιστές της μύγας της Μεσογείου, όπως ροδάκινα, δαμάσκηνα, κυδώνια και εσπεριδοειδή.



Εικόνα 1.1.2-1: Τύποι παγίδων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Ως ελκυστικό της μύγας της Μεσογείου χρησιμοποιήθηκε το Biodelear. Το Biodelear είναι ένα φιλικό προς το περιβάλλον προϊόν υγρής σύστασης. Για την εφαρμογή του, εμποτίστηκε σε τεμάχιο wettex, το οποίο τοποθετήθηκε εντός ειδικού εξατμιστήρα μέσα στις παγίδες (Εικόνα 1.1.2-2). Το προϊόν παράγεται μέσω της αντίδρασης Maillard μεταξύ φρουκτόζης και ουρίας. Περιέχει πυραζίνες, πυρανόνες και άλλα συστατικά που αποσυντίθενται αργά, απελευθερώνοντας ενώσεις που προσελκύουν τις μύγες των φρούτων, συμπεριλαμβανομένης και της μύγας της Μεσογείου. Είναι χαμηλού κόστους και μη τοξικό για το περιβάλλον (Kouloussis *et al.*, 2022). Ως μάρτυρας (control)

χρησιμοποιήθηκε το Biolure (Εικόνα 1.1.2-2).



Εικόνα 1.1.2-2: Ελκυστικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Ο έλεγχος των παγίδων για τυχόν συλλήψεις (αρσενικά και θηλυκά άτομα) και η καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιούνταν σε εβδομαδιαία βάση (ανά 7±1 ημέρες). Τα σημεία τοποθέτησης των παγίδων στα 5 αγροκτήματα φαίνονται στην Εικόνα 1.1.2-3.



Εικόνα 1.1.2-3: Σημεία τοποθέτησης των παγίδων

Για την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του αιθέριου ελαίου της πιπερόριζας (Ginger oil) και διάφοροι συνδυασμοί αυτών σε σχέση με το υφιστάμενο ελκυστικό trimedlure καθώς και το σεσκιτερπένιο α -coraene, οι υπό εξέταση ενώσεις και τα μείγματά τους τυποποιήθηκαν με τη μορφή polymeric plugs (Εικόνα 1.1.2-4), μια μέθοδος που εφαρμόζεται για την τυποποίηση του trimedlure αλλά και άλλων ουσιών φυτικής προέλευσης που χρησιμοποιούνται ως ελκυστικά για τις μύγες των φρούτων (πχ. methyl eugenol που χρησιμοποιείται για είδη του γένους *Bactrocera*). Για αυτά τα πειράματα υπεύθυνος ερευνητικός φορέας ήταν το Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο.



Εικόνα 1.1.2-4: Μορφή polymeric plugs τυποποίησης των ελκυστικών

Σε αυτά τα πειράματα, αξιολογήθηκαν το ginger oil δυο προελεύσεων (ginger oil1, ginger oil2), συνδυασμός gingeroil2+ α -coraene, συνδυασμός trimedlure+gingeroil2+ α -coraene και gingeroil2+trimedlure. Ως μάρτυρας, χρησιμοποιήθηκε το ελκυστικό trimedlure. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της Κορίνθου, σε δύο οπωρώνες εσπεριδοειδών, στο Κονιάρειο Ινστιτούτο Εσπεριδοειδών Κορινθίας (Εικόνα 1.1.2-5). Οι οπωρώνες καλλιεργούνται με πορτοκάλια, μανταρίνια, ενώ υπάρχει και μεγάλος αριθμός νεραντζιών.



Εικόνα 1.1.2-5: Απεικόνιση των πειραματικών αγρών που χρησιμοποιήθηκαν για την τοποθέτηση των παγίδων με τα ελκυστικά (οπωρώνας A: για τα πειράματα Δεκεμβρίου 2023-Ιανουαρίου 2024 και οπωρώνας B: για τα πειράματα Απριλίου-Ιουλίου 2024).

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων τα ελκυστικά τοποθετήθηκαν σε παγίδες τύπου Δέλτα. Για κάθε ελκυστικό ή συνδυασμό τους, τοποθετούνταν 3 παγίδες σε απόσταση τουλάχιστον 40 m μεταξύ τους και κατανέμονταν τυχαίοποιημένα σε τρία μπλοκ (Εικόνα 1.1.2-6). Οι παγίδες ελέγχονταν εβδομαδιαία και καταμετρούνταν ο αριθμός των συλληφθέντων ενήλικων εντόμων. Οι παγίδες όπως αναμένονταν συλλάμβαναν μόνο ενήλικα αρσενικά του εντόμου.



Εικόνα 1.1.2-6: Απεικόνιση της διάταξης των παγίδων για στο οπωρώνα A (οι αριθμοί 0-5 χαρακτηρίζουν το κάθε ελκυστικό και τα γράμματα a,b,g τις επαναλήψεις).

Για την επιλογή του χρόνου τοποθέτησης των παγίδων οι οπωρώνες παρακολουθούνταν και επιλέχθηκαν οι κατάλληλες χρονικοί περίοδοι, όπου υπήρχαν ικανοποιητικές πτήσεις του εντόμου. Ειδικότερα, για το πρώτο πείραμα αξιολόγησης οι παγίδες τοποθετήθηκαν (οπωρώνας Α: Εικόνα 1.1.2-5) στις 12 Δεκεμβρίου του 2023 και παρακολουθούνταν μέχρι τις 16 Ιανουαρίου 2024. Κατά το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιανουαρίου σημειώθηκαν αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες και η δραστηριότητα του εντόμου ελαχιστοποιήθηκε, επομένως σταμάτησε και ο έλεγχος των παγίδων. Για το δεύτερο πείραμα αξιολόγησης, οι παγίδες τοποθετήθηκαν στις 23 Απριλίου 2024 και παρακολουθούνταν μέχρι 2/7/2024. Την περίοδο του Ιουλίου επικράτησαν πολύ υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και έλλειψη καρπών κατάλληλων για την ανάπτυξη του εντόμου, με συνέπεια την ελαχιστοποίηση της δραστηριότητας των ενηλίκων, γεγονός που οδήγησε στη διακοπή του ελέγχου των παγίδων.

2.1.2 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων που αφορούν τη σύγκριση αιθερίου ελαίου ginger oil και *α-coraene*, πραγματοποιήθηκε με χρήση του στατιστικού λογισμικού R. Για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των ελκυστικών για κάθε ένα από τα δύο πειράματα αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκαν Γενικευμένα Γραμμικά Μικτά Μοντέλα (Generalized Linear Mixed Models, GLMMs). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η αρνητική διωνυμική κατανομή (Negative Binomial) με εξαρτημένη μεταβλητή τον αριθμό συλλήψεων σε κάθε έλεγχο και τυχαία επίδραση τη μοναδική ταυτότητα της κάθε παγίδας. Στις αναλύσεις ως επίπεδο αναφοράς ορίστηκε το *trimedlure*, το οποίο όπως προαναφέρθηκε είναι το ελκυστικό που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση του εντόμου.

Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας πραγματοποίησε επίσης αναλύσεις με χρήση του στατιστικού λογισμικού R. Για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των τεσσάρων πειραματικών συνδυασμών (τύπος παγίδας / ελκυστικό), χρησιμοποιήθηκαν Γενικευμένα Γραμμικά Μικτά Μοντέλα (Generalized Linear Mixed Models, GLMMs). Αυτή η προσέγγιση επιλέχθηκε διότι είναι η πλέον κατάλληλη για δεδομένα μετρήσεων (όπως ο αριθμός των εντόμων) και ταυτόχρονα λαμβάνει υπόψη τον σχεδιασμό του πειράματος (δηλαδή, τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις από τις ίδιες παγίδες κατά τη διάρκεια τη καλλιεργητικής περιόδου).

Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν τα εξής μοντέλα:

1. **Μοντέλα Συλλήψεων (Συνολικές, Θηλυκά, Αρσενικά):** Για την ανάλυση του συνολικού αριθμού συλλήψεων, καθώς και των θηλυκών και των αρσενικών ξεχωριστά, χρησιμοποιήθηκε η Αρνητική Διωνυμική κατανομή (Negative Binomial). Αυτή η κατανομή είναι ιδανική για δεδομένα μετρήσεων που παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα (υπερδιασπορά - overdispersion).
 - Εξαρτημένη Μεταβλητή: Ο αριθμός συλλήψεων σε κάθε έλεγχο.
 - Σταθερή Επίδραση: Ο συνδυασμός παγίδας-ελκυστικού (π.χ. "Terphri (Biodelear)").
 - Τυχαία Επίδραση (random effect): Η μοναδική ταυτότητα της κάθε παγίδας. Αυτό επιτρέπει στο μοντέλο να λάβει υπόψη ότι οι μετρήσεις που συλλέχθηκαν

επανελημμένα από την ίδια παγίδα είναι συσχετισμένες μεταξύ τους και δεν αποτελούν πλήρως ανεξάρτητες παρατηρήσεις.

- Όρος Διόρθωσης ("Offset"): Χρησιμοποιήθηκε ένας όρος διόρθωσης που βασίστηκε στον ακριβή αριθμό ημερών μεταξύ των ελέγχων. Με αυτόν τον τρόπο, το μοντέλο αναλύει τις συλλήψεις ως ρυθμό (δηλαδή "μύγες ανά παγίδα ανά ημέρα" - FTD), εξουδετερώνοντας τις μικρές διακυμάνσεις στο διάστημα μεταξύ των δειγματοληψιών.

2. **Μοντέλο Αναλογίας Φύλου:** Για να συγκριθεί η αναλογία θηλυκών προς αρσενικά, χρησιμοποιήθηκε ένα Μικτό Μοντέλο με Διωνυμική (Binomial) κατανομή. Ο αρχικός διαγνωστικός έλεγχος αυτού του μοντέλου έδειξε σημάδια υπερδιασποράς (overdispersion), υποδεικνύοντας ότι η μεταβλητότητα στα δεδομένα ήταν μεγαλύτερη από αυτή που προέβλεπε το τυπικό μοντέλο. Για να διορθωθεί αυτό και να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων, το μοντέλο εμπλουτίστηκε με μια δεύτερη τυχαία επίδραση (Observation-Level Random Effect). Αυτή η τεχνική επιτρέπει στο μοντέλο να διαχειριστεί την επιπλέον, μη εξηγούμενη μεταβλητότητα που υπάρχει σε κάθε μεμονωμένη μέτρηση (έλεγχο).

- Εξαρτημένη Μεταβλητή: Η αναλογία θηλυκών προς αρσενικά σε κάθε μέτρηση.
- Σταθερή Επίδραση: Ο συνδυασμός παγίδας-ελκυστικού.
- Τυχαίες Επιδράσεις (random effects):
 1. Η μοναδική ταυτότητα της κάθε παγίδας (για τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις).
 2. Η μοναδική ταυτότητα της κάθε παρατήρησης (για τον έλεγχο της υπερδιασποράς).
- Από αυτή την ανάλυση εξαιρέθηκαν οι παρατηρήσεις όπου δεν υπήρξε καμία σύλληψη, καθώς δεν παρέχουν πληροφορία για την αναλογία των φύλων.

Σε όλα τα μοντέλα, ο μάρτυρας (McPhail με Biolure) ορίστηκε ως το επίπεδο αναφοράς για ευκολότερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα των μοντέλων παρουσιάζονται ως Λόγοι Σχετικού Κινδύνου (Incidence Rate Ratios - IRR) για τα μοντέλα συλλήψεων και ως Λόγοι Πιθανοτήτων (Odds Ratios - OR) για το μοντέλο αναλογίας. Οι πολλαπλές συγκρίσεις (post-hoc tests) μεταξύ των τεσσάρων συνδυασμών πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση εξειδικευμένων στατιστικών πακέτων, εφαρμόζοντας την αυστηρή διόρθωση Tukey.

2.1.3 *Halyomorpha halys*

Η αξιολόγηση των νέων ελκυστικών σε διαφορετικούς τύπους παγίδων για το *H. halys* πραγματοποιήθηκε από τον Ελληνικό Γεωργικό Οργανισμό- ΔΗΜΗΤΡΑ (ΕΛΓΟ), κατά τη διάρκεια δύο διαδοχικών καλλιεργητικών περιόδων (2024 και 2025) σε τρεις οπωρώνες ροδακινιάς, στις περιοχές Έδεσσα, Μελίκη και Επισκοπή της Κεντρικής Μακεδονίας. Τα αγροτεμάχια επιλέχθηκαν εξαιτίας της σταθερής παρουσίας πληθυσμών της καφέ ασιατικής βρωμούσας και της ομοιομορφίας των καλλιεργητικών και γεωμορφολογικών συνθηκών, ώστε να διασφαλίζεται η ακριβής συγκρισιμότητα των δεδομένων.

Σε κάθε οπωρώνα εγκαταστάθηκαν δύο διαφορετικοί τύποι παγίδων:

1. Παγίδες τύπου ρουκέτας (rocket traps)
2. Επιδαπέδιες παγίδες τύπου πυραμίδας (pyramid traps), οι οποίες χρησιμοποιούνται

διεθνώς για την παρακολούθηση της καφέ ασιατικής βρωμούσας.

Σε κάθε περιοχή εγκαταστάθηκαν συνολικά 6 παγίδες: 3 τύπου ρουκέτας και 3 τύπου πυραμίδας, οι οποίες τοποθετήθηκαν στην περίμετρο του κάθε αγροτεμαχίου. Η διάταξη των παγίδων έγινε με τρόπο ώστε να καλύπτεται ομοιόμορφα η έκταση κάθε αγρού, εξασφαλίζοντας την αποφυγή αλληλοεπικάλυψης των ζωνών προσέλκυσης. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ παγίδων του ίδιου τύπου ορίστηκε στα 100 μέτρα, ενώ μεταξύ παγίδων διαφορετικού τύπου στα 20 μέτρα. Οι παγίδες ήταν εφοδιασμένες με τη φερομόνη συνάθροισης του *H. halys* (μίγμα ~3.5:1 των ουσιών (3S,6S,7R,10S)- και (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (SSRS και RSRS αντίστοιχα), σε συνδυασμό με τη συνεργιστική ουσία methyl (2E,4E,6Z)-2,4,6-decatrienoate (MDT)). Όλα τα ελκυστικά τοποθετήθηκαν σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών τους, ώστε να διασφαλίζεται η λειτουργική ισοδυναμία ως προς την ποσότητα και τον ρυθμό απελευθέρωσης των χημικών ουσιών. Οι παγίδες τύπου ρουκέτας τοποθετήθηκαν σε ύψος περίπου 1,5 μέτρου από το έδαφος, σε θέσεις αντιπροσωπευτικές του ύψους μετακίνησης του *H. halys*. Επιλέχθηκαν σημεία προστατευμένα από ακραία καιρικά φαινόμενα ώστε οι παγίδες να λειτουργούν απρόσκοπτα καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Η παρακολούθηση των παγίδων πραγματοποιούνταν σε εβδομαδιαία βάση, για το χρονικό διάστημα 18/04/2024 – 13/11/2024 και 30/04/2025 – 29/10/2025. Σε κάθε επιθεώρηση, γινόταν καταγραφή του αριθμού των συλληφθέντων εντόμων ανά παγίδα και ανά βιολογικό στάδιο, με διακριτή καταμέτρηση ανήλικων (L₂-L₅) και ενηλίκων ατόμων. Παράλληλα, καταγράφονταν πληροφορίες για την κατάσταση κάθε παγίδας, πιθανές επιδράσεις περιβάλλοντος, τη διάρκεια ζωής των ελκυστικών, καθώς και τυχόν παρουσία οργανισμών μη-στόχων (bycatch).

2.1.4 Στατιστική ανάλυση

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τυποποιημένο πρωτόκολλο ώστε να επιτρέπεται η αξιόπιστη στατιστική σύγκριση μεταξύ των δύο τύπων παγίδων. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με εφαρμογή Student t-test μέσω του λογισμικού IBM SPSS Statistics, Version 29.0 (IBM Corp©), με στόχο τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του ελκυστικού στις συλλήψεις ανήλικων και ενηλίκων ατόμων *H. halys* με δύο διαφορετικούς τύπους παγίδων.

2.2 Αποτελέσματα και Συζήτηση

2.2.1 *Ceratitis capitata*

Περιγραφική ανάλυση

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (8/7/2024–13/12/2024), πραγματοποίησε συνολικά 440 ελέγχους παγίδων (110 ανά συνδυασμό). Για την αρχική επισκόπηση των δεδομένων, αναλύθηκαν τόσο οι ακατέργαστες συλλήψεις ανά έλεγχο (Πίνακες 1.1.2-1, 2 και 3) όσο και ο ρυθμός συλλήψεων (Μύγες/Παγίδα/Ημέρα - FTD), ο οποίος αποτυπώνεται στη δυναμική του πληθυσμού (Διαγράμματα 1.1.2-1 και 1.1.2-2).

Πίνακας 1.1.2-1: Περιγραφικά Στατιστικά – Συνολικές συλλήψεις (Total Flies) ανά τύπο παγίδας.

Trap Type (Attractant)	N	Total Sum	Mean (SD)	Median (IQR)	Min-Max
Jackson (Biodelear)	110	30	0.27 (0.81)	0 (0, 0)	0-5
Tephri (Biodelear)	110	529	4.81 (8.29)	1 (0, 6)	0-46
McPhail (Biodelear)	110	891	8.10 (17.24)	1 (0, 9)	0-103
McPhail (Biolure)	110	2350	21.36 (36.85)	4 (1, 20)	0-207

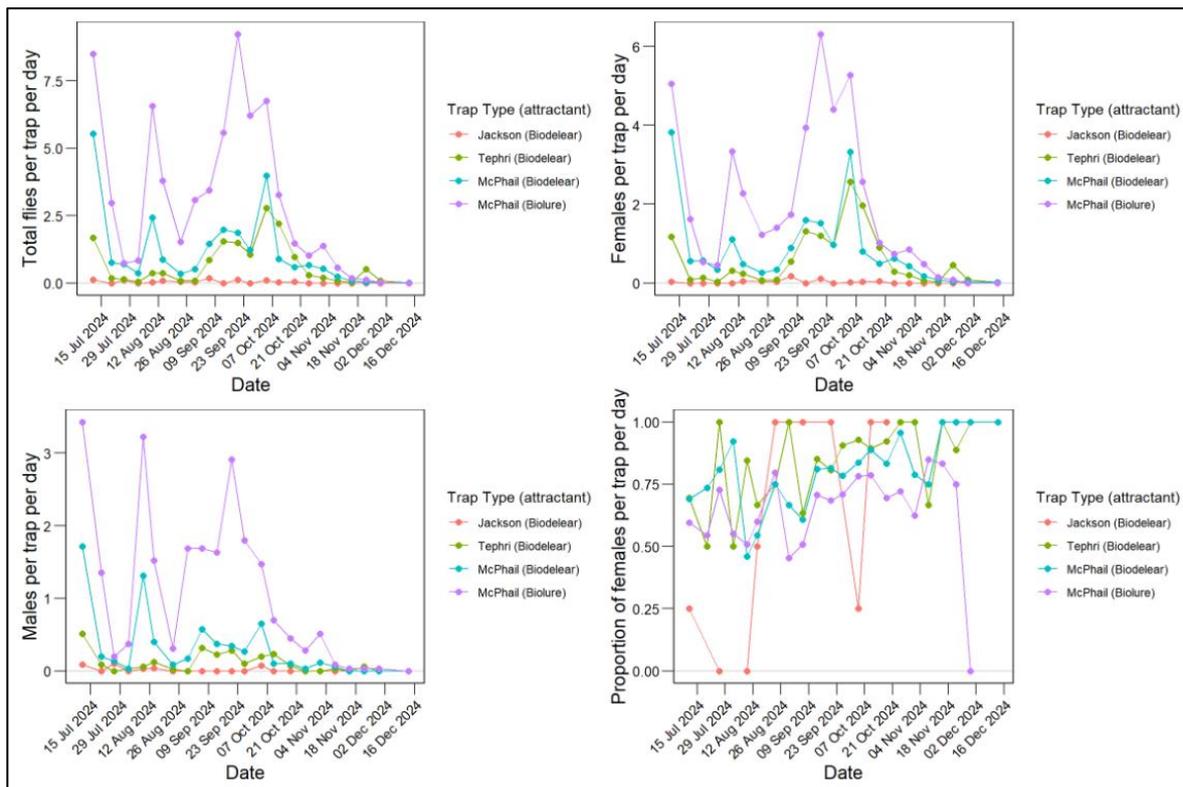
Πίνακας 1.1.2-2: Περιγραφικά Στατιστικά – Συλλήψεις θηλυκών (Females) ανά τύπο παγίδας.

Trap Type (Attractant)	N	Total Sum	Mean (SD)	Median (IQR)	Min-Max
Jackson (Biodelear)	110	19	0.17 (0.69)	0 (0, 0)	0-5
Tephri (Biodelear)	110	447	4.06 (7.29)	1 (0, 5)	0-43
McPhail (Biodelear)	110	658	5.98 (12.52)	1 (0, 6)	0-73
McPhail (Biolure)	110	1522	13.84 (23.22)	3 (0, 16)	0-107

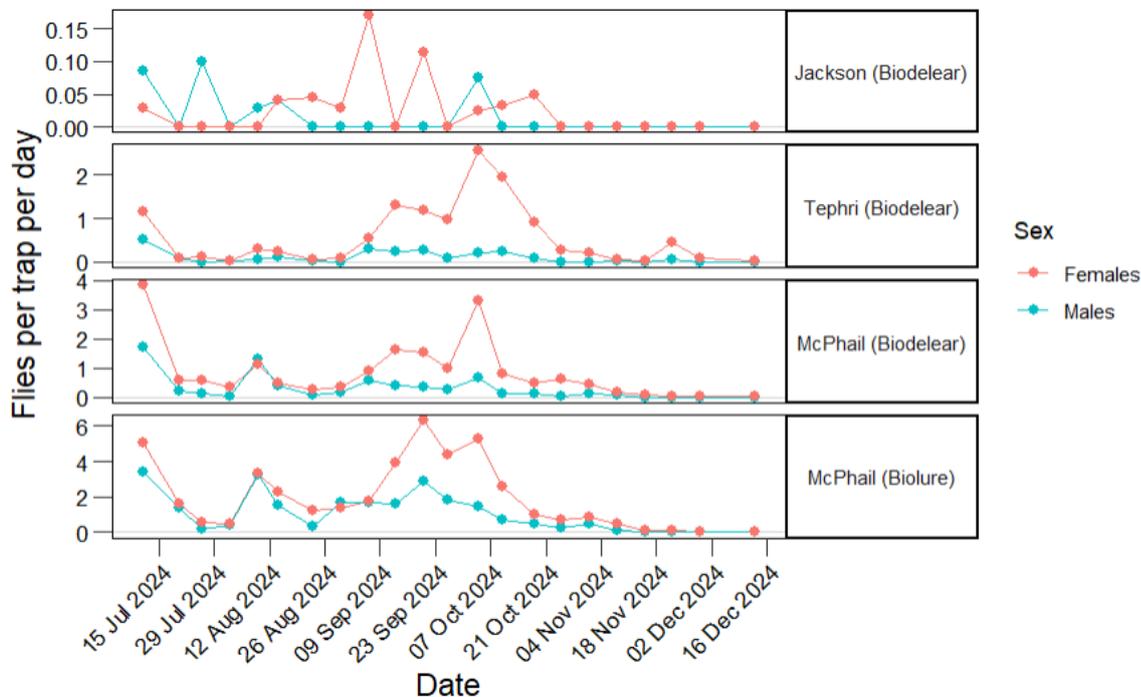
Πίνακας 1.1.2-3: Περιγραφικά Στατιστικά – Συλλήψεις αρσενικών (Males) ανά τύπο παγίδας.

Trap Type (Attractant)	N	Total Sum	Mean (SD)	Median (IQR)	Min-Max
Jackson (Biodelear)	110	11	0.10 (0.43)	0 (0, 0)	0-3
Tephri (Biodelear)	110	82	0.75 (1.49)	0 (0, 1)	0-8
McPhail (Biodelear)	110	233	2.12 (5.60)	0 (0, 2)	0-39
McPhail (Biolure)	110	828	7.53 (15.02)	2 (0, 8)	0-102

Από την πρώτη επισκόπηση, φαίνεται ότι ο μάρτυρας [McPhail (Biolure)] παρουσιάζει σταθερά την υψηλότερη απόδοση. Αυτό είναι εμφανές τόσο στους Πίνακες 1.1.2-1-3 (π.χ. Συνολικός Μ.Ο. = 21.36 άτομα ανά έλεγχο), όσο και στα ραβδογράμματα του Διαγράμματος 1.1.2-3, τα οποία οπτικοποιούν αυτούς τους μέσους όρους. Μεταξύ των παγίδων Biodelear, η [McPhail (Biodelear)] (Συνολικός Μ.Ο. = 8.10 ανά έλεγχο) κατέγραψε αριθμητικά υψηλότερες συλλήψεις από την [Tephri (Biodelear)] (Συνολικός Μ.Ο. = 4.81), ενώ η [Jackson (Biodelear)] είχε μικρότερη απόδοση (Συνολικός Μ.Ο. = 0.27).



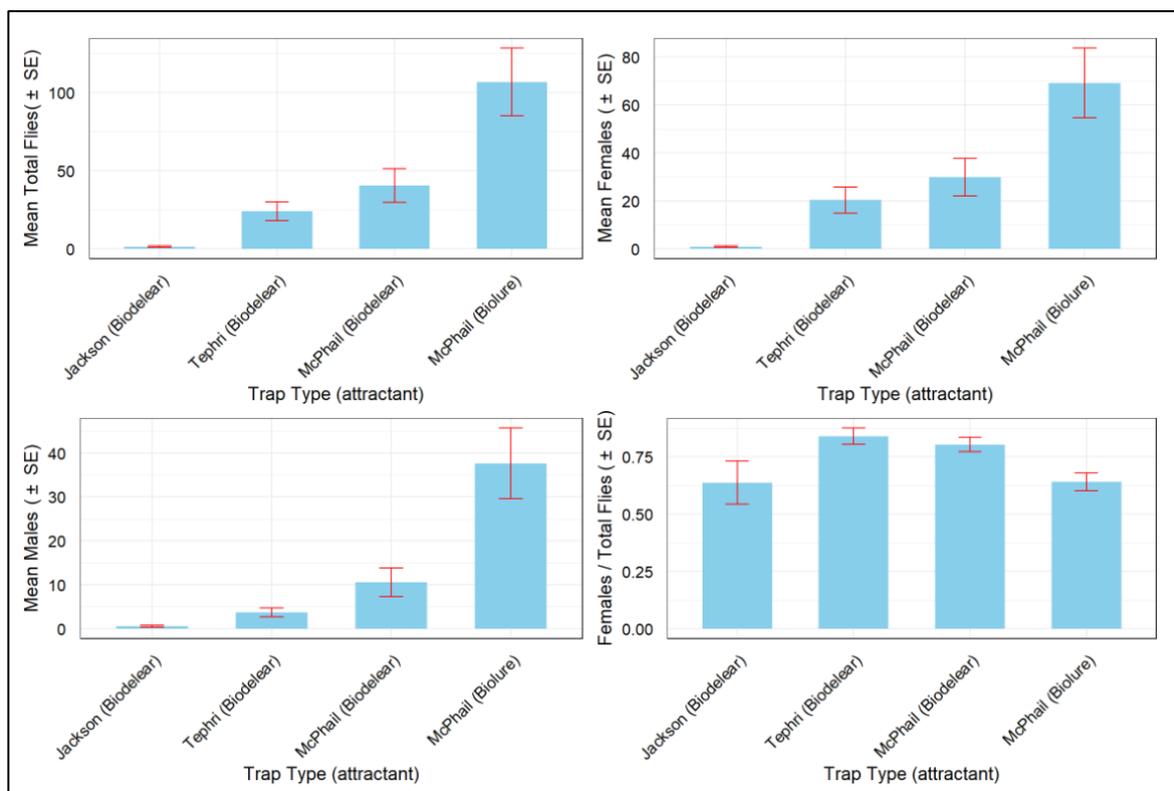
Διάγραμμα 1.1.2-1: Συνολικός αριθμός συλλήψεων (πάνω, αριστερά), συνολικός αριθμός θηλυκών (πάνω, δεξιά), συνολικός αριθμός αρσενικών (κάτω, αριστερά) και αναλογία θηλυκών (κάτω, δεξιά) ανά ημέρα στους διαφορετικούς τύπους παγίδων για τη χρονική περίοδο 8/7/2024 – 13/12/2024.



Διάγραμμα 1.1.2-1: Συνολικός αριθμός συλλήψεων θηλυκών και αρσενικών ανά ημέρα στους διαφορετικούς τύπους παγίδων για τη χρονική περίοδο 8/7/2024 – 13/12/2024.

Παράλληλα, η δυναμική των πληθυσμών που αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 1.1.2-1 επιβεβαιώνει αυτή την υπεροχή, με τον μάρτυρα (μωβ γραμμή) να καταγράφει τις

υψηλότερες κορυφώσεις FTD κατά τη διάρκεια της επιτήρησης.



Διάγραμμα 1.1.2-2: Μέσος όρος συνολικών συλλήψεων (πάνω, αριστερά), μέσος όρος θηλυκών (πάνω, δεξιά), μέσος όρος αρσενικών (κάτω, αριστερά) και αναλογία θηλυκών (κάτω, δεξιά) στους διαφορετικούς τύπους παγίδων για τη χρονική περίοδο 8/7/2024 – 13/12/2024.

Ωστόσο, και στις τρεις κατηγορίες συλλήψεων (Συνολικές, Θηλυκά και Αρσενικά) φαίνεται να υπάρχει μεγάλη υπερδιασπορά (overdispersion) όπου παρατηρείται τεράστια απόκλιση μεταξύ της Μέσης Τιμής (Μ.Ο.) και της Διαμέσου (Median). Για παράδειγμα, ενώ ο Μ.Ο. των συνολικών συλλήψεων του μάρτυρα (Πίνακας 1.1.2-1) είναι 21.36, η Διάμεσος είναι μόλις 4. Το ίδιο μοτίβο παρατηρείται στις συλλήψεις θηλυκών (Πίνακας 1.1.2- 2, Μ.Ο.=13.84 vs Median=3) και αρσενικών (Πίνακας 1.1.2-3, Μ.Ο.=7.53 vs Median=2).

Αυτό υποδεικνύει ότι οι τουλάχιστον οι μισοί έλεγχοι είχαν ελάχιστες συλλήψεις, και οι υψηλές μέσες τιμές οφείλονται δυσανάλογα σε λίγους μόνο ελέγχους με αρκετά υψηλές τιμές (π.χ., Max = 207).

Μοντέλα Συλλήψεων

Για να αξιολογηθούν στατιστικά οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στην περιγραφική ανάλυση, εφαρμόστηκαν Γενικευμένα Γραμμικά Μικτά Μοντέλα (GLMMs) Αρνητικής Διωνυμικής κατανομής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως Λόγοι Σχετικού Κινδύνου (Incidence Rate Ratios - IRR), όπου ο μάρτυρας [McPhail (Biolure)] αποτελεί το επίπεδο αναφοράς (IRR = 1.0).

Ανάλυση Συνολικών Συλλήψεων (Μοντέλο 1)

Τα αποτελέσματα του μοντέλου για τις συνολικές συλλήψεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Όπως φαίνεται, όλοι οι συνδυασμοί Biodelear είχαν IRR σημαντικά μικρότερο

του 1, υποδεικνύοντας αριθμητικά χαμηλότερες συλλήψεις από τον μάρτυρα. Ωστόσο, η ανάλυση post-hoc (Tukey) (Πίνακας 1.1.2-5) αποκαλύπτει ότι, λόγω της υψηλής μεταβλητότητας των δεδομένων, η αριθμητική υπεροχή του μάρτυρα δεν ήταν στατιστικά σημαντική έναντι των [Tephri (Biodelear)] ($p = 0.111$) και [McPhail (Biodelear)] ($p = 0.183$). Μόνο η παγίδα [Jackson (Biodelear)] ήταν υποδεέστερη ($p < 0.001$). Αυτό υποδεικνύει ότι συλλήψεις από μόνες τους δεν παρέχουν πλήρη εικόνα της αποτελεσματικότητας.

Πίνακας 1.1.2-1: Αποτελέσματα Μοντέλου 1 (Total Flies) - Incidence Rate Ratios (IRR)

Trap Type (Attractant)	IRR (95% CI)	p
Intercept	2.131 (0.899, 5.052)	0.0857
McPhail (Biolure) - reference	1	-
Jackson (Biodelear)	0.014 (0.004, 0.050)	<0.001
Tephri (Biodelear)	0.246 (0.072, 0.837)	0.0248
McPhail (Biodelear)	0.284 (0.083, 0.967)	0.0441

Πίνακας 1.1.2-2: Αποτελέσματα Post-Hoc (Tukey) - Μοντέλο 1 (Total Flies)

Contrast	Ratio	SE	z.ratio	p
McPhail (Biolure) / Jackson (Biodelear)	72.131	47.566	6.488	<0.001
McPhail (Biolure) / Tephri (Biodelear)	4.068	2.543	2.244	0.1114
McPhail (Biolure) / McPhail (Biodelear)	3.527	2.208	2.013	0.1831
Jackson (Biodelear) / Tephri (Biodelear)	0.056	0.037	-4.347	0.0001
Jackson (Biodelear) / McPhail (Biodelear)	0.049	0.032	-4.559	<0.001
Tephri (Biodelear) / McPhail (Biodelear)	0.867	0.545	-0.227	0.9959

Ανάλυση Συλλήψεων Θηλυκών (Μοντέλο 2)

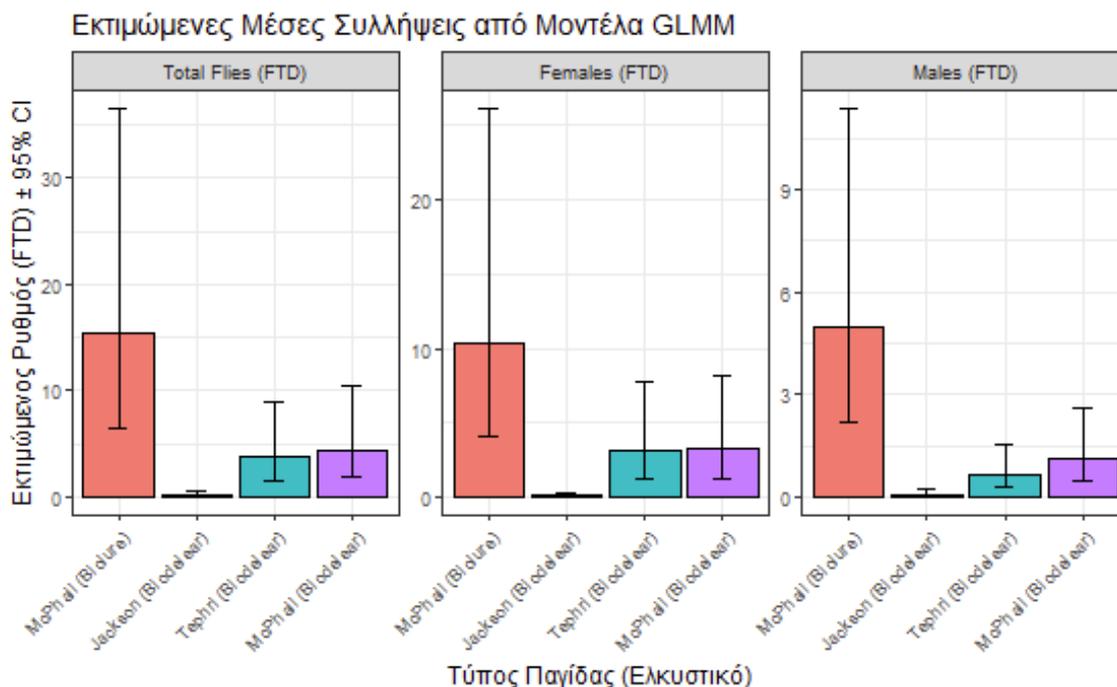
Σχετικά με την ανάλυση των συλλήψεων των θηλυκών, τα αποτελέσματα του μοντέλου (Πίνακας 1.1.2-6) και η ανάλυση post-hoc (Πίνακας 1.1.2-7) ήταν σε συμφωνία με τα ευρήματα του συνολικού μοντέλου. Παρά τον μεγάλο αριθμό συλλήψεων του μάρτυρα, οι παγίδες [Tephri (Biodelear)] και [McPhail (Biodelear)] ήταν ισοδύναμες με τον μάρτυρα [McPhail (Biolure)] στη σύλληψη θηλυκών (Tephri: $p = 0.268$, McPhail: $p = 0.302$). Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1.1.2-4, τα μεγάλα διαστήματα εμπιστοσύνης (95% CI) αλληλοεπικαλύπτονται σε μεγάλο βαθμό. Αυτό δείχνει ότι το ΒΙΟΔΕΛΕΑΡ είναι εξίσου αποτελεσματικό με το Biolure στην προσέλκυση θηλυκών ατόμων.

Πίνακας 1.1.2-3: Αποτελέσματα Μοντέλου 2 (Females) - Incidence Rate Ratios (IRR)

Trap Type (Attractant)	IRR (95% CI)	p
Intercept	1.435 (0.570, 3.617)	0.4432
McPhail (Biolure) - reference	1	-
Jackson (Biodelear)	0.010 (0.002, 0.044)	<0.001
Tephri (Biodelear)	0.297 (0.080, 1.105)	0.0701
McPhail (Biodelear)	0.311 (0.083, 1.158)	0.0816

Πίνακας 1.1.2-4: Αποτελέσματα Post-Hoc (Tukey) - Μοντέλο 2 (Females)

Contrast	Ratio	SE	z.ratio	p
McPhail (Biolure) / Jackson (Biodelear)	96.13	70.603	6.216	<0.001
McPhail (Biolure) / Tephri (Biodelear)	3.363	2.253	1.811	0.268
McPhail (Biolure) / McPhail (Biodelear)	3.218	2.16	1.741	0.3023
Jackson (Biodelear) / Tephri (Biodelear)	0.035	0.026	-4.554	<0.001
Jackson (Biodelear) / McPhail (Biodelear)	0.033	0.025	-4.613	<0.001
Tephri (Biodelear) / McPhail (Biodelear)	0.957	0.645	-0.066	0.9999



Διάγραμμα 21.1.2-3: Εκτιμώμενος μέσος ρυθμός συλλήψεων (FTD) για Συνολικές, Θηλυκές και Αρσενικές μύγες, όπως υπολογίστηκε από τα μοντέλα GLMM (Μοντέλα 1, 2 και 3). Οι ράβδοι σφάλματος (error bars) αναπαριστούν τα 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (95% CI).

Ανάλυση Συλλήψεων Αρσενικών (Μοντέλο 3)

Τα αποτελέσματα του μοντέλου για τις συλλήψεις αρσενικών, (Πίνακας 1.1.2-8), δείχνουν ότι και οι τρεις παγίδες Biodelear ήταν στατιστικά κατώτερες του μάρτυρα (όλες $p < 0.05$). Η ανάλυση post-hoc (Πίνακας 1.1.2-9) επιβεβαιώνει ότι ο μάρτυρας προσέλκυσε στατιστικά σημαντικά περισσότερα αρσενικά από την [Tephri (Biodelear)] ($p = 0.005$) και έδειξε ισχυρή τάση υπεροχής έναντι της [McPhail (Biodelear)] ($p = 0.064$).

Πίνακας 1.1.2-5: Αποτελέσματα Μοντέλου 2 (Males) - Incidence Rate Ratios (IRR)

Trap Type (Attractant)	IRR (95% CI)	p
Intercept	0.689 (0.302, 1.573)	0.3763
McPhail (Biolure) - reference	1	-
Jackson (Biodelear)	0.017 (0.004, 0.063)	<0.001
Tephri (Biodelear)	0.132 (0.040, 0.433)	0.0008
McPhail (Biodelear)	0.223 (0.068, 0.732)	0.0134

Πίνακας 1.1.2-6: Αποτελέσματα Post-Hoc (Tukey) - Μοντέλο 2 (Males)

Contrast	Ratio	SE	z.ratio	p
McPhail (Biolure) / Jackson (Biodelear)	60.056	40.627	6.054	<0.001
McPhail (Biolure) / Tephri (Biodelear)	7.575	4.592	3.34	0.0046
McPhail (Biolure) / McPhail (Biodelear)	4.484	2.72	2.474	0.0641
Jackson (Biodelear) / Tephri (Biodelear)	0.126	0.087	-3.018	0.0135
Jackson (Biodelear) / McPhail (Biodelear)	0.075	0.051	-3.789	0.0009
Tephri (Biodelear) / McPhail (Biodelear)	0.592	0.365	-0.85	0.8306

Συμπερασματικά, η υπεροχή του μάρτυρα Biolure στις συνολικές συλλήψεις (Πίνακας 1.1.2- 1) δεν οφείλεται σε καλύτερη προσέλκυση θηλυκών, αλλά στην ικανότητά του να προσελκύει σημαντικά περισσότερα αρσενικά άτομα.

Μοντέλο Αναλογίας Φύλου

Για την σύγκριση της εκλεκτικότητας των παγίδων, δηλαδή της αναλογίας θηλυκών προς αρσενικά άτομα, χρησιμοποιήθηκε ένα Διωνυμικό GLMM, λαμβάνοντας υπόψη την υπερδιασπορά (overdispersion) των δεδομένων.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 10 ως Λόγοι Πιθανοτήτων (Odds Ratios - OR). Η τιμή OR δείχνει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα (odds) σύλληψης ενός θηλυκού έναντι ενός αρσενικού, σε σύγκριση με τον μάρτυρα [McPhail (Biolure)].

Τα αποτελέσματα έδειξαν:

- [Tephri (Biodelear)]: Παρουσίασε OR = 2.743 ($p < 0.001$). Αυτό σημαίνει ότι η πιθανότητα σύλληψης θηλυκού έναντι αρσενικού ήταν 2.7 φορές υψηλότερη στην παγίδα Tephri με ΒΙΟΔΕΛΕΑΡ σε σύγκριση με τον μάρτυρα Biolure.
- [McPhail (Biodelear)]: Παρουσίασε OR = 1.541 ($p = 0.0085$). Αντίστοιχα, η πιθανότητα σύλληψης θηλυκού ήταν 1.5 φορές υψηλότερη στην παγίδα McPhail με ΒΙΟΔΕΛΕΑΡ σε σύγκριση με τον μάρτυρα.
- [Jackson (Biodelear)]: Δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επιλεκτικότητα σε σχέση με τον μάρτυρα ($p = 0.647$).

Η ανάλυση post-hoc (Tukey) στον Πίνακα 11 επιβεβαιώνει αυτές τις διαφορές.

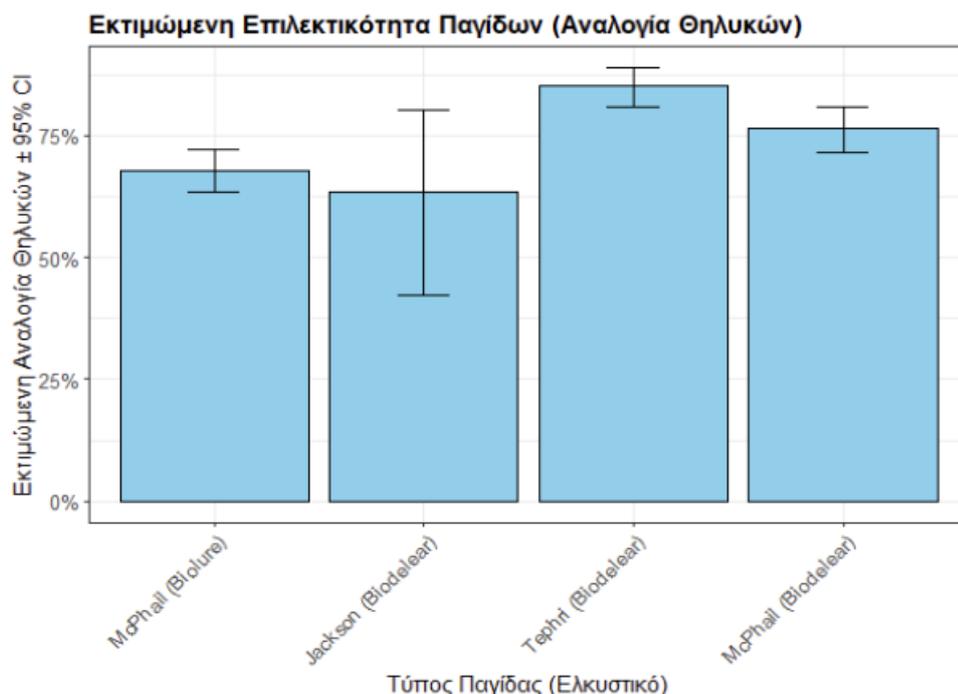
Το Διάγραμμα 1.1.2-4 οπτικοποιεί αυτά τα αποτελέσματα. Δείχνει την εκτιμώμενη αναλογία θηλυκών που προκύπτει από το μοντέλο: ο μάρτυρας [McPhail (Biolure)] είχε εκτιμώμενη αναλογία θηλυκών 66.1%, ενώ οι παγίδες ΒΙΟΔΕΛΕΑΡ είχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες αναλογίες θηλυκών, φτάνοντας το 74.4% [McPhail (Biodelear)] και 84.4% [Tephri (Biodelear)].

Πίνακας 1.1.2-7: Αποτελέσματα Μοντέλου 4 (Proportion) - Odds Ratios (OR)

Trap Type (Attractant)	OR (95% CI)	p
Intercept	2.117 (1.742, 2.572)	<0.001
McPhail (Biolure) - reference	1	-
Jackson (Biodelear)	0.815 (0.339, 1.958)	0.6471
Tephri (Biodelear)	2.743 (1.893, 3.975)	<0.001
McPhail (Biodelear)	1.541 (1.117, 2.128)	0.0085

Πίνακας 1.1.2-8: Αποτελέσματα Post-Hoc (Tukey) - Μοντέλο 2 (Males)

Contrast	Ratio	SE	z.ratio	p
McPhail (Biolure) / Jackson (Biodelear)	1.227	0.549	0.458	0.9681
McPhail (Biolure) / Tephri (Biodelear)	0.365	0.069	-5.334	<0.001
McPhail (Biolure) / McPhail (Biodelear)	0.649	0.107	-2.63	0.0424
Jackson (Biodelear) / Tephri (Biodelear)	0.297	0.138	-2.609	0.0449
Jackson (Biodelear) / McPhail (Biodelear)	0.529	0.241	-1.399	0.5001
Tephri (Biodelear) / McPhail (Biodelear)	1.78	0.37	2.77	0.0287



Διάγραμμα 1.1.2-5: Εκτιμώμενη αναλογία θηλυκών ατόμων από το μοντέλο GLMM (Μοντέλο 4). Οι γραμμές σφάλματος (error bars) δείχνουν τα 95% Διαστήματα Εμπιστοσύνης (95% CI).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό με εκείνα των προηγούμενων ερευνών των Kouloussis *et al.*, (2022) Colacci *et al.*, (2022) και Bali *et al.*, (2021), επιβεβαιώνοντας τη συγκρίσιμη ή και ανώτερη απόδοση του Βιοδελέαρ (Biodelear) έναντι του Biolure στην προσέλκυση ενηλίκων *Ceratitis capitata*, και ειδικότερα θηλυκών ατόμων. Όπως και στη μελέτη των Kouloussis *et al.*, (2022), όπου το Biodelear εμφάνισε αρχικά χαμηλότερη, αλλά σταδιακά συγκρίσιμη αποτελεσματικότητα με το Biolure και σε ορισμένες περιπτώσεις υπεροχή στην προσέλκυση θηλυκών, έτσι και στο συγκεκριμένο πείραμα παρατηρήθηκε στατιστική ισοδυναμία μεταξύ των δύο ελκυστικών ως προς τα θηλυκά. Επιπλέον, η αυξημένη εκλεκτικότητα του Biodelear υπέρ των θηλυκών, η οποία αποτυπώθηκε με υψηλότερες αναλογίες θηλυκών/αρσενικών στις παγίδες Tephri και McPhail, συνάδει πλήρως με την παρατήρηση των Kouloussis *et al.*, (2022), ότι το Biodelear είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό και μακράς διάρκειας στην προσέλκυση των θηλυκών. Ωστόσο, σε αντίθεση με το εύρημα των Kouloussis *et al.*, (2022) για αυξημένες συλλήψεις αρσενικών στο Biodelear κατά το 2010, στο παρόν πείραμα οι παγίδες με Biodelear κατέγραψαν σημαντικά λιγότερα αρσενικά σε σχέση με το Biolure. Η διαφορά αυτή ενδεχομένως να μπορεί να αποδοθεί στις διαφορετικές συνθήκες πεδίου, όπως η πυκνότητα του πληθυσμού, το στάδιο της καλλιεργητικής σεζόν οι μικροκλιματικές

παράμετροι, οι διαθέσιμοι ξενιστές, καθώς επίσης και σε πιθανές παραλλαγές στην ένταση εκπομπής του ελκυστικού κατά την περίοδο των πειραμάτων, είτε λόγω των καιρικών συνθηκών, είτε λόγω του διαφορετικού τρόπου κατασκευής-σχεδίου της εκάστοτε παγίδας.

Σε ό,τι αφορά στη μελέτη των Colacci *et al.*, (2022), η σύγκριση δείχνει ανάλογες τάσεις ως προς την αποτελεσματικότητα του Biodelear όταν συνδυάζεται με κατάλληλο τύπο παγίδας. Όπως παρατηρήθηκε κι εκεί, η παγίδα τύπου Terhri με Biodelear εμφάνισε υψηλή απόδοση στη σύλληψη θηλυκών και παρόμοια αποτελεσματικότητα με άλλους εμπορικούς συνδυασμούς (π.χ. Trypack, Decis Trap). Έτσι και στην παρούσα εργασία η Terhri (Biodelear) παρουσίασε στατιστικά ισοδύναμες συλλήψεις θηλυκών με τον μάρτυρα Biolure και υψηλότερη επιλεκτικότητα. Η αποτελεσματικότητα της παγίδας τύπου Terhri επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της έρευνας των Bali *et al.*, (2021), όπου φάνηκε πως η Terhri, είτε σε συνδυασμό με Biolure είτε με Biodelear προσέλκυσε τα περισσότερα άτομα της μύγας της Μεσογείου, με τη διαφορά όμως ότι αυτό συνέβη μόνο όταν η θερμοκρασία βρισκόταν σε χαμηλά επίπεδα. Αντιθέτως, ο συνδυασμός Terhri (με Biolure) ήταν πολύ πιο αποτελεσματικός συγκριτικά με άλλα συστήματα παγίδας-ελκυστικού στις υψηλές θερμοκρασίες.

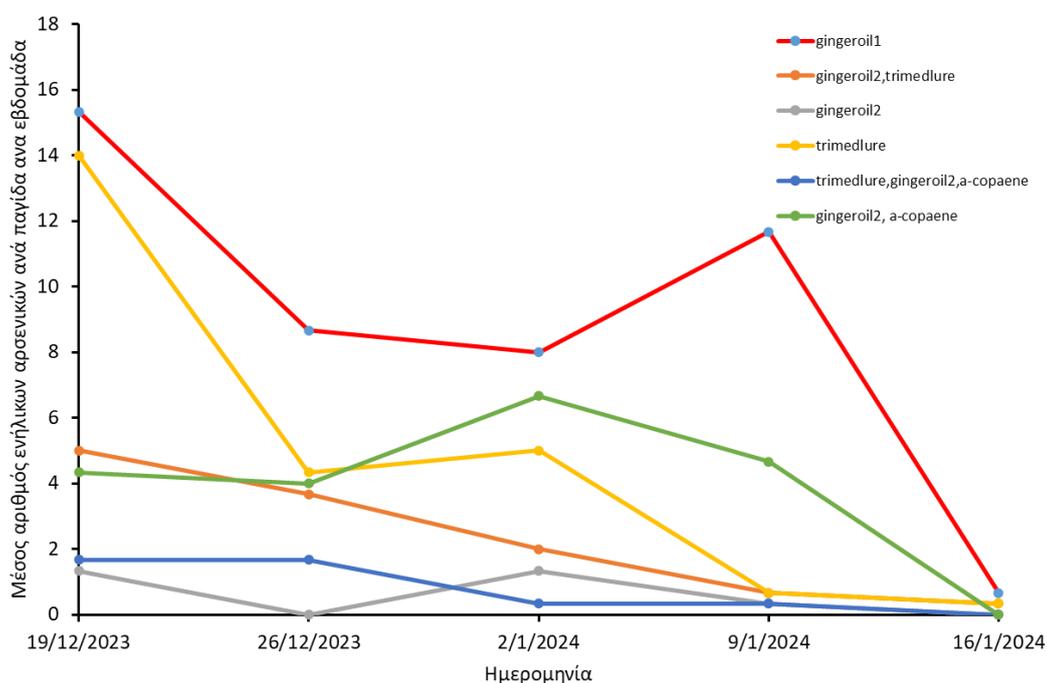
Επιπροσθέτως, η χαμηλή απόδοση του συνδυασμού Jackson (Biodelear) στο πρόσφατο πείραμα αντικατοπτρίζει τη χαμηλή αποτελεσματικότητα του Conetrapp-Biodelear που καταγράφηκε από τους Colacci *et al.*, (2022), υποδεικνύοντας ότι η συμβατότητα παγίδας-ελκυστικού είναι καθοριστικός παράγοντας για την τελική απόδοση. Άλλωστε, αναφορικά με την Jackson, αυτή είθισται διαχρονικά να χρησιμοποιείται με το ελκυστικό trimedlure, το οποίο είναι πιο αποτελεσματικό στην προσέλκυση των αρσενικών ατόμων. Συνεπώς, η εφαρμογή ενός άλλου ελκυστικού (όπως πχ. το Biodelear, καθώς και η διαφορετική φόρμουλα παρασκευής του εκάστοτε ελκυστικού) ενδεχομένως να συνέβαλαν στη μειωμένη αποτελεσματικότητα της Jackson στο εν λόγω πείραμα. Οι αποκλίσεις μεταξύ των διαφορετικών μελετών πιθανότατα απορρέουν από τις διαφορετικές πειραματικές συνθήκες (ημι-πεδίο vs. πραγματικές συνθήκες πεδίου, διάρκεια έκθεσης, θερμοκρασιακά εύρη) και τον διαφορετικό σχεδιασμό των παγίδων, που επηρεάζει την υγρασία, τη διασπορά και τη διατήρηση της πτητικής ουσίας (Kouloussis *et al.*, 2022; Colacci *et al.*, 2022; Bali *et al.*, 2021).

Το Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, κατά το πρώτο πείραμα της αξιολόγησης των ελκυστικών, πραγματοποίησε συνολικά 90 μετρήσεις, 15 για κάθε ελκυστικό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.2-12 και στα διαγράμματα 1.1.2-6 και 7. Στο ένα από τα δύο ginger oil (gingeroil1) που αξιολογήθηκαν καταγράφηκε ο μεγαλύτερος αριθμός συλληφθέντων εντόμων με 8,9 αρσενικά ανά παγίδα ανά εβδομάδα. Το trimedlure κατατάσσεται ως δεύτερο ως προς τον αριθμό των συλληφθέντων εντόμων με μέσο όρο συλληφθέντων εντόμων στα 6,5 και ακολουθεί ο συνδυασμός ginger oil2 με α -coraene με 3,9 συλληφθέντα ενήλικα αρσενικά κατά μέσο όρο. Το ginger oil 1 υπερέιχε αριθμητικά ως προς τις συλλήψεις για όλη την περίοδο των ελέγχων, ενώ μεταξύ trimedlure και του συνδυασμού ginger oil2 με α -coraene υπήρξε διακύμανση ως προς την αριθμητική υπεροχή των συλλήψεων μέσα στη περίοδο των ελέγχων. Παρόλο που το gingeroil1 υπερέιχε αριθμητικά σε σχέση με το trimedlure, εντούτοις η διαφορά δεν ήταν στατιστικώς

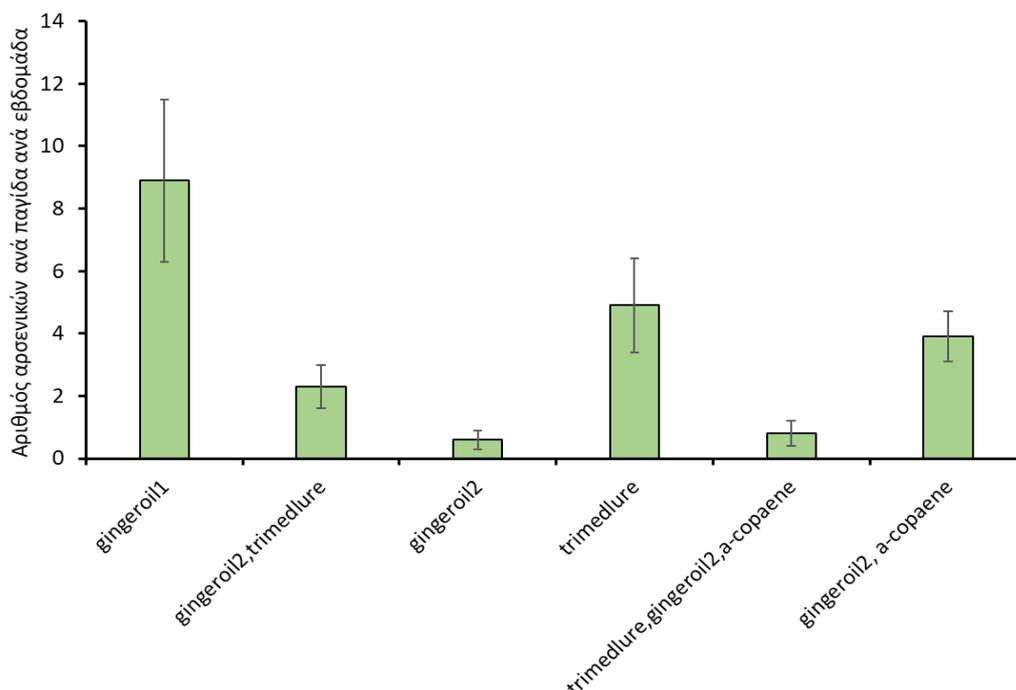
σημαντική σύμφωνα με τα αποτελέσματα στις στατιστικής ανάλυσης των στοιχείων (Πίνακας 1.1.2-13). Επίσης, σύμφωνα με την ανάλυση ο ρυθμός των συλλήψεων μεταξύ του trimedlure και των συνδυασμών ginger oil2 με α -copaene και ginger oil2 με trimedlure δεν διαφέραν σημαντικά. Αυτό συμβαίνει λόγω της μεγάλης υπερδιασποράς που υπάρχει ως προς τον αριθμό των συλλήψεων.

Πίνακας 1.1.2-12: Αποτελέσματα συλλήψεων ενηλικών αρσενικών για τα πειράματα της περιόδου Δεκεμβρίου 2023 – Ιανουαρίου 2024.

Ελκυστικό	Αριθμός μετρήσεων (N)	Συνολικός αριθμός εντόμων	Μέσος όρος (SE)	Διάμεσος (IQR)	IQR	Ελάχιστη-μέγιστη τιμή
Gingeroil1	15	133	8,9 (2,6)	4,0 (2,0-16,5)	14,5	0-30
Gingeroil2+trimedlure	15	35	2,3 (0,7)	1,0 (0,0-5,0)	5,0	0-8
Gingeroil2	15	9	0,6 (0,3)	0,0 (0,0-1,0)	1,0	0-3
Trimedlure	15	73	6,5 (1,5)	3,0 (1,0-6,5)	19,0	0-19
Trimedlure+gingeroil2+ α -copaene	15	12	0,8 (0,4)	0,0 (0,0-1,1)	1,0	0-5
Gingeroil2+ α -copaene	15	59	3,9 (0,8)	5,0 (1,0-6,5)	5,5	0-8



Διάγραμμα 1.1.2-6: Εβδομαδιαίες συλλήψεις ενηλικών αρσενικών της μύγας της Μεσογείου για τα πειράματα της περιόδου Δεκεμβρίου 2023 – Ιανουαρίου 2024.



Διάγραμμα 1.1.2-7: Αριθμός συλληφθέντων ενήλικων αρσενικών ανά παγίδα ανά εβδομάδα για τα πειράματα της περιόδου Δεκεμβρίου 2023 – Ιανουαρίου 2024.

Κατά το δεύτερο πείραμα της αξιολόγησης των ελκυστικών, πραγματοποιήθηκαν συνολικά 180 μετρήσεις, 30 για κάθε ελκυστικό. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.1.2-13 και τα Διαγράμματα 1.1.2-8 και 9. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, το ginger oil1 είχε το μεγαλύτερο αριθμό συλληφθέντων εντόμων με 10,9 αρσενικά ανά παγίδα ανά εβδομάδα, ενώ ως προς τα υπόλοιπα ελκυστικά υπήρχε διαφοροποίηση. Ο συνδυασμός Ginger oil2 με trimedlure κατατάσσεται ως δεύτερο, ο συνδυασμός trimedlure με ginger oil2 και α-copaene ως τρίτο και το trimedlure ως τέταρτο με μέσο αριθμό των συλληφθέντων εντόμων στα 7,8, 5,8 και 5,6 ενήλικα αρσενικά αντίστοιχα. Το ginger oil 1 υπερείχε αριθμητικά ως προς τις συλλήψεις για την περίοδο των ελέγχων που παρατηρούνταν υψηλοί πληθυσμοί του εντόμου, ενώ ήταν παρόμοια με αυτές των trimedlure του συνδυασμού trimedlure με ginger oil2 και του συνδυασμού trimedlure με ginger oil2 και α-copaene τις υπόλοιπες περιόδους. Παρόλο που το ginger oil1 και οι δύο συνδυασμοί υπερείχαν αριθμητικά σε σχέση με το trimedlure, εντούτοις η διαφοράς δεν ήταν στατιστικώς σημαντικές σύμφωνα με τα αποτελέσματα στην στατιστική ανάλυση των στοιχείων (Πίνακας 1.1.2-14). Όπως και στα προηγούμενα πειράματα, παρατηρήθηκε και σε αυτή την περίπτωση μεγάλη υπερδιασπορά των τιμών του αριθμού των συλλήψεων.

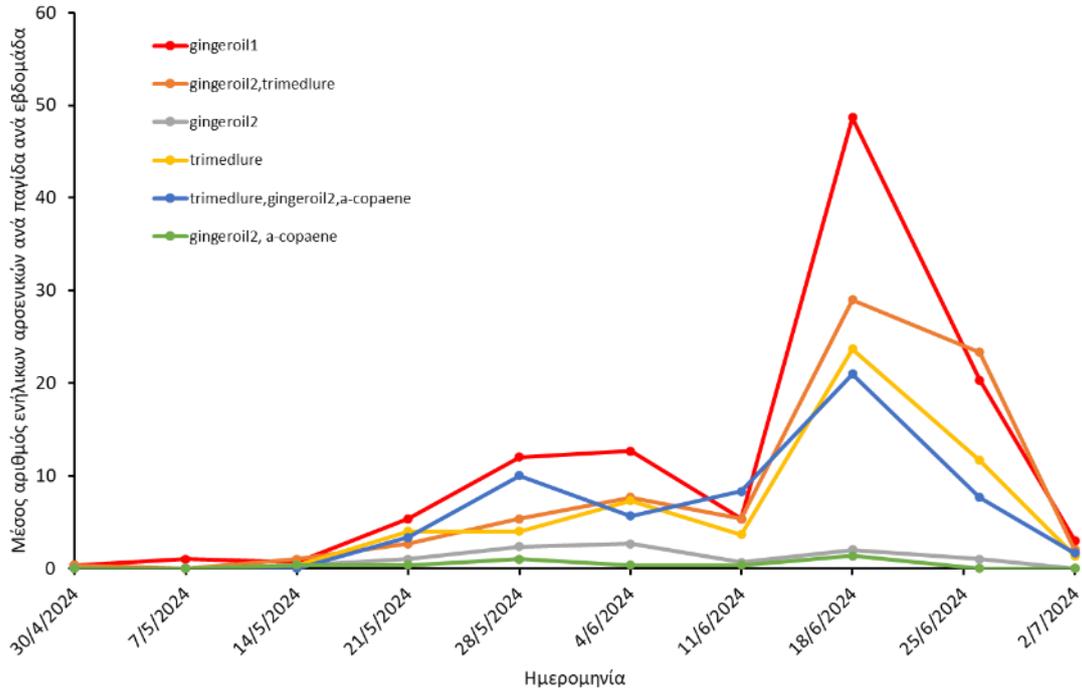
Πίνακας 1.1.2-13: Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των αποτελεσμάτων της περιόδου Δεκεμβρίου 2023 – Ιανουαρίου 2024.

Ελκυστικό	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Expected ration
Intercept (reference attractant Trimedlure)	1,572	0,381	4,131	<0,001	-
Gingeroil1	0,441	0,546	0,808	0,419	1,554
Gingeroil2+trimedlure	-0,761	0,554	-1,373	0,169	0,467
Gingeroil2	-2,149	0,631	-3,408	<0,001	0,111
Trimedlure+gingeroil2+a -copaene	-1,989	0,639	-3,112	<0,01	0,137
Gingeroil2+a -copaene	-0,194	0,540	-0,359	0,719	0,823

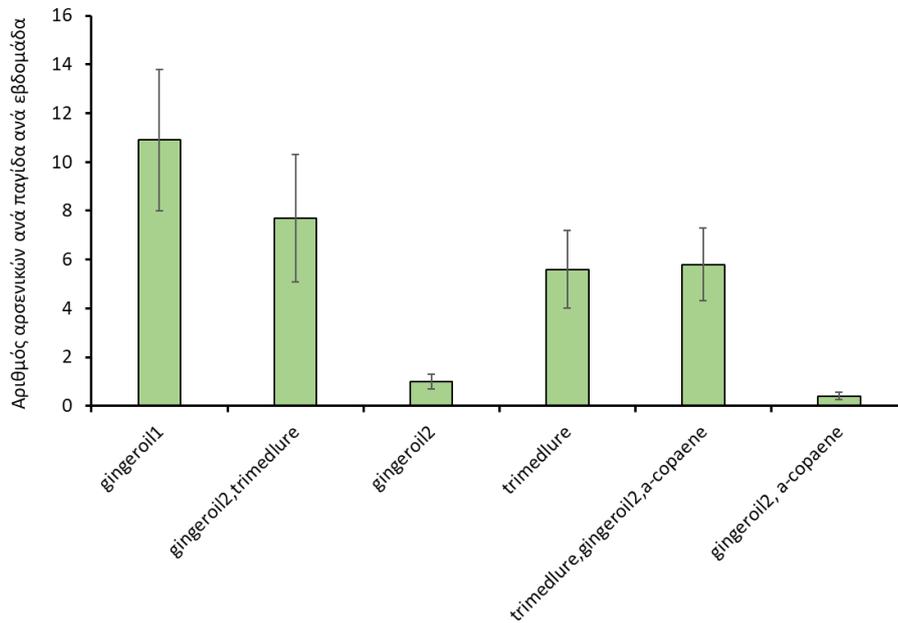
Τα δύο ginger oil δεν είχαν το ίδιο αποτέλεσμα ως την ελκυστικότητα τους, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε διαφορές στη χημική σύσταση των ελαίων (στην παρούσα μελέτη δεν υπήρξε χημικός χαρακτηρισμός της σύστασης των αιθέριων ελαίων). Είναι γνωστό ότι τα αιθέρια έλαια παραλλάσουν σημαντικά ως προς την σύστασή τους ακόμα και για τα ίδιο είδος φυτού ανάλογα με την εποχή, την περιοχή ανάπτυξης, τις καλλιεργητικές φροντίδες κλπ. Σε αντίθεση με τα πειράματα που έγιναν κατά τη χειμερινή περίοδο, ο συνδυασμός trimedlure με ginger oil2 και *a*-copaene είχε ελκυστική δράση που δεν διέφερε σημαντικά με το trimedlure ενώ ο συνδυασμός ginger oil2 με *a*-copaene δεν έδωσε υψηλές συλλήψεις και ήταν σημαντικά υποδεέστερος του trimedlure. Το πιθανότερο είναι παράγοντες του περιβάλλοντος να επηρεάζουν την απελευθέρωση των ουσιών από το υλικό τυποποίησης ή ακόμα και παράμετροι που σχετίζονται με τη φυσιολογική κατάσταση των εντόμων να διαφοροποιούν την ανταπόκριση σε συγκεκριμένα μείγματα.

Πίνακας 1.1.2-14: Αποτελέσματα συλλήψεων ενηλικών αρσενικών για τα πειράματα της περιόδου Απριλίου 2024 – Ιουλίου 2024.

Ελκυστικό	Αριθμός μετρήσεων (N)	Συνολικός αριθμός εντόμων	Μέσος όρος (SE)	Διάμεσος (IQR)	IQR	Ελάχιστη-μέγιστη τιμή
Gingeroil1	30	328	10,9 (2,9)	3,5 (1,2-15,5)	14,3	0-70
Gingeroil2+trimedlure	30	230	7,8 (2,6)	3,5 (0,2-6,7)	6,5	0-58
Gingeroil2	30	30	1,0 (0,3)	0,0 (0,0-1,0)	1,0	0-7
Trimedlure	30	168	5,6 (1,6)	1,5 (0,0-5,7)	5,7	0-39
Trimedlure+gingeroil2+a -copaene	30	173	5,8 (1,5)	5,7 (0,0-8,5)	8,5	0-28
Gingeroil2+a -copaene	30	11	0,4 (0,2)	0,0 (0,0-0,0)	0,0	0-4



Διάγραμμα 1.1.2-8: Εβδομαδιαίες συλλήψεις ενήλικων αρσενικών της μύγας της Μεσογείου για τα πειράματα της περιόδου Απριλίου 2024 – Ιουλίου 2024.



Διάγραμμα 1.1.2-9: Αριθμός συλληφθέντων ενήλικων αρσενικών ανά παγίδα ανά εβδομάδα για τα πειράματα της περιόδου Απριλίου 2024 – Ιουλίου 2024.

Πίνακας 1.1.2-15: Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των αποτελεσμάτων της περιόδου Απριλίου 2024 – Ιουλίου 2024.

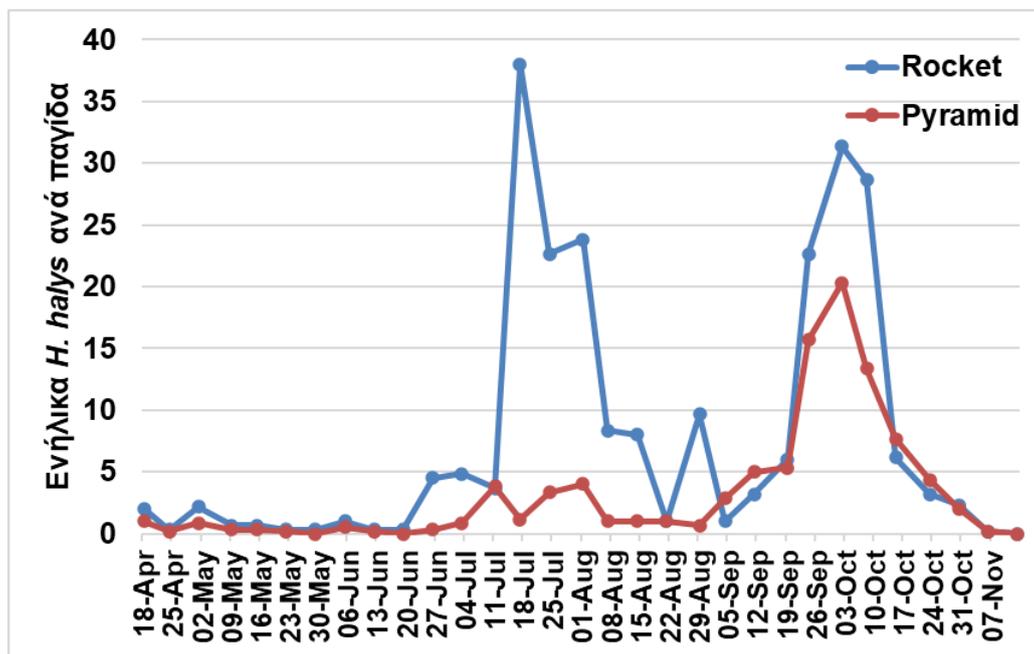
Ελκυστικό	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Expected ration
Intercept (reference attractant Trimedlure)	1,709	0,389	4,391	<0,001	-
Gingeroil1	0,634	0,549	1,153	0,248	1,885
Gingeroil2+trimedlure	0,190	0,555	0,343	0,732	1,209
Gingeroil2	-1,931	0,6036	-3,189	<0,01	0,145
Trimedlure+gingeroil2+a-copaene	-0,012	0,552	-0,022	0,982	0,988
Gingeroil2+a-copaene	-2,782	0,632	-4,404	<0,001	0,062

2.2.2 *Halyomorpha halys*

Τα αποτελέσματα παρακολούθησης του πληθυσμού της καφέ ασιατικής βρωμούσας κατά την καλλιεργητική περίοδο 2024 ανέδειξαν σαφείς διαφοροποιήσεις στην αποτελεσματικότητα των διαφορετικού τύπου παγίδων (Rocket και Pyramid) που εφοδιάστηκαν με νέο τύπο ελκυστικού σε οπωρώνες ροδακινιάς.

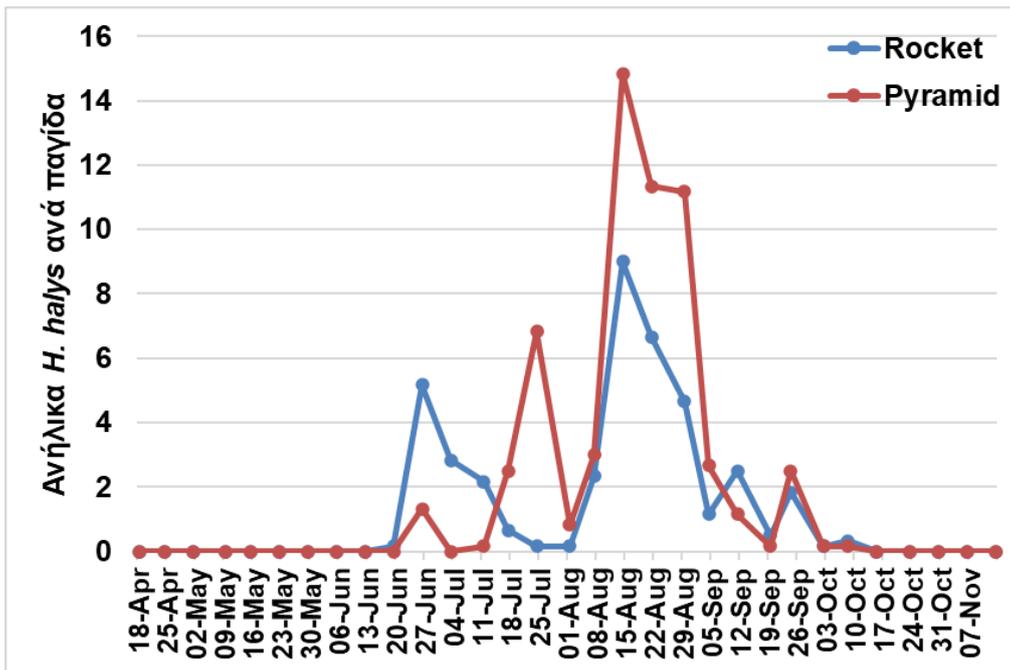
Η παγίδα τύπου ρουκέτας (Rocket) κατέγραψε υψηλότερες συλλήψεις ενηλίκων καθ'όλη τη διάρκεια της περιόδου. Η αύξηση του πληθυσμού ξεκίνησε από τα μέσα Ιουνίου, ενώ κορυφώθηκε στα τέλη Ιουλίου–αρχές Αυγούστου, με τιμές που υπερέβησαν σημαντικά αυτές της παγίδας τύπου πυραμίδας (Pyramid) (Διάγραμμα 1.1.2-10). Αντίθετα, η παγίδα Pyramid εμφάνισε σχετικά σταθερές αλλά χαμηλότερες συλλήψεις, με μια χαμηλότερη κορυφή στις αρχές Σεπτεμβρίου. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι το νέο ελκυστικό σε συνδυασμό με τον τύπο παγίδας Rocket μπορεί να ενισχύει την προσέλκυση ενηλίκων κατά τα μέσα του καλοκαιριού, εποχή αυξημένης δραστηριότητας του εντόμου. Η διαφοροποίηση αυτή σχετίζεται πιθανότατα με οπτικά και μηχανικά ερεθίσματα της παγίδας Rocket (χρώμα, δομή, ύψος τοποθέτησης), που

ενδεχομένως ευνοούν μεγαλύτερη διασπορά του ελκυστικού στην καλλιέργεια.



Διάγραμμα 1.1.2-10: Εβδομαδιαίες συλλήψεις ενηλίκων *H. halys* ανά παγίδα σε διαφορετικού τύπου παγίδες (Rocket, Pyramid) εφοδιασμένες με νέου τύπου ελκυστικά σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2024 (διάστημα αναφοράς 18/04/2024 – 13/11/2024).

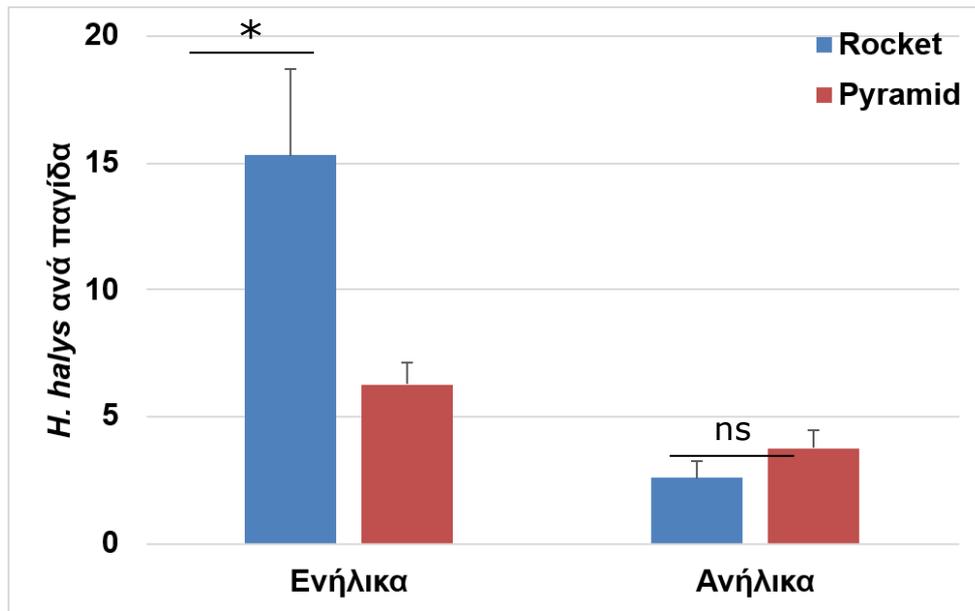
Στο Διάγραμμα 1.1.2-11 παρουσιάζονται οι συλλήψεις ανήλικων σταδίων. Και στις δύο παγίδες παρατηρήθηκαν σαφείς κορυφές του πληθυσμού ανήλικων ατόμων του εντόμου από τις αρχές έως τα μέσα Αυγούστου, η οποία συμβαδίζει με τη φαινολογία του *H. halys* στην περιοχή της Μακεδονίας. Η παγίδα Pyramid κατέγραψε μεγαλύτερες τιμές συγκριτικά με τη Rocket κατά την περίοδο αιχμής, με μέγιστο που ξεπέρασε τις 15 προνύμφες/παγίδα. Η αυξημένη σύλληψη προνυμφών στην Pyramid μπορεί να υποδηλώνει ότι ο νέος ελκυστικός παράγοντας είναι αποτελεσματικός και στα ανήλικα στάδια, επομένως η συγκεκριμένη παγίδα πιθανόν διευκολύνει περισσότερο τη σύλληψη προνυμφών λόγω της κατασκευής της και της επιδαπέδιας τοποθέτησής της.



Διάγραμμα 1.1.2-11: Εβδομαδιαίες συλλήψεις ανηλίκων *H. halys* ανά παγίδα σε διαφορετικού τύπου παγίδες (Rocket, Pyramid) εφοδιασμένες με νέου τύπου ελκυστικά σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2024 (διάστημα αναφοράς 18/04/2024 – 13/11/2024).

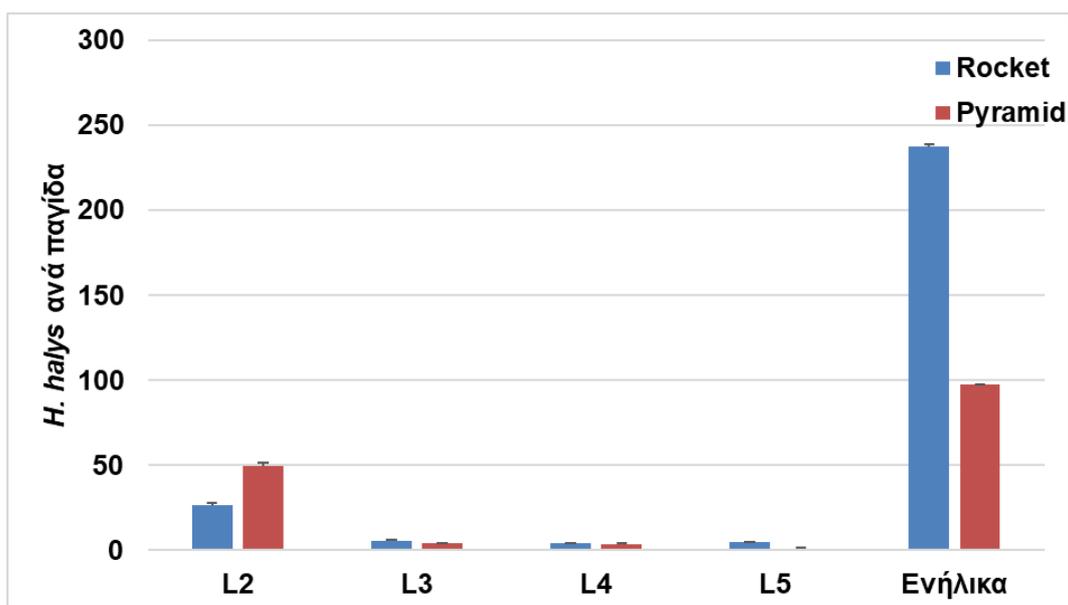
Η παγίδα Rocket παρουσίασε συνολικά σημαντικά υψηλότερες συλλήψεις ενηλίκων ($P < 0.05$, Student t-test), υποδηλώνοντας σαφή υπεροχή στη συγκεκριμένη κατηγορία (Διάγραμμα 1.1.2-12). Αντίθετα, η Pyramid κατέγραψε περίπου το 1/3 αυτών των συλλήψεων.

Για τα ανήλικα στάδια, η Pyramid εμφάνισε υψηλότερες συνολικές τιμές συλλήψεων. Το εύρημα αυτό αναδεικνύει τη συμπληρωματική λειτουργία των δύο τύπων παγίδων και την αποτελεσματικότητα του νέου ελκυστικού όταν χρησιμοποιείται με παγίδες με διαφορετική δομή και χαρακτηριστικά.



Διάγραμμα 1.1.2-12: Εβδομαδιαίες συλλήψεις ενήλικων ατόμων και ανήλικων σταδίων (L2 – L5) του *H. halys* ανά παγίδα σε διαφορετικού τύπου παγίδες (Rocket, Pyramid) εφοδιασμένες με νέου τύπου προσελκυστικά σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2024 (διάστημα αναφορά 18/04/2024-13/11/2024).

Στο Διάγραμμα 1.1.2-13, όπου παρουσιάζεται η μέση πυκνότητα πληθυσμού που συλλήφθηκε στις παγίδες ανά στάδιο (L₂, L₃, L₄, L₅, ενήλικα), επιβεβαιώνεται η αποτελεσματικότητα της Rocket στο στάδιο του ενηλίκου, με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σύγκριση με την Pyramid. Ωστόσο, οι παγίδες Pyramid σημείωσαν σημαντικά υψηλότερη αποτελεσματικότητα όσον αφορά της προνύμφες 2^{ης} ηλικίας του εντόμου (L₂) ($P < 0.05$, Student t-test).



Διάγραμμα 1.1.2-13: Μέση πυκνότητα πληθυσμού ενήλικων ατόμων και ανήλικων σταδίων (L2 – L5) του *H. halys* ανά παγίδα σε διαφορετικού τύπου παγίδες (Rocket, Pyramid) εφοδιασμένες με νέου τύπου προσελκυστικά σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2024 (διάστημα αναφοράς 18/04/2024 – 13/11/2024).

Παρακολούθηση του πληθυσμού της καφέ ασιατικής βρωμούσας σε διαφορετικούς τύπους παγίδων την καλλιεργητική χρονιά 2025

Τα δεδομένα του Διαγράμματος 1.1.2-14 δείχνουν ότι και κατά την καλλιεργητική περίοδο 2025 η παγίδα **Rocket** υπερείχε σαφώς ως προς τις συλλήψεις ενηλίκων *H. halys* σε σχέση με την **Pyramid**, όταν και οι δύο ήταν εφοδιασμένες με τον νέο τύπο ελκυστικού.

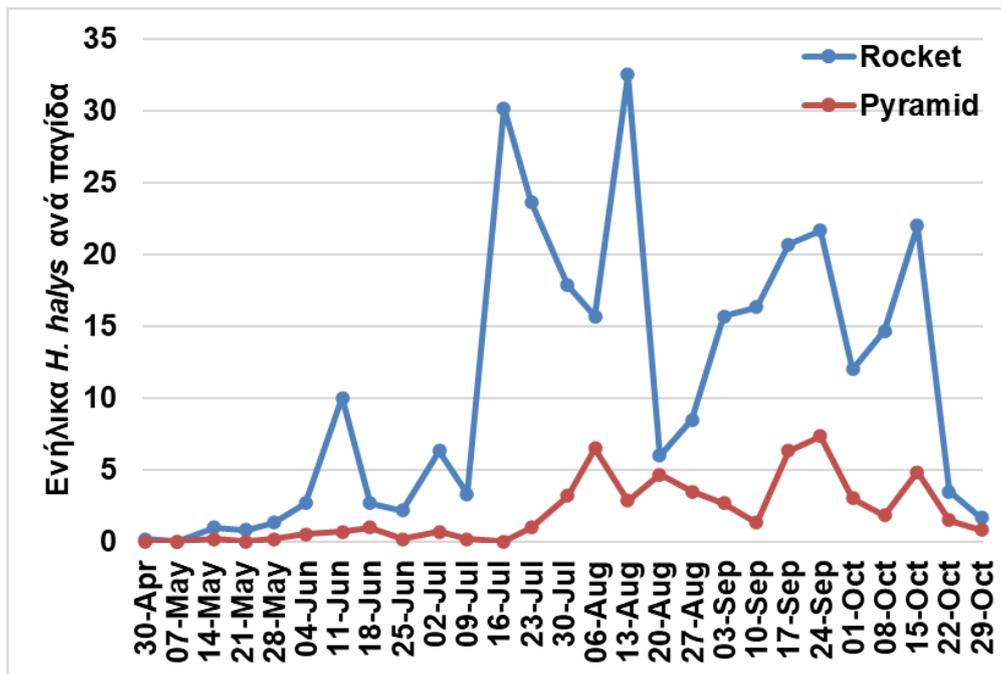
Οι πρώτες συλλήψεις εμφανίζονται στις αρχές Μαΐου, αλλά η ουσιαστική αύξηση του πληθυσμού ξεκινά στα μέσα Ιουνίου. Παρατηρούνται δύο μέγιστα συλλήψεων στην παγίδα τύπου Rocket (μία περί τα μέσα Ιουλίου και μία περί τα τέλη Σεπτεμβρίου), με ορισμένες εβδομάδες να καταγράφουν 20–30 ενήλικα ανά παγίδα. Η υψηλή απόδοση της Rocket υποδηλώνει αυξημένη διασπορά και αποτελεσματική διάχυση του ελκυστικού.

Αντίθετα, οι συλλήψεις της Pyramid παρέμειναν χαμηλές καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, με μέγιστες τιμές κάτω από 10 άτομα ανά παγίδα και με σχετικά ομαλή εποχική καμπύλη. Παρ' όλα αυτά, όπως και οι παγίδες τύπου Rocket έτσι και οι παγίδες τύπου Pyramid κατέγραψαν με σαφήνεια το μοτίβο εποχικής ανάπτυξης του εντόμου παρουσιάζοντας τις 2 αλληλοεπικαλυπτόμενες γενεές που συμπληρώνει το έτος, γεγονός που δείχνει ότι αξιοποιούν πλήρως τις χημικές ιδιότητες του νέου ελκυστικού για την προσέλκυση ενηλίκων.

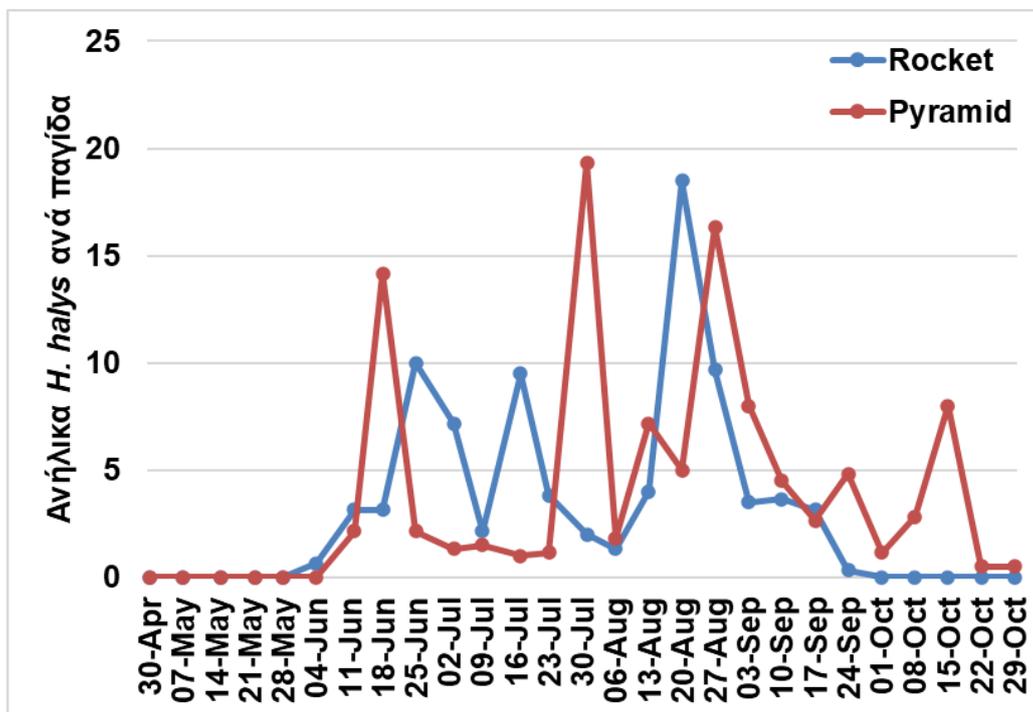
Η εποχική δραστηριότητα των προνυμφών αρχίζει να αυξάνεται στα μέσα Ιουνίου, με σαφή κορύφωση από τέλη Ιουλίου έως και τα μέσα Αυγούστου (Διάγραμμα 1.1.2-15). Και οι δύο παγίδες καταγράφουν υψηλές τιμές συλλήψεων κατά το δίμηνο αυτό, αν και οι διακυμάνσεις είναι μικρότερες από αυτές των ενηλίκων.

Η Rocket εμφανίζει συχνά υψηλότερες συλλήψεις προνυμφών σε σχέση με την Pyramid, ωστόσο δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά. Παρότι υπάρχουν περίοδοι όπου η Rocket υπερβαίνει τη Pyramid (π.χ. αρχές Αυγούστου), συνολικά η απόδοση της Pyramid παραμένει ελαφρώς υψηλότερη.

Η συμπεριφορά αυτή αντανακλά τη γνωστή οικολογία του *H. halys*: τα νεαρά στάδια έχουν περιορισμένη κινητικότητα και συχνά εντοπίζονται σε μικρότερη ακτίνα από το φυτό ξενιστή, γεγονός που εξηγεί τη μικρότερη διαφορά αποτελεσματικότητας μεταξύ των δύο παγίδων.



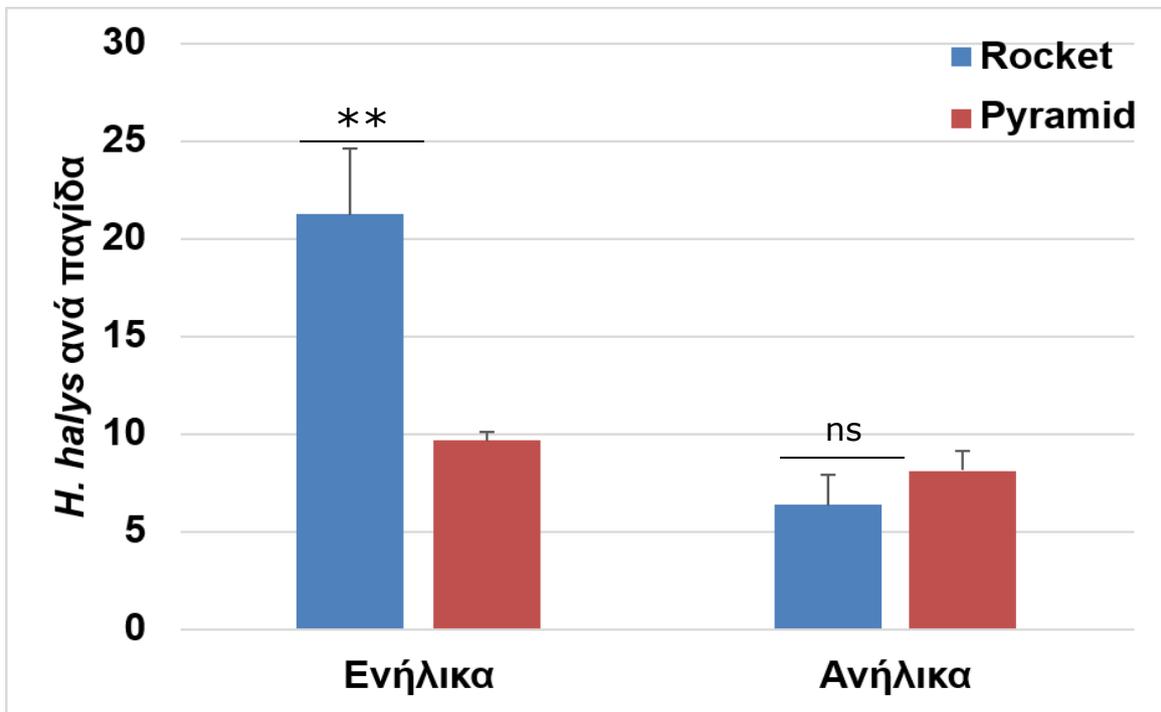
Διάγραμμα 1.1.2-14: Εβδομαδιαίες συλλήψεις ενηλίκων *H. halys* ανά παγίδα σε διαφορετικού τύπου παγίδες (Rocket, Pyramid) εφοδιασμένες με νέου τύπου ελκυστικά σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2025 (διάστημα αναφοράς 30/04/2025 – 29/10/2025).



Διάγραμμα 1.1.2-15: Εβδομαδιαίες συλλήψεις ενηλίκων *H. halys* ανά παγίδα σε διαφορετικού τύπου παγίδες (Rocket, Pyramid) εφοδιασμένες με νέου τύπου ελκυστικά σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2025 (διάστημα αναφοράς 30/04/2025 – 29/10/2025).

Στο Διάγραμμα 1.1.2-16, οι συνολικές συλλήψεις ενηλίκων αναδεικνύουν με σαφήνεια τη σημαντικά υψηλότερη αποτελεσματικότητα της Rocket ($P < 0.01$, Student t-test), ενώ η Pyramid υπερέχει ελαφρώς της Rocket στις συλλήψεις των ανηλίκων ($P > 0.05$, Student t-test), όπως και την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο, με τις

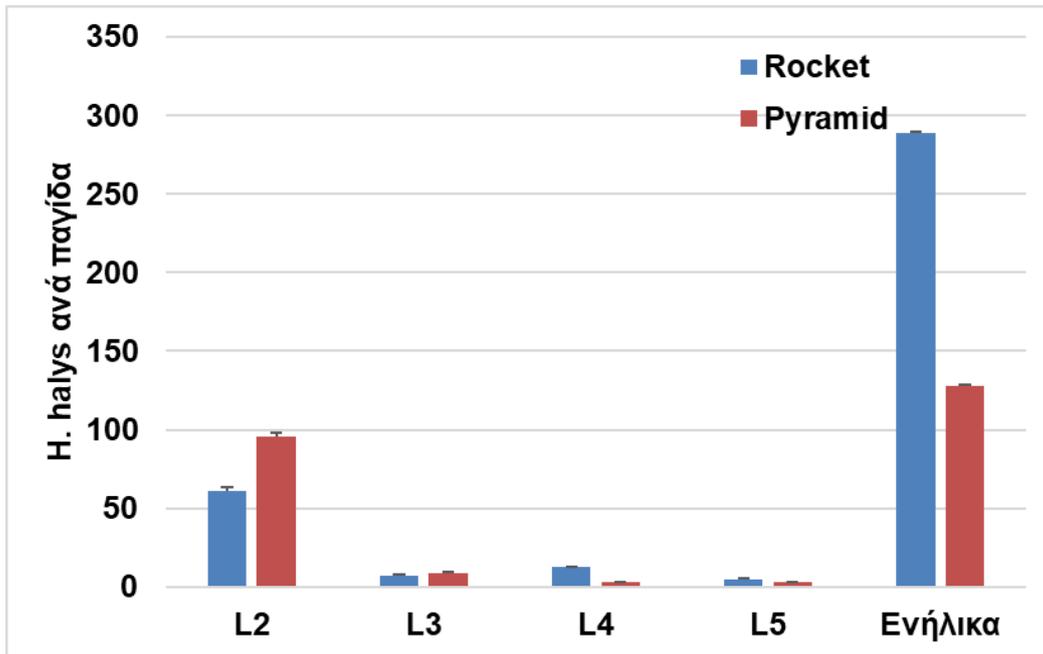
προνύμφες 2^{ης} ηλικίας ($P > 0.05$, Student t-test) να είναι η αιτία αυτής της διαφοράς (Διάγραμμα 1.1.2-17).



Διάγραμμα 1.1.2-16: Συλλήψεις ενήλικων ατόμων και ανήλικων σταδίων (L2 – L5) του *H. halys* ανά παγίδα σε διαφορετικού τύπου παγίδες (Rocket, Pyramid) εφοδιασμένες με νέου τύπου προσελκυστικά σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2025 (διάστημα αναφοράς 30/04/2025-29/10/2025).

Κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 2024 και 2025 παρατηρήθηκαν σαφείς διαφορές τόσο στην εποχική ανάπτυξη του *H. halys* όσο και στην αποτελεσματικότητα των δύο τύπων παγίδων, Rocket και Pyramid. Και στις δύο χρονιές, η πρώτη εμφάνιση των ενηλικών παρατηρήθηκε από τα τέλη Απριλίου, ωστόσο τα μέγιστα των συλλήψεων διαφοροποιήθηκαν χρονικά και ποσοτικά. Το 2024 καταγράφηκε μία πρωιμότερη και έντονη κορύφωση στα μέσα Ιουλίου, ακολουθούμενη από σταδιακές αυξομειώσεις μέχρι τον Οκτώβριο. Το 2025 η δυναμική ήταν πιο σύνθετη, με διαδοχικές υψηλές συλλήψεις κατά την περίοδο Ιουλίου-Σεπτεμβρίου, γεγονός που υποδηλώνει μεγαλύτερη σταθερότητα και παρατεταμένη παρουσία του εντόμου στον οπωρώνα.

Σε επίπεδο αποδοτικότητας παγίδευσης, και στις δύο χρονιές η Rocket υπερείχε σημαντικά έναντι της Pyramid, παρουσιάζοντας αυξημένη σύλληψη ενηλικών, με τη διαφορά να διευρύνεται κυρίως κατά τις περιόδους μέγιστης δραστηριότητας του εντόμου. Η σύγκριση των δύο ετών δείχνει ότι το 2025 σημειώθηκαν συνολικά αυξημένες συλλήψεις ενηλικών αλλά και πιο ενισχυμένη παρουσία προνυμφικών σταδίων. Η ενίσχυση αυτή ενδέχεται να αντικατοπτρίζει ευνοϊκότερες κλιματικές συνθήκες που επιτάχυναν τις εναλλαγές των γενεών, ή να σχετίζεται με αυξημένη τοπική πίεση του πληθυσμού από γειτονικές εστίες. Παράλληλα, η σαφώς διαφοροποιημένη μορφή των εποχικών κορυφών μεταξύ των δύο ετών αναδεικνύει τη σημασία της συνεχούς και συστηματικής παρακολούθησης, δεδομένου ότι η συμπεριφορά του *H. halys* δεν παραμένει σταθερή από έτος σε έτος.



Διάγραμμα 1.1.2-17: Μέση πυκνότητα πληθυσμού ενήλικων ατόμων και ανήλικων σταδίων (L2 – L5) του *H. halys* ανά παγίδα διαφορετικού τύπου παγίδες (Rocket, Pyramid) εφοδιασμένες με νέου τύπου προσελκυστικά σε οπωρώνες ροδακινιάς κατά την καλλιεργητική περίοδο 2025 (διάστημα αναφοράς 30/04/2025-29/10/2025).

3 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των δεδομένων για τη μύγα της Μεσογείου έδειξε ότι ο μάρτυρας McPhail (Biolure) κατέγραψε υψηλότερες συνολικές συλλήψεις, χωρίς οι διαφορές αυτές να είναι στατιστικά σημαντικές σε σχέση με τις παγίδες Terhri (Biodelear) και McPhail (Biodelear). Η υπεροχή του Biolure οφείλεται κυρίως σε αυξημένες συλλήψεις αρσενικών, ενώ ως προς τα θηλυκά άτομα τα δύο ελκυστικά παρουσίασαν σχεδόν ισοδύναμη αποτελεσματικότητα. Ιδιαίτερα σημαντικό εύρημα αποτελεί η αυξημένη επιλεκτικότητα των παγίδων με Biodelear, καθώς κατέγραψαν υψηλότερη αναλογία θηλυκών προς αρσενικά συγκριτικά με τον μάρτυρα. Η παγίδα Terhri (Biodelear) παρουσίασε την υψηλότερη επιλεκτικότητα, με 84.4% θηλυκά άτομα, ακολουθούμενη από την McPhail (Biodelear) με 74.4%. Αντίθετα, η Jackson (Biodelear) αποδείχθηκε η λιγότερο αποτελεσματική, με εξαιρετικά περιορισμένες συλλήψεις καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Συνολικά, βάσει των αποτελεσμάτων και συγκριτικά με εκείνα των παλαιότερων σχετικών πειραμάτων, ενισχύεται το συμπέρασμα ότι το Βιοδελέαρ αποτελεί αξιόπιστη και οικολογικά βιώσιμη εναλλακτική του Biolure για τη μαζική παγίδευση της μύγας της Μεσογείου, με συγκρίσιμη αποτελεσματικότητα και ενισχυμένη επιλεκτικότητα κύριως ως προς τα θηλυκά. Οι επιμέρους διαφοροποιήσεις θα μπορούσαν να αποδοθούν κυρίως σε περιβαλλοντικούς και τεχνικούς παράγοντες και όχι σε εγγενείς διαφορές στην ελκυστικότητα των σκευασμάτων ή στην ποιότητα-αποτελεσματικότητα του εκάστοτε τύπου παγίδας.

Όσον αφορά τα πειράματα αξιολόγησης των νέων ελκυστικών για τη μύγα της Μεσογείου έδειξαν ότι το ginger oil καθώς και διάφοροι συνδυασμοί του με το trimedlure και το α -coraene μπορούν να δώσουν παρόμοια αποτελέσματα με το trimedlure ή και καλύτερα αποτελέσματα (ένωση που χρησιμοποιείται σήμερα ως ελκυστικό για τα αρσενικά της μύγας της Μεσογείου) και θα μπορούσαν να ενταχθούν σε προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης του εντόμου ως ελκυστικά για την παρακολούθηση των πληθυσμών ή να αξιολογηθούν περαιτέρω ως πιθανά ελκυστικά σε μεθόδους μαζικής παγίδευσης των αρσενικών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η εποχική διακύμανση της ελκυστικότητας μεταξύ των ελκυστικών που δείχνει ότι τέτοιου είδους παράμετροι πρέπει να συνηπολογίζονται κατά το σχεδιασμό του συστήματος παρακολούθησης του εντόμου.

Σχετικά με την αποδοτικότητα παγίδευσης του *H. halys*, τα αποτελέσματα τεκμηριώνουν ότι η παγίδα Rocket αποτελεί το καταλληλότερο μέσο παρακολούθησης τόσο της αφθονίας όσο και της φαινολογικής εξέλιξης του εντόμου. Παράλληλα, η σύγκριση των δύο καλλιεργητικών περιόδων επιβεβαιώνει τη δυναμική και πολυπαραγοντική φύση των πληθυσμών του εντόμου, γεγονός που καθιστά αναγκαία την εφαρμογή ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης με βάση δεδομένα υψηλής ακρίβειας και συχνότητας. Τα ευρήματα των ετών 2024 και 2025 ενισχύουν την ανάγκη αξιοποίησης έξυπνων συστημάτων παρακολούθησης και κατάλληλων ελκυστικών σκευασμάτων, ως βασικών εργαλείων για την αποτελεσματική και έγκαιρη αντιμετώπιση του *H. halys* σε δυναμικά αγροτικά περιβάλλοντα.

4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

4.1 Βιβλιογραφικές Αναφορές

Aldrich, J. R., Khrimian, A., & Camp, M. J. (2007). Methyl 2,4,6-decatrienoates attract stink bugs and tachinid parasitoids. *Journal of Chemical Ecology*, *33*, 801–815.

Andreadis, S. S., Moysiadis, T., Gogolashvili, N. E., Koutsogeorgiou, E. I., Fifis, G. T., & Tsaliki, E. (2021). Quality degradation of industrial hemp due to infestation by *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *International Journal of Pest Management*, *70*, 1141–1148.

Andreadis, S. S., Navrozidis, E. I., Farmakis, A., & Pisalidis, A. (2018). First evidence of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) infesting kiwi fruit (*Actinidia chinensis*) in Greece. *Journal of Entomological Science*, *53*, 402–405.

Arnold, K. (2009). *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), eine für die europäische Fauna neu nachgewiesene Wanzenart (Insecta: Heteroptera: Pentatomidae: Cappaeini). *Mitteilungen Thüringer Entomologen*, *16*, 19.

Bali, E. M. D., Moraiti, C. A., Ioannou, C. S., Mavraganis, V., & Papadopoulos, N. T. (2021). Evaluation of mass trapping devices for early seasonal management of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) populations. *Agronomy*, *11*(6), 1101.

Bariselli, M., Bugiani, R., & Maistrello, L. (2016). Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. *EPPO Bulletin*, *46*.

Colacci, M., Trematerra, P., & Sciarretta, A. (2022). Evaluation of trap devices for mass trapping of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) populations. *Insects*, *13*(10), 941.

Egri, A., Mészáros, Á., Kriska, G., & Fail, J. (2023). Dichromacy in the brown marmorated stink bug? Spectral sensitivity of the compound eyes and phototaxis of *Halyomorpha halys*. *Journal of Pest Science*, *97*, 1–10.

Hancock, T. J., Lee, D.-H., Bergh, J. C., Morrison, W. R. III, & Leskey, T. C. (2019). Presence of the invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* on home exteriors during the autumn dispersal period: Results generated by citizen scientists. *Agricultural and Forest Entomology*, *21*, 99–108.

Hoebeke, E. R., & Carter, M. E. (2003). *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America.

Kharrat, S., Gonzalez, F., Rodriguez, C., Calvo, C., & Oehlschlager, C. (2024).

Relative captures and detection of male *Ceratitis capitata* using a natural oil lure or trimedlure plugs. *Florida Entomologist*, 107(1).

Khrimian, A., Zhang, A., Weber, D. C., Ho, H. Y., Aldrich, J. R., Vermillion, K. E., Siegler, M. A., Shirali, S., Guzman, F., & Leskey, T. C. (2014). Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols. *Journal of Natural Products*, 77, 1708–1717.

Kouloussis, N. A., Mavraganis, V. G., Damos, P., Ioannou, C. S., Bempelou, E., Koveos, D. S., & Papadopoulos, N. T. (2022). Trapping of *Ceratitis capitata* using the low-cost and non-toxic attractant Biodelear. *Agronomy*, 12(2), 525.

Lee, D.-H., & Leskey, T. C. (2015). Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Bulletin of Entomological Research*, 105, 566–573.

Lee, D.-H., Short, B. D., Nielsen, A. L., & Leskey, T. C. (2014). Impact of organic insecticides on the survivorship and mobility of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) in the laboratory. *Florida Entomologist*, 97(2), 414–421.

Leskey, T. C., & Nielsen, A. L. (2018). Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: History, biology, ecology, and management. *Annual Review of Entomology*, 63, 599–618.

Leskey, T. C., Khrimian, A., Weber, D. C., Aldrich, J. C., Short, B. D., Lee, D.-H., & Morrison, W. R. III. (2015). Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) to traps baited with stereoisomeric mixtures of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol. *Journal of Chemical Ecology*, 41, 418–429.

Leskey, T. C., Wright, S. E., Short, B. D., & Khrimian, A. (2012). Development of behaviorally-based monitoring tools for the brown marmorated stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in commercial tree fruit orchards. *Journal of Entomological Science*, 47, 76–85.

Manoukis, N. C. (2016). To catch a fly: Landing and capture of *Ceratitis capitata* in a Jackson trap with and without an insecticide. *PLoS ONE*, 11(2), e0149869.

Manoukis, N. C. (2016). To catch a fly: Landing and capture of *Ceratitis capitata* in a Jackson trap with and without an insecticide. *PLoS ONE*, 11(2), e0149869.

Manrakhan, A., Daneel, J. H., Virgilio, M., & De Meyer, M. (2017). Sensitivity of an enriched ginger oil-based trapping system for *Ceratitis* fruit fly pests (Diptera: Tephritidae). *Crop Protection*, 99, 26–32.

Martinson, H. M., Venugopal, P. D., Bergmann, E. J., Shrewsbury, P. M., & Raupp, M.

J. (2015). Fruit availability influences the seasonal abundance of invasive stink bugs in ornamental tree nurseries. *Journal of Pest Science*, 88, 461–468.

Mavraganis, V. G. (2012). Maillard reaction products for attracting insects. *WO Patent*, 56257(3).

McPherson, J. E., & McPherson, R. M. (2000). *Stink Bugs of Economic Importance in America North of Mexico*. CRC Press, Boca Raton, FL.

Nishida, R., Shelly, T. E., Whittier, T. S., & Kaneshiro, K. Y. (2000). α -Copaene, a potential rendezvous cue for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*? *Journal of Chemical Ecology*, 26(1), 87–100.

Pogue, T., Malod, K., & Weldon, C. W. (2024). Effects of physiological status and environmental factors on the lure responses of three pest fruit fly species (Diptera: Tephritidae). *Journal of Chemical Ecology*, 50(11), 679–700.

Rice, K. B., Bergh, J. C., Bergmann, E. J., et al. (2014). Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*). *Journal of Integrated Pest Management*, 5, 1–13.

Rice, K. B., Jones, S. K. III, Morrison, W. R., & Leskey, T. C. (2017). Spotted wing drosophila prefer low hanging fruit: Insights into foraging behavior and management strategies. *Journal of Insect Behavior*, 30, 645–661.

Steiner, L. F., Rohwer, G. G., Ayers, E. L., & Christenson, L. D. (1961). The role of attractants in the recent Mediterranean fruit fly eradication program in Florida. *Journal of Economic Entomology*, 54(1), 30–35.

Weber, D. C., Leskey, T. C., Walsh, G. C., & Khrimian, A. (2014). Synergy of aggregation pheromone with methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 107, 1061–1068.

Weber, D. C., Morrison, W. R., Khrimian, A., Rice, K. B., Leskey, T. C., Rodriguez-Saona, C., Nielsen, A. L., & Blaauw, B. R. (2017). Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: Discoveries and applications. *Journal of Pest Science*, 90, 989–1008.

Wiman, N. G., Walton, V. M., Shearer, P. W., Rondon, S. I., & Lee, J. C. (2015). Factors affecting flight capacity of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Pest Science*, 88, 37–47.