ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΦΥΤΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Βιολογία και Οικολογία του *Drosophila suzukii* στην περιοχή του Ν.Πέλλας.

Τσικνίδης Μηνάς

Γεωπόνος

Βόλος 2022

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Βιολογία και Οικολογία του Drosophila suzukii στην περιοχή του Ν.Πέλλας.

Τσικνίδης Μηνάς

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Επιβλέπων:

Ν. Παπαδόπουλος, Καθηγητής Εφαρμοσμένης Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (ΠΘ), Βόλος

Μέλη:

Χ. Αθανασίου, Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (ΠΘ), Βόλος

Ν. Τσιρόπουλος, Καθηγητής Αναλυτικής Χημείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (ΠΘ), Βόλος

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Copyright © *Τσικνίδης Μηνάς, 2022*.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2021-2022, στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στο κείμενο αναλύεται η μορφολογία και η βιολογία της κηλιδόπτερης δροσόφιλας, ενώ παρατίθενται πληροφορίες σχετικά με την παγίδευσή - μέσω διαφόρων παγίδων και ελκυστικών - και την αντιμετώπισή του εντόμου. Ακόμα, αναφέρονται τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις πειραματικές διαδικασίες και τέλος, τα αποτελέσματα και η συζήτηση.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της Μεταπτυχιακής μου διατριβής κ. Νικόλαο Θ. Παπαδόπουλο για την βοήθειά του στην επιλογή του θέματος, στην περάτωση των πειραματικών διαδικασιών καθώς και για τις συμβουλές του στην συγγραφή της διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Χρίστο Αθανασίου και κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο για τις συμβουλές και υποδείξεις ώς μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής.

Ευχαριστώ όλη την ομάδα του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Π. Θ. Θα ήθελα να ευχαριστήσω, ιδιαίτερα τον φίλο, συνάδελφο και μέλος του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Π.Θ, Βασίλειο Ροδοβίτη για την πολύτιμη βοήθειά του κατά την πειραματική διαδικασία, την συγγραφή της διατριβής αλλά και για την παραχώρηση φωτογραφικού υλικού. Ευχαριστώ τον Δρ. Ζάρπα Κωνσταντίνο για την παραχώρηση χρήσιμου υλικού εξοπλισμού του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Π. Θ.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξη τους και ιδιαίτερα τον αδερφό μου, Δημήτρη Τσικνίδη που με βοήθησε, σημαντικά, κατά τις διαδικασίες ελέγχου των παγίδων και των δειγματοληψιών.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Περίληψη

Το *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) (κηλιδόπτερη δροσόφιλα) θεωρείται ένας από τους πλέον επιζήμιους εντομολογικούς εχθρούς των μαλακόσαρκων φρούτων όπως τα κεράσια, οι φράουλές και τα βατόμουρα. Το έντομο προκαλεί τεράστια οικονομικά και διαχειριστικά προβλήματα στην φρουτοπαραγωγή και στην εμπορία των φρούτων που προσβάλει. Εκτενείς αναφορά γίνεται στην βιβλιογραφία για την φαινοτυπική πλαστικότητα και την εύκολη προσαρμοστικότητα του εντόμου σε δυσμενή περιβάλλοντα, που σε συνδυασμό με την παγκόσμια μεταφορά ανθρώπων και αγαθών το καθιστούν ένα από τα σημαντικότερα είδη-εισβολείς. Σε περιοχές όπου το έντομο προκαλεί προβλήματα κρίνεται απαραίτητη η παρακολούθηση των πληθυσμών και η χρήση κατάλληλών παγίδων και ελκυστικών. Στην Ελλάδα λιγοστές είναι οι αναφορές για την πληθυσμιακή διακύμανση των πληθυσμών του εντόμου στις κατά κόρον κερασοπαραγωγικές περιοχές στα βορειότερα της χώρας. Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η μελέτη της φαινολογίας του *D.suzukii* στις ορεινές περιοχές της Πέλλας. Επιπλέον, για την ακριβέστερη αποτύπωση των πληθυσμών του εντόμου πραγματοποιήθηκε σύγκριση της αποτελεσματικότητας διαφόρων τύπων παγίδων και ελκυστικών για τα ενήλικα του *D. suzukii*.

Η περιοχή μελέτης (Κάτω Κορυφή Πέλλας) βρίσκεται στο όρος Βόρας στην βόρεια Ελλάδα, σε υψόμετρο 840 m και το κλίμα της χαρακτηρίζεται από ψυχρούς χειμώνες, με συχνές χιονοπτώσεις και βροχοπτώσεις, ενώ κατά την διάρκεια του καλοκαιριού η θερμοκρασία σπάνια ξεπερνά τους 30^{o}C. Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε δύο σκέλη κατά τα οποία εξετάστηκε η ελκυστικότητα παγίδων και τροφικών ελκυστικών. Χρησιμοποιήθηκαν 6 διαφορετικοί τύποι παγίδων και 5 διαφορετικά ελκυστικά. Οι παγίδες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αυτοσχέδιες παγίδες σε σχήμα σφαίρας χρώματος κόκκινο ή κίτρινο, παγίδες πλαστικού δοχείου χωρητικότητας 500 ml σε σχήμα μπουκαλιού ή ποτηριού και η εμπορική παγίδα Drosinal. Τα ελκυστικά αντίστοιχα ήταν το κλασσικό μείγμα μηλόξιδου, το τροφικό ελκυστικό Biodelear, το τυποποιημένο ελκυστικό SWD lure της εταιρείας Russell-IPM και το τυποποιημένο ελκυστικό της παγίδας Drosinal το ‘’Drosinal lure’’. Οι παγίδες ελέγχονταν με εβδομαδιαία συχνότητα. Για την αξιολόγηση της προσβολής στον κάθε πειραματικό οπωρώνα πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία καρπών. Οι πληθυσμοί του εντόμου, με βάση τις συλλήψεις των παγίδων διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα από την άνοιξη έως και τα μέσα του καλοκαιριού. Με την ωρίμανση των κερασιών, παρατηρήθηκε αύξηση του πληθυσμού στις αρχές Αυγούστου η οποία συνεχίστηκε κατά την Φθινοπωρινή περίοδο με το μέγιστο του πληθυσμού να παρατηρείται στις 14 Νοεμβρίου. Στο πρώτο πειραματικό σκέλος στην παγίδα Drosinal συλλέχθηκαν τα περισσότερα άτομα καθ’ όλη την διάρκεια της περιόδου, ενώ στο δεύτερο νωρίτερα από όλες τις υπόλοιπες παγίδες και τα περσότερα άτομα πιάστηκαν στην αυτοσχέδια πλαστική παγίδα μπουκαλιού. Τα ποσοστά προσβολής καρπών κυμάνθηκαν από 2 έως 56 %. Η παρούσα εργασία αποσαφηνίζει την φαινολογία του εντόμου στην κύρια κερασοπαραγωγική περιοχή της χώρας, προτείνει τον αποτελεσματικότερο τρόπο παγίδευσης του εντόμου και συνεισφέρει στην εφαρμογή στρατηγικών και στην λήψη μέτρων αντιμετώπισης του εντόμου γενικότερα.

Λέξεις κλειδιά: *Drosophila suzukii,* κηλιδόπτερη δροσόφιλα, κερασιά, φαινολογία, παγίδευση, σύγκριση παγίδων.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Summary

Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) (spotted wing Drosophila) is considered one of the most harmful insect pests of soft fruits such as cherries, strawberries and blackberries. The insect causes huge financial and administrative problems in the fruit production and marketing of the fruits it infects. Extensive reference is made in the literature to the phenotypic plasticity and easy adaptability of the insect to adverse environments, which in combination with the global transport of people and goods make it one of the most important invasive species. In areas where the insect causes problems, it is necessary to monitor the population and use appropriate traps and attractants. In Greece, there are few reports on the population variation of the insect populations in the cherry-producing areas in the north of the country. The purpose of this thesis was to study the phenology of *D. suzukii* in the mountainous areas of Pella. In addition, to more accurately capture the insect populations, a comparison was made of the effectiveness of different types of traps that were attractive to *D. suzukii* adults.

The study area (Kato Koryfi Pella) is located on mount Voras in northern Greece, at an altitude of 840 m and its climate is characterized by cold winters, with frequent snowfall and rainfall, while during the summer the temperature rarely exceeds 30ºC. The experimental procedure was performed in two parts during which the attractiveness of traps and food attractants was examined. 6 different types of traps and 5 different traps were used. The traps used were improvised spheres in the shape of a red or yellow sphere, traps in a 500 ml plastic container in the shape of a bottle or glass and the commercial Drosinal trap. The attractants were the classic apple cider vinegar mixture, the Biodelear food attractant, the Russell-IPM standard SWD lure and the Drosinal lure of Drosinal trap. The traps were checked on a weekly basis. Fruit sampling was performed to assess the infestation in each experimental orchard. Insect populations, based on trap catches, were kept low from spring to mid-summer. With the ripening of the cherries, there was an increase in the population at the beginning of August which continued during the autumn period with the maximum population being observed on November 14.

In the first experimental part, Drosinal trap collected the most *D. suzukii* individuals throughout the season, while in the second, earlier than all other traps, most individuals were caught in the makeshift plastic bottle trap. Fruit infestation rates ranged from 2 to 56%. The present work clarifies the phenology of the insect in the main cherry-producing region of the country, proposes the most effective way of trapping the insect and contributes to the implementation of strategies and measures to deal with the insect in general.

Keywords: *Drosophila suzukii*, spotted wing Drosophila, cherry, phenology, trapping, trap comparison.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Περιεχόμενα

Πρόλογος – Ευχαριστίες....4
Περίληψη....5
Summary....6
Κεφάλαιο 1: Γενική Εισαγωγή....8
1.1.Γενικά χαρακτηριστικά....8
1.2 Παγίδευση του *Drosophila suzukii*....17
Κεφάλαιο 2: Πειραματικός σχεδιασμός-Υλικά και μέθοδοι....20
2.1 Περιοχή έρευνας....20
2.2 Οπωρώνες έρευνας και ανάρτηση παγίδων....21
2.3. Παρακολούθηση του πληθυσμού των ενηλίκων....30
2.4. Δειγματοληψία καρπών....33
2.5. Μετεωρολογικά δεδομένα....34
2.7 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων....34
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα....35
3.1. Μετεωρολογικά δεδομένα....35
3.2. Πρώτο πείραμα....38
3.3. Δεύτερο πείραμα....41
Κεφάλαιο 4: Συζήτηση - Συμπεράσματα....46
Βιβλιογραφία....52
Ελληνική....52
Διεθνής....52
Ηλεκτρονική....57

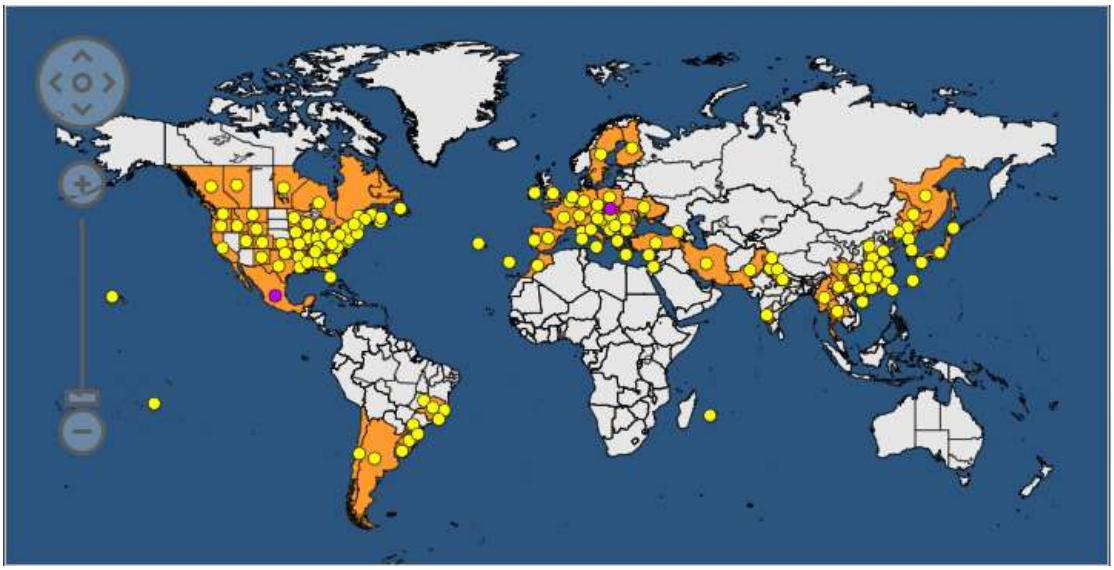
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Κεφάλαιο 1: Γενική Εισαγωγή

1.1.Γενικά χαρακτηριστικά

1.1.1.Καταγωγή- γεωγραφικά εξάπλωση

Η κηλιδόπτερη δροσόφιλα, *Drosophila suzukii* (Matsumura), ανήκει στην οικογένεια Drosophilidae της τάξης των δίπτερων (EPPO, 2013). Πρόκειται για ένα είδος-εισβολέας (invasive), εξαιρετικά πολυφάγο που απαριθμεί περισσότερους από 190 ξενιστές και είναι ιθαγενές στην Νοτιοανατολική Ασία (Rota-Stabelli et al., 2013; Little et al., 2020). Αν και ο Kanzawa, (1939) αναφέρει ότι υπάρχουν πληθυσμοί του εντόμου σε όλη την Ιαπωνία δεν έχει αποσαφηνιστεί ακόμη, αν το είδος είναι ιθαγενές ή εισήλθε αργότερα στη συγκεκριμένη χώρα (Hauser, 2011). Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Φυτοπροστασίας το έντομο είναι παρών σε 52 χώρες παγκοσμίως (Βόρεια και Νότια Αμερική, Ευρώπη, Ασία και Αφρική) (Εικ. 1.1) (EPPO Global Database, 2021). Η πλήρης γεωγραφική διασπορά του εντόμου είναι ασαφής λόγω της έλλειψης ευαίσθητων συστημάτων διαπίστωσης της παρουσίας του εντόμου (Walsh et al., 2011 ; Cini et al., 2012).



Εικόνα 1.1. Παγκόσμια εξάπλωση του *Drosophila suzukii*, με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται οι χώρες στις οποίες το έντομο έχει εγκατασταθεί και με μωβ εκεί όπου το έντομο εμφανίζεται παροδικά (EPPO,31/8/21, Ηλεκτρονική πηγή 1).

Η πρώτη ανίχνευση του εντόμου στις ηπειρωτικές Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ) σημειώθηκε το 2008 στην Καλιφόρνια σε καλλιέργεια βατόμουρου (Hauser, 2011), ενώ στα νησιά της Χαβάης καταγράφηκε για πρώτη φορά το 1980 (Lee et al., 2011). Στην Ευρώπη η παρουσία του σημειώθηκε για πρώτη φορά στην Ισπανία το 2008, στην Ιταλία το 2009 και στη Γαλλία το 2010 (Lee et al., 2011). Στην Ν. Αμερική οι Depra et al., (2014) αναφέρουν την διαπίστωση της παρουσίας του το 2012 στην Βραζιλία. Στην Αφρική η πρώτη καταγραφή σημειώθηκε το 2017 στο Μαρόκο αλλά υποψίες για την ύπαρξη του υπήρχαν ήδη από το 2014 (Boughdad et al., 2021). Στην Ελλάδα η πρώτη επίσημη αναφορά του εντόμου σημειώθηκε το 2013 από τους Papachristos et al., (2013) στην περιοχή των Ιωαννίνων σε καλλιέργεια βατόμουρου και το επόμενο έτος καταγράφηκε η παρουσία του και στην Κρήτη (Maca, 2014). Στην συνέχεια, το έντομο συλλήφθηκε σε συστήματα παγίδευσης, σε σύντομο χρονικό διάστημα, σε όλη την επικράτεια της χώρας και πλέον συναντάται σε ορεινές, πεδινές, ηπειρωτικές αλλά και παραθαλάσσιες περιοχές (Papadopoulos, unpublished data).

Η εξάπλωση του εντόμου και εισβολή του σε νέες χώρες οφείλεται κυρίως στην παγκόσμια μεταφορά ανθρώπων και αγαθών. Το μικρό του μέγεθός του καθιστά περιορισμένη την πτήση του σε μεγάλες αποστάσεις (Isaacs, 2010). Η μέγιστη απόσταση που μπορεί το έντομο να καλύψει πετώντας είναι 9 km (Tait et al., 2018). Επομένως, η παγκόσμια μεταφορά

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

ανθρώπων και το εμπόριο αγαθών, συμβάλουν καθοριστικά στην μεταφορά πληθυσμών του εντόμου, σε προσβεβλημένους καρπούς, χώμα και αποσκευές. Σημαντική κρίνεται η αναφορά των πρώτων καταγραφών της παρουσίας του εντόμου σε Καλιφόρνια, Ιταλία, Ισπανία, Γαλλία και Ουκρανία κοντά σε λιμάνια και υποδεικνύει τον ρόλο των θαλάσσιων διαδρόμων εισβολής στην ευρεία εξάπλωσή του (Isaacs, 2010; Rotta-Stabelli et al., 2013; Lavrinienko et al., 2017). Συγκεκριμένα, η απόσταση μετακίνησης μέσω του παγκόσμιου εμπορίου φρούτων εκτιμήθηκε από τους Calabria et al., (2012) στα 1400 km.

Η ευρεία εξάπλωση και εγκατάστασή του εντόμου σε διαφορετικές περιοχές οφείλεται επίσης στην ικανότητά του να προσαρμόζεται σε δυσμενή περιβάλλοντα (Rota-Stabelli et al., 2013). Το έντομο χαρακτηρίζεται από υψηλή φαινοτυπική πλαστικότητα και περιβαλλοντική προσαρμοστικότητα. Η ανάπτυξή του (από ωό σε ενήλικο) πραγματοποιείται σε εύρος θερμοκρασιών 7,8-29°C (Schlesener et al., 2020). Σημαντικό ρόλο στην επιβίωση του διαδραματίζει η σχετική υγρασία του ενδιαιτήματος. Με 20% ΣΥ τα ενήλικα επιζούν μόνο για 3 ημέρες κατά μέσο όρο και όσο αυξάνεται (71%, 82%, 94%) αυξάνεται και η διάρκεια ζωής τους (>20 ημέρες). Παρόμοια, μεταβάλλεται και το αναπαραγωγικό δυναμικό (Tochen et al., 2015). Παρόλο που προέρχεται από περιοχές με εύκρατα κλίματα όπως είναι η πλειοψηφία των ενδιαιτημάτων σε Ιαπωνία και Πακιστάν, με θερμά καλοκαίρια, αρκετή υγρασία και ήπιους χειμώνες (Calabria et al., 2012; Rota-Stabelli et al., 2013), το *D. suzukii* εγκαταστάθηκε με επιτυχία σε περιοχές με πολύ πιο θερμά και ξηρά καλοκαίρια όπως η Καλιφόρνια και η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Αξιοσημείωτη θεωρείται η εγκατάσταση πληθυσμών του *D. suzukii* σε περιοχές με εύκρατα κλίματα με δροσερά καλοκαίρια όπως οι χώρες της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης (Ελβετία, Γαλλία, Γερμανία, Βέλγιο κ.α.). Επίσης το έντομο έχει εγκατασταθεί με επιτυχία σε περιοχές με πιο ψυχρό κλίμα όπως του Καναδά, του Ηνωμένου Βασιλείου και των Σκανδιναβικών χωρών (Walsh et al., 2011; Cini et al., 2012; Rota-Stabelli et al., 2013; Langille et al., 2017).

Το *D. suzukii* έχει αναπτύξει μερικούς μηχανισμούς προσαρμοστικότητας, φυσιολογίας, μορφολογίας αλλά και συμπεριφοράς με τους οποίους καταφέρνει και ανταπεξέρχεται τις μη ευνοϊκές συνθήκες του περιβάλλοντος.

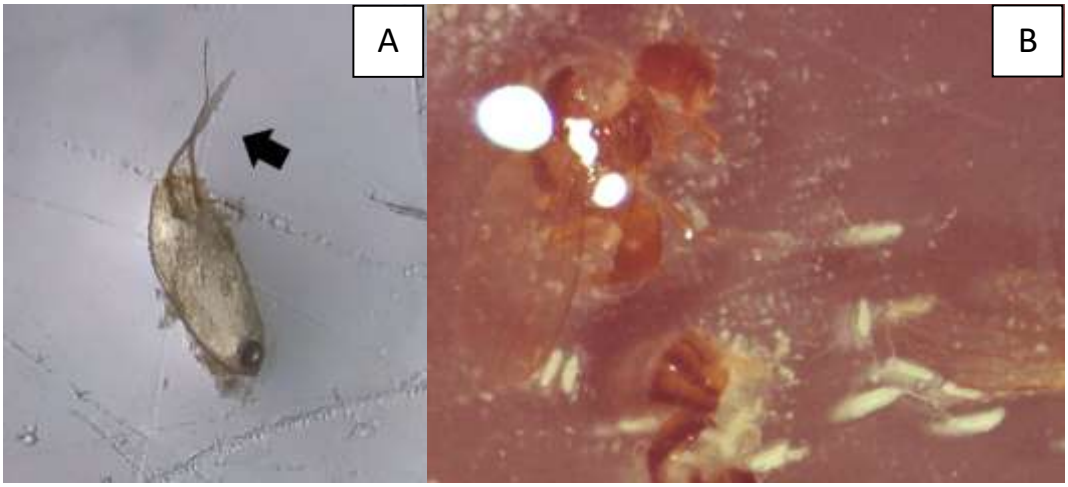
Με έκθεση των ανήλικων σταδίων σε συνθήκες με θερμοκρασία 10-12°C και φωτοπερίοδο 12:12 (φως : σκοτάδι) προκύπτει ο χειμερινός φαινότυπος. Ο συγκεκριμένος φαινότυπος παρουσιάζει πιο σκούρο χρώμα, μεγαλύτερο μέγεθος, ενώ διαθέτει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Μέσω του χειμερινού φαινοτύπου αλλά και της αναπαραγωγικής διάπαυσης των θηλυκών που προκύπτουν στα τέλη του φθινοπώρου, καθώς το ενήλικο εκτίθεται σε χαμηλές θερμοκρασίες και μικρή φωτοπερίοδο, το *D. suzukii* μπορεί να επιβιώσει το χειμώνα σε προφυλαγμένες θέσεις, σε ψυχρές πολιτείες των Η.Π.Α ως ενήλικο (Shearer et al., 2016; Stockton et al., 2019). Στην περιοχή του Τρέντο, στην βόρεια Ιταλία μπορεί να επιβιώσει τον χειμώνα όντας σε αναπαραγωγική διάπαυση (Grassi et al., 2018). Λιγότερο από το 50% των αρσενικών της περιοχής βρέθηκε να φέρει σπέρμα προς γονιμοποίηση τον χειμώνα, ενώ το 1/3 των θηλυκών βρέθηκαν να έχουν αποθηκεύσει σπέρμα. Με αυτόν τον τρόπο, το θηλυκό διέθετε την δυνατότητα να ωοτοκήσει στις αρχές της Άνοιξης με την εμφάνιση των πρώτων κατάλληλων ξενιστών και τη λήξη της διάπαυσης που προκαλείται όταν οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος φτάνουν στους 25°C και η φωτοπερίοδο στις 16:8 ώρες φως : σκοτάδι (Zhai et al.,2016; Hamby et al., 2016; Grassi et al., 2018). Στην Ελλάδα, στην περιοχή του Βόλου, η έκθεση στην βαθμιαία πτώση της θερμοκρασίας το Φθινόπωρο οδήγησε σε σκληραγώγηση στις χαμηλές θερμοκρασίες τα άτομα και έτσι ένα μικρό μέρος του πληθυσμού κατόρθωσε να επιβιώσει τον χειμώνα (Papanastasiou et al., 2021).

Για να αποφύγει τις υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού ένα μέρος του πληθυσμού φαίνεται να μεταναστεύει σε μεγαλύτερα υψόμετρα (Mitsui et al.,2010). Ακόμα, δασικές περιοχές προσφέρουν καταφύγιο στο έντομο έναντι των υψηλών θερμοκρασιών (Grassi et al., 2011).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

1.1.2 Μορφολογία- ανατομία

Τα ωά (Εικ. 1.2) είναι ημιδιαφανή, γαλακτώδη-λευκά και γυαλιστερά. Έχουν μήκος 0,62 mm και πλάτος 0,18 mm. Κάθε ωό φέρει δύο αναπνευστικά νημάτια που προεξέχουν από την επιδερμίδα του καρπού στο άνω μέρος μήκους 0,65 mm (Kanzawa, 1939; Walsh et al., 2011; Hauser, 2011; Cini et al., 2012).



Εικόνα 1.2.Α) Ανώριμο ωό *D. suzukii*, με μαύρο βέλος επισημαίνονται τα χαρακτηριστικά αναπνευστικά νημάτια. **Β)** Γονιμοποιημένα ωά από τομή σε θηλυκό άτομο (Βασίλης Ροδοβίτης- Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας ΠΘ).

Οι προνύμφες είναι γαλακτώδεις-λευκές και κυλινδρικές με μαύρα στοματικά μόρια. Η ανάπτυξή τους πραγματοποιείται σε τρία προνυμφικά στάδια (Εικ. 1.3) (Walsh et al., 2011).

Εικόνα 1.3. Προνύμφη τρίτου σταδίου *Drosophila suzukii* [Bulletin OEPP/EPPO (2013) PM 7/115 (1) *Drosophila suzukii*].

Οι νύμφες είναι (Εικ. 1.4) ατρακτοειδούς σχήματος, γκριζοκίτρινου και σταδιακά καφετί χρώματος, μήκους 3,5 mm και πλάτους 1,2 mm. Διαθέτουν δύο πρόσθια στελέχη με μικρές δακτυλιοειδής προεξοχές τα οποία γίνονται αντιληπτά όταν το έντομο νυμφώνεται εσωτερικά του καρπού (Walsh et al., 2011; Hamby et al., 2016).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 1.4. Νυμφικό περίβλημα του *Drosophila suzukii* (αριστερά πάνω) δίπλα σε εκείνο του *Rhagoletis cerasi* (Βασίλης Ροδοβίτης- Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας ΠΘ).

Το *D. suzukii* διαθέτει το τυπικό μέγεθος και την εμφάνιση των Drosophilidae. Το μήκος σώματος του ενήλικου είναι περίπου 2-3 mm, διαθέτει κόκκινους οφθαλμούς, κιτρινωπό-καφέ χρώμα και σκούρες λωρίδες στην κοιλιακή χώρα. Το έντομο παρουσιάζει σεξουαλικό διμορφισμό. Τα αρσενικά σε αντίθεση με τα θηλυκά φέρουν μια χαρακτηριστική μαύρη κηλίδα στο κάτω άκρο της κάθε πτέρυγας (Εικ. 1.5) που τις πρώτες ημέρες εξόδου από το νυμφικό περίβλημα μπορεί να απουσιάζει (Εικ. 1.6) (Hauser, 2011). Τα αρσενικά φέρουν επίσης δύο ομάδες σκουρόχρωμων μαύρων τριχών, στο πρώτο και στο δεύτερο τμήμα του ταρσού των πρόσθιων ποδιών τα οποία χρησιμοποιούνται για την αγκίστρωση και συγκράτηση του θηλυκού κατά τη διάρκεια της σύζευξης. Τα θηλυκά διαθέτουν πριονωτό ωοθέτη, χαρακτηριστικό που απουσιάζει από τα άλλα είδη Drosophilidae και τα καθιστά ικανά να διατρυπούν την επιδερμίδα των ημιώριμων και ώριμων καρπών (Εικ. 1.5). Η κηλιδόπτερη δροσόφιλα παρουσιάζει επίσης εποχικό πολυμορφισμό καθώς συναντώνται δύο φαινότυποι, ο καλοκαιρινός και ο χειμερινός (Εικ. 1.7). Ο Χειμερινός φαινότυπος είναι μεγαλύτερου μεγέθους με σκούρο χρωματισμό σε θώρακα και τεργίτες (Steck et al., 2009; Hauser, 2011; Walsh et al., 2011; Vonlanthen et al., 2016).

Εικόνα 1.5. Αρσενικό (αριστερά) με διακριτές τις μαύρες κηλίδες στις πτέρυγες και θηλυκό (δεξιά) όπου φαίνεται ο χαρακτηριστικά μεγάλος και πριονωτός ωοθέτης.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 1.6. Αρσενικό, λίγο μετά την έξοδο με δυσδιάκριτες τις μαύρες κηλίδες των πτερύγων.

Εικόνα 1.7. Χειμερινός φαινότυπος (αριστερά) με πιο σκούρο χρωματισμό και μεγαλύτερο μέγεθος και καλοκαιρινός φαινότυπος (δεξιά).

1.1.3 Βιολογία του εντόμου

Τα ενήλικα εξέρχονται από τις προφυλαγμένες θέσεις στις αρχές έως τα τέλη της άνοιξης ανάλογα τις κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Τρέφονται σε μελιτώματα ή χυμώδεις εκκρίσεις καρπών και άνθεων, ή σε περιττώματα ζώων και άλλων εντόμων (Walsh et al., 2011; Tochen et al., 2016). Τα θηλυκά ωριμάζουν αναπαραγωγικά σε 2-4 ημέρες και οι συζεύξεις πραγματοποιούνται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Στην συνέχεια αναζητούν διαθέσιμους ξενιστές όπου ωοτοκούν 1-3 αυγά ανά ωοτοκία (Walsh et al., 2011). Η ωοτοκία λαμβάνει χώρα όταν οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 10 έως 32^{o}C και πραγματοποιείται σε ημιώριμους και ώριμους καρπούς καθώς και σε σηπόμενους καρπούς. Τα θηλυκά μέσω του πριονωτού ωοθέτη διεισδύουν τον φλοιό μαλακών φρούτων δημιουργώντας μια μικρή οπή στην οποία και εναποθέτουν τα ωά (Rota-Stabelli et al., 2013; Atallah et al., 2014). Ένα θηλυκό εναποθέτει από 200 έως 600 αυγά καθ' όλη την διάρκεια της ζωής του ενώ η ημερήσια ωοτοκία υπολογίζεται στα 25 αυγά/ημέρα. Τα αυγά εκκολάπτονται σε 1-3 ημέρες και οι προνύμφες τρέφονται καταστρέφοντας το καρπό εσωτερικά ενώ δευτερογενείς προσβολές από συγγενικά είδη και άλλα έντομα, μύκητες και βακτήρια καταστρέφουν πλήρως τον καρπό (Εικ. 1.8) (Hauser, 2011). Οι προνύμφες αναπτύσσονται για 3-13 ημέρες σε τρεις ηλικίες και μόλις ολοκληρώσουν την ανάπτυξη τους νυμφώνονται είτε στο έδαφος είτε εσωτερικά του καρπού. Στο στάδιο της νύμφης παραμένουν για 4 – 45 ημέρες. Η περίοδος ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων έως την εμφάνιση του ενηλίκου υπολογίζεται στις 8 με 10 ημέρες στους 25°C, στις 12 με 15 ημέρες στους 18,3°C και στις 21 με 25 ημέρες στους 15°C (Kanzawa, 1939; Walsh et al., 2011; Lee et al., 2011; Calabria et al., 2012; Hamby et al., 2016). Οι Walsh et al., (2011) αναφέρουν ότι η ανάπτυξη του εντόμου από ωό σε σεξουαλικά ώριμο θηλυκό διαρκεί 12-15 μέρες σε θερμοκρασία 18,3 °C.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 1.8. Προσβολή της κηλιδόπτερης δροσόφιλας σε κεράσι και πλήρης καταστροφή του από δευτερογενείς προσβολές από μύκητες και βακτήρια.

Το έντομο εμφανίζει δύο μορφότυπους (φαινότυπους) ανάλογα τις συνθήκες στις οποίες έχουν εκτεθεί τα ανήλικα στάδια, τον χειμερινό και τον θερινό. Τις πρώτες προσβολές, την άνοιξη, τις πραγματοποιούν, σχεδόν αποκλειστικά, τα θηλυκά του χειμερινού φαινότυπου. Το καλοκαίρι εμφανίζεται ο θερινός φαινότυπος με τον χειμερινό να τον αντικαθιστά προς τα τέλη φθινοπώρου (Grassi et al., 2018; Panel et al., 2018). Το έντομο, σε ψυχρές περιοχές διαχειμάζει ως ενήλικο χειμερινού φαινότυπου σε προφυλαγμένες θέσεις και σε αναπαραγωγική διάπαυση. Αντίθετα, σε θερμότερες περιοχές με ηπιότερο χειμώνα το έντομο παραμένει δραστήριο και συνεχίζει να αναπαράγεται εφόσον υπάρχουν διαθέσιμοι ξενιστές (Shearer et al., 2016; Grassi et al., 2018; Stockton et al., 2019; Papanastasiou et al., 2021).

Στην Ιαπωνία το έντομο συμπληρώνει 10-13 γενεές/ έτος (Kanzawa, 1939), ενώ σύμφωνα με μοντέλα ημεροβαθμίδων το έντομο συμπληρώνει 3-9 γενεές σε Καναδά και δυτικές Η.Π.Α, 17 γενεές σε ψυχρές περιοχές της Βραζιλίας και 27 σε θερμότερες. Στην Καλιφόρνια το έντομο πιστεύεται ότι συμπληρώνει 10 γενεές τον χρόνο (Walsh et al., 2011; Schlesener et al., 2020). Στην Βουλγαρία το έντομο συμπληρώνει 3-7 γενεές (Karadjova et al., 2016). Οι Papanastasiou et al., (2020) αναφέρουν ότι στην Ελλάδα το έντομο συμπληρώνει αρκετές και αλληλοκαλυπτόμενες γενεές.

1.1.4 Ξενιστές του εντόμου

Το *D. suzukii* είναι πολυκυκλικό και πολυφάγο είδος που προσβάλει περισσότερους από 190 ξενιστές από 41 φυτικά γένη (Little et al., 2020). Οι Walsh et al., (2011) αναφέρουν ότι το πλήρες εύρος των ξενιστών είναι άγνωστο καθώς το πλήρες γεωγραφικό εύρος διασποράς του παραμένει άγνωστο. Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Φυτοπροστασίας (EPPO) αναφέρει ως κύριους ξενιστές τα παρακάτω είδη: *Fragaria x ananassa* (καλλιεργήσιμη φράουλα), *Prunus armeniaca* (βερικοκιά), *Prunus avium* (κερασιά) (Εικ. 1.9), *Prunus domestica* (δαμασκηνιά), *Prunus persica* (ροδακινιά), *Rubus* sp. (Βατόμουρο, αειθαλές βατόμουρο, απροβατομουριά, βάτος, βάτος η ιδιαία) (Εικ. 1.10), *Vaccinium* sp., *Vaccinium*

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

corymbosum (δενδρώδες μύρτιλο) (EPPO, 2021). Το έντομο προτιμά κυρίως τα διάφορα είδη βατόμουρων και μαλακόσαρκων φρούτων (Hamby et al., (2016).

Σύμφωνα με τον Kanzawa, (1939), έντονες χαρακτηρίζονται οι προσβολές σε κεράσια και σταφύλια έως και 75% της συνολικής παραγωγής, ενώ επίσης παρατηρούνται προσβολές σε μηλοειδή, ροδάκινα, δαμάσκηνα και λωτούς. Ωστόσο, οι προσβολές του εντόμου σε ροδάκινα, μήλα, εσπεριδοειδή, σύκα, νεκταρίνια, λωτούς, δαμάσκηνα, αχλάδια και ρόδια, χωρίς προυπάρχουσα προσβολή ή μηχανικό τραύμα θεωρείται μηδαμινή. Οι παραπάνω ξενιστές είναι επιδεκτικοί προσβολών από το έντομο μόνο σε δευτερεύουσες προσβολές και συμβάλλουν στην πληθυσμιακή αύξηση σε καταστάσεις απουσίας ευάλωτων μαλακόσαρκων φρούτων (Stewart et al., 2014; Wang et al., 2019). Το ίδιο ρόλο φαίνεται να διαδραματίζουν είδη που είναι επιδεικτικά ωοτοκίας νωρίς την άνοιξη όπως τα *Aucuba japonica* και *Elaegnus x ebbingei* βέβαια χωρίς μεγάλα ποσοστά επιβίωσης των προνυμφών (Panel et al., 2018). Ακόμα τα δάση προσφέρουν εναλλακτικούς ξενιστές στο έντομο όπως τα είδη *Frangula alnus, Lonicera* spp., *Sambucus nigra* (Εικ. 1.10), *Morus nigra, Prunus laurocerasus*. *Lonicera* sp. και *Crataegus* sp (Εικ. 1.10) (Grassi et al., 2011; Kenis et al., 2016).

Μετά την προσβολή των φρούτων από το έντομο, όπως αναφέρεται και παραπάνω, λόγω της τροφικής δραστηριότητας των προνυμφών αλλά και των δευτερογενών προσβολών από μύκητες και βακτήρια ο καρπός καταρρέει ολοκληρωτικά και χάνει την εμπορική του αξία (Steck et al., 2009). Τα επίπεδα προσβολών ποικίλουν ανάλογα την καλλιέργεια αλλά και την περίοδο ωρίμανσης των ποικιλιών. Το ποσοστό προσβολής σε καλλιέργεια βατόμουρων ανέρχεται έως και το 40% ενώ στις φράουλες κυμαίνεται από 2-90%, με τις όψιμες ποικιλίες να προσβάλλονται περισσότερο. Στα κεράσια οι προσβολές στις όψιμες ποικιλίες μπορεί να φτάσουν έως και το 90% των καρπών (Grassi et al., 2011). Πέρα από τις άμεσες απώλειες από τις προσβολές καρπών, το κόστος παραγωγής αυξάνεται λόγω και των επιπλέων εφαρμογών εντομοκτόνων και άλλων μέτρων αντιμετώπισης που εφαρμόζονται. Ακόμα, χώρες στις οποίες το έντομο έχει εγκατασταθεί αντιμετωπίζουν προβλήματα όσον αφορά τις εξαγωγές των προϊόντων τους καθώς πρέπει να εφαρμόσουν επιπλέον μέτρα επεξεργασίας των εμπορευμάτων, ενώ πολλές φορές το εμπόρευμα απορρίπτεται ή λαμβάνει χαμηλότερες τιμές (Garcia, 2020).

Εικόνα 1.9. Ενήλικο θηλυκό του *Drosophila suzukii* τη στιγμή που ωοτοκεί σε ώριμο κεράσι (Βασίλης Ροδοβίτης- Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας ΠΘ).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 1.10. Δασικά είδη (*Sambucus nigra, Rubus* spp., *Crataegus* sp.)– ξενιστές του εντόμου.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

1.1.5 Διαχείριση των πληθυσμών του εντόμου

Η επιτυχημένη διαχείριση των πληθυσμών ενός εντόμου εισβολέα είναι άκρως απαιτητική και δαπανηρή διαδικασία που απαιτεί εφαρμογές σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο. Για να αποφευχθεί η εισαγωγή του εντόμου μέσω του εμπορίου θα πρέπει να εφαρμόζονται κάποια διεθνή φυτουγειονομικά πρότυπα (International Standards for Phytosanitary Measures) (Maye et al., 2012). Τέτοια πρότυπα εφαρμόζονται από χώρες όπως η Αυστραλία στην οποία έχει αποφευχθεί η εγκατάσταση του εντόμου. Τα μέτρα που λαμβάνονται πρόκειται για προσυνοριακά, συνοριακά και μετασυνοριακά και αφορούν αναλύσεις εκτίμησης ρίσκου, συστήματα εποπτείας, παρακολούθησης και επιθεωρήσεων (IPPC, 2006; Berry, 2020; IPPC, 2021). Τα εμπορικά κέντρα μαζικών εισαγωγών και εξαγωγών όπως λιμάνια, αεροδρόμια και λαχαναγορές αποτελούν το πρωταρχικό σημείο φυτουγειονομικού ελέγχου (Rotta-Stabelli et al., 2013). Στα συγκεκριμένα σημεία συστήνεται η εφαρμογή πρωτοκόλλων ενδελεχούς ελέγχου. Συχνά γίνεται εφαρμογή βρωμιούχου μεθυλίου, υποκαπνισμού καθώς και εφαρμογή χαμηλών θερμοκρασιών (cold treatment) για την απολύμανση ύποπτων εμπορευμάτων (Garcia, 2020). Επίσης συστήνεται η εγκατάσταση παγίδων στα σημεία ελέγχου και η απόρριψη φορτίων με στόχο την έγκαιρη ανίχνευση της εισβολής και αποτροπή της εισαγωγής του εχθρού (IPPC, 2006; Garcia, 2020; IPPC, 2021).

Στις περιοχές που το έντομο είναι πλήρως εγκατεστημένο, συνίσταται η παρακολούθηση των πληθυσμών. Η παρακολούθηση των πληθυσμών γίνεται κυρίως μέσω παγίδευσης και δειγματοληψίας καρπών. Μέσω της παρακολούθησης του πληθυσμού γνωστοποιείται η κατάλληλη εποχή επέμβασης με χημικά και η επιλογή της καταλληλότερης καλλιεργητικής τακτικής. Μέτρα αποτροπής προσβολής σε εκτεταμένη κλίμακα είναι: ο περιορισμός της περιόδου συλλογής των φρούτων πριν από την αύξηση του πληθυσμού, η έκθεση του εντόμου -όσο το δυνατόν- σε μη ευνοϊκή θερμοκρασία και υγρασία μέσω του κλαδέματος των δέντρων και της συχνής ζιζανιοκτονίας, η φύτευση πρώιμων ποικιλιών και η επέμβαση με κατάλληλα σκευάσματα α) στα κρίσιμα σημεία ωρίμανσης του καρπού και β) στα κρίσιμα στάδια του βιολογικού κύκλου του εντόμου όπως για παράδειγμα η εμφάνιση της πρώτης γενιάς και των διαχειμάζουσων ενηλίκων (Walsh et al., 2011; Rota-Stabelli et al., 2013; Schöneberg et al., 2021). Στόχος της καταπολέμησης είναι τα ενήλικα καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα εντομοκτόνα για τα ανήλικα στάδια (Walsh et al., 2011; Rota-Stabelli et al., 2013). Μεταξύ των χημικών σκευασμάτων που έχουν δοκιμαστεί κατά καιρούς, οι δραστικές ουσίες lambda-cyhalothrin, phosmet, spinetoram και spinosad παρουσίασαν την καλύτερη αποτελεσματικότητα. Από όλες τις ομάδες εντομοκτόνων που δοκιμάστηκαν τα νεονικοτινοειδή και οι ρυθμιστές ανάπτυξης παρουσίασαν την χαμηλότερη αποτελεσματικότητα (Grassi et al., 2011; Bruck et al., 2011). Μετά το τέλος της συγκομιδής θα πρέπει να απομακρύνονται και να καταστρέφονται οι μη συγκομισμένοι καρποί καθώς συντελούν στην περαιτέρω αύξηση του πληθυσμού (Grassi et al., 2011).

Η αλόγιστη χρήση χημικών σκευασμάτων κρίνεται απαραίτητο να αποφεύγεται καθώς το έντομο λόγω του υψηλού αναπαραγωγικού δυναμικού εμφανίζει ταχύτατα ανθεκτικούς φαινοτύπους σε συγκεκριμένα εντομοκτόνα και δραστικές ουσίες (Gress and Zalom., 2018; Shaw et al., 2019). Ακόμα, το γεγονός ότι η εφαρμογή εντομοκτόνων είναι οικονομικά ασύμφορη σε συνδυασμό με την σταδιακή κατάργηση χρήσης ολοένα και περισσότερων δραστικών ουσιών, ωθεί στην εφαρμογή φιλικών, προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο, στρατηγικών αντιμετώπισης του εχθρού. Μια τέτοια προσέγγιση περιλαμβάνει μεθόδους αντιμετώπισης όπως η εξαπόλυση στείρων εντόμων και παρασιτοειδών. Η περίοδος πριν ή μετά την διάπαυση, λόγω του μικρού δυναμικού αναπαραγωγής, αποτελεί κρίσιμο σημείο ανάπτυξης του πληθυσμού και συστήνεται η αντιμετώπιση μέσω εφαρμογής των παραπάνω μεθόδων (Grassi et al., 2018; Wang et al., 2019). Οι Rota-Stabelli et al., (2013) αναγνωρίζοντας τα προβλήματα που αναμένονται με τους συχνούς ψεκασμούς κοντά στην συγκομιδή όσον αφορά την υπολειμματικότητα και την επίδραση σε έντομα μη στόχους προτείνουν την μαζική παγίδευση ως μέτρο αντιμετώπισης. Υπάρχουν διχογνωμίες σχετικά με την συγκεκριμένη

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

μέθοδο ως προς την αποτελεσματικότητά της. Συγκεκριμένα οι Hampton et al., (2014) αναφέρουν ότι η συγκεκριμένη μέθοδος δεν μπόρεσε να αντιμετωπίσει το έντομο. Αντίθετα, υπάρχουν αναφορές περιορισμού των πληθυσμών του εντόμου μέσω πυκνών δικτύων συστημάτων παγίδευσης (Kanzawa, 1939; Clymans et al., 2022). Ωστόσο, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω έρευνα όσον αφορά την μαζική παγίδευση του *D.suzukii*.

Η μακροπρόθεσμη και οικονομικά βιώσιμη για τους παραγωγούς αντιμετώπιση του εντόμου μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την συνδυαστική εφαρμογή μεθόδων ολοκληρωμένης αντιμετώπισης ώστε να υπάρχει μια πιο φιλοπεριβαλλοντική και λιγότερο δαπανηρή προσέγγιση για τον παραγωγό (Rotta-Stabelli et al., 2013; Shaw et al., 2019).

1.2 Παγίδευση του *Drosophila suzukii*

1.2.1 Παγίδευση εντόμων

Η παγίδευση των εντόμων-εχθρών, εφαρμόζεται με στόχο α) την παρακολούθηση του πληθυσμού τους και β) την αποτελεσματικότερη αντιμετώπισή τους. Η παρακολούθηση του πληθυσμού γίνεται με την εγκατάσταση μικρού αριθμού παγίδων ανά στρέμμα καλλιέργειας σε όλο το φάσμα της καλλιεργητικής περιόδου, ενώ η μαζική παγίδευση προϋποθέτει την εγκατάσταση πυκνού δίκτυού σταθμών παγίδευσης στα κρίσιμα στάδια του βιολογικού κύκλου και της φαινολογίας. Οι παγίδες που χρησιμοποιούνται γενικότερα για τα έντομα είναι ξερού ή υγρού τύπου. Οι παγίδες εστιάζουν κυρίως στην προσέλκυση του εντόμου μέσω οπτικών, οσμηρών και φερομονικών ερεθισμάτων. Οι παγίδες είναι κυρίως, φερομονικές, χρωματικές και τροφικές (Τζανακάκης, 1995; Burrack et al., 2015).

1.2.2 Παγίδες-ελκυστικά για την σύλληψη του Drosophila suzukii

Η παγίδευση του *D. suzukii*, περιλαμβάνει κυρίως την χρήση εμπορικών και αυτοσχέδιων παγίδων που βασίζονται κυρίως σε τροφικά ελκυστικά. Η επιλογή της κατάλληλης συσκευής παγίδευσης γίνεται με βάση την ευαισθησία της παγίδας, την στρατηγική αντιμετώπισης, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Στόχος είναι η εφαρμογή της μεθόδου στα πλαίσια μιας οικονομικά βιώσιμης λύσης (Tonina et al., 2017).

Σύμφωνα με τον EPPO, (2013) μια τυπική παγίδα που μπορεί να λειτουργήσει εναντίων της κηλιδόπτερης δροσόφιλας αποτελείται από ένα δοχείο 250-750 mL που φέρει εσωτερικά κάποιο ελκυστικό υγρό, συνήθως μείγμα από κρασί, ξύδι και χυμούς φρούτων, με 4-6 οπές στο πλάι, οι οποίες είναι συνήθως 3 mm. Εκτενείς μελέτες έχουν αξιολογήσει πολλαπλούς τύπους αυτοσχέδιων και εμπορικών παγίδων με διάφορα ελκυστικά, χρώματα και σχήματα. Στην αναφορά των Lee et al., (2013) το κίτρινο χρώμα είναι ελκυστικότερο σε σχέση με το μαύρο, το λευκό και το κόκκινο. Επίσης αναφέρεται ότι οι οπές στα πλαϊνά αυξάνουν τις συλλήψεις σε σύγκριση με τις οπές στο άνω μέρος της παγίδας και οι παγίδες με μεγαλύτερη επιφάνεια ελκυστικού είναι αποτελεσματικότερες. Οι Lee et al., (2012) εξετάζοντας διάφορους τύπους και σχεδιασμούς παγίδων κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι παγίδες με μεγάλης διαμέτρου εισόδους και με εφαρμοσμένα διχτυωτά ανοίγματα πάνω τους συλλαμβάνουν αποτελεσματικότερα το έντομο σε σύγκριση με παγίδες με μικρότερης διαμέτρου εισόδους. Στην μελέτη των Renkema et al., (2014) οι κόκκινες και οι μαύρες παγίδες ήταν αποτελεσματικότερες των κίτρινων και οι οπές ήταν προτιμότερο να βρίσκονται στο άνω μέρος. Οι συνδυασμοί χρωμάτων κόκκινο- πράσινο φαίνεται επίσης να έχουν καλή αποτελεσματικότητα, ενώ ταυτόχρονα το εσωτερικό κίτρινο χρώμα της κολλητικής επιφάνειας σε διαφανείς παγίδες βρέθηκε επίσης να προσελκύει περισσότερα έντομα από ότι διάφορες άλλες χρωματικές παγίδες (Little et al., 2019; Cruz-Esteban, 2021). Σε σύγκριση ανάμεσα σε κόκκινες, μαύρες και λευκές σφαίρες, οι κόκκινες και οι μαύρες εμφάνισαν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα (Kirkpatrick et al., 2017).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Πέραν όμως των αυτοσχέδιων παγίδων υπάρχουν διαθέσιμες στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται ευρέως συμβατικές παγίδες παντός τύπου. Σε σύγκριση τριών εμπορικών παγίδων, McPhail, Sentomol, Droso-trap, με μια αυτοσχέδια, Agroscope, διαπιστώθηκε ότι όλες οι παγίδες είχαν αξιόλογη αποτελεσματικότητα, ενώ εκλεκτικότερη όσον αφορά τα Drosophilidae ήταν η Agroscope με οπές διαμέτρου 3 mm (Baroffio et al., 2013). Οι Piotrowski et al., (2016) αναφέρουν ότι ως αποτελεσματικότερες τις Suzukii trap και Drosinal με την Drosinal να είναι πιο εκλεκτική ως προς τα Drosophilidae. Οι Van Kerckvoorde et al., (2020) σύγκριναν τις εμπορικές Decis trap SWD, Droso trap, Koppert Drososan, Pherocon SWD και Profatec SWD. Οι παγίδες Decis trap SWD και Koppert Drososan οι οποίες φέραν και εντομοκτόνο στο εσωτερικό τους παγίδευαν αποτελεσματικότερα τα έντομα. Πέρα του εντομοκτόνου, η ικανότητα διατήρησης των εντόμων εσωτερικά των παγίδων αυξάνεται όταν φέρουν κυλινδρικό καπάκι, οπές-‘’τούνελ’’, και υγρό ελκυστικό ώστε να πνίγονται τα έντομα ή κολλητική επιφάνεια.

Οι παραπάνω παγίδες, αυτοσχέδιες και εμπορικές, έχουν δοκιμαστεί συνδυαστικά σε πληθώρα μελετών κυρίως με τροφικά ελκυστικά. Το πιο σύνηθες και εύκολα διαθέσιμο ελκυστικό, είναι το μηλόξιδο (Lee et al., 2012; EPPO, 2013). Ωστόσο, το καλύτερο σύμφωνα με τους Landolt et al., (2012) φαίνεται να είναι το ρυζόξιδο. Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι ο συνδυασμός κρασί-ξύδι αυξάνει την ελκυστικότητα της παγίδας, συγκριτικά με σκέτο ξύδι, με το κρασί από κόκκινα σταφύλια να είναι το επικρατέστερο. Τροφικά ελκυστικά με βάση την μαγιά προσελκύουν επίσης με μεγάλη αποτελεσματικότητα το *D. suzukii* (Iglesias et al., 2014; Jaffe et al., 2018; Cha et al., 2018). Ουσίες όπως το οξικό οξύ, η αιθανόλη, η ακετόνη, ο οκτανικός αιθυλεστέρας, ο οξικός αιθυλεστέρας και η φαιναιθυλική αλκοόλη, έχουν δοκιμαστεί μόνες τους ή σε συνδυασμό με μηλόξιδο παρουσιάζοντας θετικά αποτελέσματα (Larson et al., 2020).

Συνήθως, η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα συναντάται με την χρήση εμπορικών ελκυστικών όπως τα Scentry lure, Trece lure, Suzukii trap bait, Pherocon SWD dual-lure, Drosinal lure, Droskidrink σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες παγίδες τους. Τα Scentry lure και Droskidrink θεωρούνται τα αποτελεσματικότερα με το τελευταίο να παρουσιάζει το μειονέκτημα της ανάπτυξης ενός βακτηριακού εκκρίματος μετά από μεγάλο διάστημα συνεχόμενης χρήσης του (Piotrowski et al., 2017; Tonina et al., 2018; Frewin et al., 2017; Cha et al., 2018; Harmon et al., 2019).

Η φυσιολογία των εντόμων φαίνεται να επηρεάζει την προσέλκυσή τους από τα διάφορα ελκυστικά (Wong et al., 2018; Clymans et al., 2019). Οι Piotrowski et al., (2017) αναφέρουν ότι κανένα ελκυστικό δεν προσελκύει το έντομο περισσότερο από τα ώριμα φρούτα. Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί ότι η ελκυστικότητα αλλά και η εκλεκτικότητα των διαφόρων παγίδων και ελκυστικών αλλάζει με αλλαγή των περιβαλλοντικών συνθηκών, της φαινολογίας του εντόμου και των ξενιστών αλλά και της καλλιέργειας στην οποία τοποθετούνται. Έτσι, ανάλογα τον σκοπό χρήσης δύναται να χρησιμοποιηθεί και διαφορετική παγίδα και ελκυστικό (Calabria et al., 2012; Tonina et al., 2018). Ακόμα, έχει διαπιστωθεί ότι καμία παγίδα, με κανένα ελκυστικό δεν έχει παρουσιάσει αξιόλογη εκλεκτικότητα ως προς το είδος του εντόμου (Walsh et al., 2011; Cha et al., 2018) ενώ η βιβλιογραφία περιέχει αρκετές αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με τον καταλληλότερο σχεδιασμό της παγίδας καθώς και το πιο ελκυστικό χρώμα της.

Εκτεταμένη έρευνα πραγματοποιείται τα τελευταία χρόνια στην δημιουργία αυτοματοποιημένων συστημάτων παγίδευσης και αναγνώρισης των εντόμων. Έρευνες δείχνουν ότι τέτοιες ηλεκτρονικές παγίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε προγράμματα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης. Παράδειγμα αποτελεί η έρευνα των Roosjen et al., (2020) όπου στατικές κάμερες και κάμερες σε drone προσαρμοσμένες σε κόκκινες κολλητικές παγίδες σε συνδυασμό με τον αντίστοιχο αλγόριθμο βαθιάς εκμάθησης (deep learning) μετρούν και αναγνωρίζουν τα ενήλικα *D. suzukii* με ποσοστό επιτυχίας 60% και 50% σε αρσενικά και θηλυκά, αντίστοιχα.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

1.2.3 Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής

Το *D. suzukii* αποτελεί σημαντικότατο εχθρό των κερασιών στην χώρα μας και στην Ευρώπη γενικότερα. Η φαινολογία του εντόμου και η διακύμανση των πληθυσμών του έχει μελετηθεί εκτενώς σε παγκόσμια κλίμακα και σε πολλαπλά διαφορετικά περιβάλλοντα, όμως στην χώρα μας οι αναφορές είναι λιγοστές. Το έντομο κυρίως πλήττει της κερασοπαραγωγικές περιοχές στα ορεινά της Ημαθίας και της Πέλλας. Επίσης ένα μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας ασχολείται με την εύρεση της αποτελεσματικότερης στρατηγικής αντιμετώπισης και την εύρεση της ιδανικότερης συσκευής παγίδευσης. Στον πλείστο των περιπτώσεων οι μελέτες αναφέρουν την δυσκολία σύνδεσης των συλλήψεων στις παγίδες με τα ποσοστά προσβολής των καρπών. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν αρχικά, η αξιολόγηση διάφορων παγίδων διαφορετικής σχεδίασης, και συνδυασμού ελκυστικών και χρωμάτων, ως προς την αποτελεσματικότητα, την ευαισθησία και την πρακτικότητά τους. Οι παγίδες τοποθετήθηκαν σε ορεινή περιοχή της Πέλλας στην Βόρεια Ελλάδα σε εμπορικούς και εγκαταλελειμμένους οπωρώνες κερασιάς. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται και συζητιούνται η φαινολογία του εντόμου, οι συλλήψεις των ενηλίκων σε παγίδες, η αναλογία των δύο φύλων στα συλληφθέντα άτομα, η συσχέτιση των συλλήψεων με τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής καθώς και με τα ποσοστά προσβολής των καρπών. Τα αποτελέσματα μπορούν να εφαρμοστούν σε προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης και αντιμετώπισης του εντόμου στην περιοχή και στην επιλογή της κατάλληλης συσκευής παγίδευσης.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Κεφάλαιο 2: Πειραματικός σχεδιασμός-Υλικά και μέθοδοι

2.1 Περιοχή έρευνας

Η παρακολούθηση της πληθυσμιακής διακύμανσης και η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των παγίδων πραγματοποιήθηκαν στην Κάτω Κορυφή, Πέλλας που βρίσκεται στις ανατολικές πλαγιές της οροσειράς Βόρας στην Βόρεια Ελλάδα (Εικ. 2.1). Η Κάτω Κορυφή είναι ημιορεινή περιοχή (40°55’ γεωγραφικό πλάτος, 21°56’ γεωγραφικό μήκος) που βρίσκεται στα 840 m υψόμετρο και το κλίμα της χαρακτηρίζεται από υγρά καλοκαίρια με μικρής διάρκειας ξηρές περιόδους και κρύους χειμώνες. Όσον αφορά τις καλλιέργειες της περιοχής η συντριπτική πλειοψηφία αποτελείται από κερασιές, ποικιλιών όψιμης ωρίμανσης όπως Τραγανά Εδέσσης και Μπακιρτζέικα. Σε μικρότερο ποσοστό καλλιεργούνται επίσης κάστανα, βύσσινα και μήλα. Το χωριό περιβάλλεται από εκτενείς δασικές εκτάσεις που αποτελούνται κυρίως από οξιές, βελανιδιές, καστανιές, αγριοκερασιές, βυσσινιές, βατόμουρα, μύρτιλα και άλλα είδη μαλακόσαρκων φρούτων.

Εικόνα 2.1. Α) Γεωγραφική θέση της Κάτω Κορυφής στην Β. Ελλάδα. Β) Ευρύτερη περιοχή της Κάτω Κορυφής και οι πειραματικοί οπωρώνες (με μαύρα πλαίσια) περιμετρικά του χωριού.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

2.2 Οπωρώνες έρευνας και ανάρτηση παγίδων

2.2.1 Πρώτο πείραμα

Στην πρώτη πειραματική διαδικασία αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα και η ευαισθησία διαφόρων τύπων παγίδων και ελκυστικών στις συλλήψεις ενηλίκων *D. suzukii*. Στις 26 Απριλίου 2021 εγκαταστάθηκαν παγίδες σε πυκνότητα 6 παγίδες ανά αγροτεμάχιο, σε 5 εγκαταλειμμένους οπωρώνες κερασιάς με όψιμες ποικιλίες (Εικ. 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 και 2.6). Στους οπωρώνες δεν πραγματοποιήθηκε καμία εφαρμογή εντομοκτόνων ή άλλων φυτοπροστατευτικών ουσιών καθώς ούτε περεταίρω καλλιεργητικές φροντίδες. Οι εμπορικοί οπωρώνες της γειτνιάζουσας περιοχής τελούσαν υπό καθεστώς εμπορικής διαχείρισης με συχνή εφαρμογή χημικών μέσων. Οι οπωρώνες για τεχνικούς λόγους ονομάστηκαν ως Αγρός 1 (υψ. 1003 m, 3,7 στρμ.), Αγρός 2 (υψ. 1081 m, 2,2 στρμ.), Αγρός 3 (υψ. 1081 m, 3,7 στρμ.), Αγρός 4 (υψ. 1055 m, 2,3 στρμ.) και Αγρός 5 (υψ. 953 m, 1,5 στρμ.), (Εικ. 2.1., 2.2., 2.3., 2.4., 2.5., 2.6.) των οποίων τα χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Γεωγραφική τοποθεσία, τύπος και αριθμός παγίδων οπωρώνα καθώς και ημερομηνία εγκατάστασης παγίδων.

Τοποθεσία	Οπωρώνες	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Μεταχείριση	Αριθμός παγίδων	Ημερομηνία εγκατάστασης παγίδων
Κάτω Κορυφή Πέλλας	1	40◦55'11.3''	21◦54'51.1''	Μη καλλιεργήσιμός	6	26/4/2021
	2	40◦54'56.9	21◦54'51.1''	Μη καλλιεργήσιμός	6	26/4/2021
	3	40◦54'55.6''	21◦54'26.9''	Μη καλλιεργήσιμός	6	26/4/2021
	4	40◦54'42.7''	21◦54'47.5''	Μη καλλιεργήσιμός	6	26/4/2021
	5	40◦53'59.1''	21◦55'51.3''	Μη καλλιεργήσιμός	6	26/4/2021

Εικόνα 2.2. Όρια και διάταξη παγίδων στον Αγρό 1.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 2.3. Όρια και διάταξη παγίδων στον Αγρό 2.

Εικόνα 2.4. Όρια και διάταξη παγίδων στον Αγρό 3.

Εικόνα 2.5. Όρια και διάταξη παγίδων στον Αγρό 4.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 2.6. Όρια και διάταξη παγίδων στον Αγρό 5.

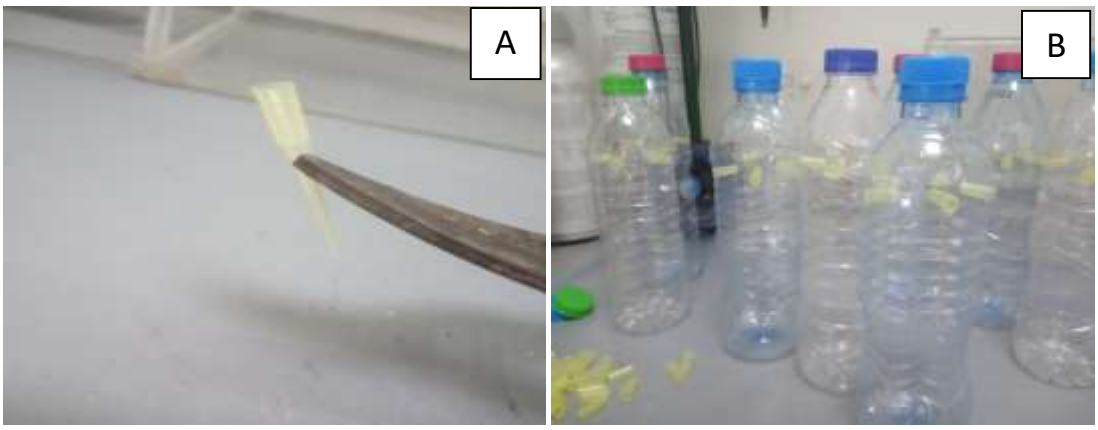
Στην πρώτη πειραματική διαδικασία αξιολογήθηκαν 6 διαφορετικοί συνδυασμοί παγίδων και ελκυστικών για την παρακολούθηση ενηλίκων του εντόμου. Σε καθένα από τους 5 οπωρώνες της 1ης πειραματικής διαδικασίας τοποθετήθηκαν οι παγίδες που αναφέρονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Παγίδες 1ης πειραματικής διαδικασίας και τα χαρακτηριστικά τους καθώς και η ημερομηνία εγκατάστασής τους.

Παγίδα	Τύπος παγίδας	Ελκυστικό	Χρώμα	Διαστάσεις οπών	Θέση οπών	Αριθμός επαναλήψεων	Ημερομηνία εγκατάστασης
Μπουκάλι	Αυτοσχέδια	Μείγμα μηλόξιδου	Διαφανές	0,3-0,5 cm	Πλάγια	5	26/4/2021
Ποτήρι	Αυτοσχέδια	Άγαρ μείγμα μηλόξιδου	Κίτρινη επιφάνεια εσωτερικά	0,2 cm	Πλάγια	5	26/4/2021
Σφαίρα SWD lure	Αυτοσχέδια	SWD lure	Κόκκινη	0,2 x 0,3 cm	Άνω μέρος	5	26/4/2021
Σφαίρα Biodelear	Αυτοσχέδια	Άγαρ Biodelear	Κόκκινη	0,2 x 0,3 cm	Άνω μέρος	5	26/4/2021
Σφαίρα Μηλόξιδο	Αυτοσχέδια	Άγαρ μείγμα μηλόξιδου	Κόκκινη	0,2 x 0,3 cm	Άνω μέρος	5	26/4/2021
Drosinal®	Εμπορική	Drosinal lure	Κόκκινη Πράσινη	0,3 x 0,3 cm	Άνω μέρος	5	26/4/2021

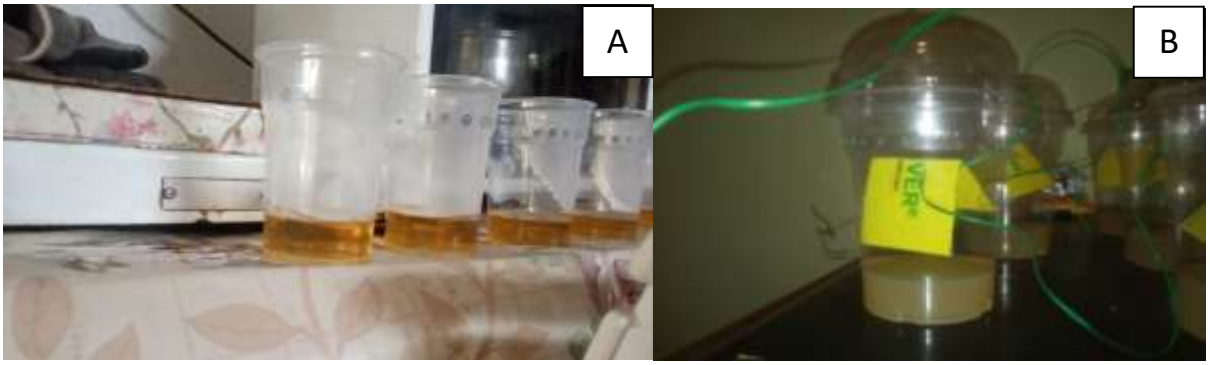
Η παγίδα (Εικ. 2.7) ονομάστηκε “Μπουκάλι” και αποτελούνταν από ένα διαφανές πλαστικό μπουκάλι ύψους 20 cm, διαμέτρου 6 cm, όγκου 0,5 L. Στο μπουκάλι δημιουργήθηκαν 5 οπές διαμέτρου 0,5 cm περιμετρικά σε απόσταση 5 cm από το καπάκι. Χρησιμοποιήθηκαν εργαστηριακές πιπέτες (1 cm) (Εικ. 2.7) (όγκου 200 μLt) και τοποθετήθηκαν στις οπές δημιουργώντας τούνελ εισόδου με διάμετρο, στην είσοδο 0,5 cm και 0,3 cm στην έξοδο. Στην παγίδα ‘’Μπουκάλι’’ χρησιμοποιήθηκε ως ελκυστικό 150 mL μείγμα μηλόξιδου, χυμού μήλου και ζάχαρης σε αναλογία 3:1:0,1 (Papanastasiou et al., 2020). Το ελκυστικό ανανεωνόταν κάθε δύο εβδομάδες. Τα έντομα πνίγονταν και συλλέγονταν στο εσωτερικό της παγίδας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169



Εικόνα 2.7. Α) Η άκρη της πιπέτας που προσαρμόστηκε στις οπές. Β) Η τελική διαμόρφωση της παγίδας "Μπουκάλι".

Η παγίδα "Ποτήρι'' (Εικ. 2.8) αποτελούνταν από ένα διαφανές, πλαστικό ποτήρι όγκου 0,4 L με κυλινδρικό καπάκι. Στο άνω μέρος του ποτηριού, περιμετρικά, 3 cm. από το χείλος του, δημιουργήθηκαν 20 οπές διαμέτρου 2 mm. Η διάμετρος της βάσης ήταν 6 cm. και του άνω μέρους 9 cm. Στην παγίδα χρησιμοποιήθηκε ως ελκυστικό 100 mL μίγματος άγαρ-μείγμα μηλόξιδου, που αναφέρεται παραπάνω, το οποίο ανανεωνόταν κάθε μήνα. Επίσης, προστέθηκε εσωτερικά κίτρινη κολλητική επιφάνεια τύπου Horiver διαστάσεων 10 x 5 cm όπου συλλέγονταν τα παγιδευμένα έντομα. Η αλλαγή της κολλητικής επιφάνειας πραγματοποιούνταν όταν μειωνόταν ο χώρος προσκόλλησης ή εξασθενούσε η κόλλα. Κατά την παρασκευή του μίγματος άγαρ-μηλόξιδο τοποθετήθηκαν σε μαγειρικό σκεύος άγαρ και μηλόξιδο σε αναλογία 1:100 και θερμάνθηκαν ως το σημείο βρασμού. Το μίγμα στην συνέχεια τοποθετούνταν στο εσωτερικό της παγίδας και αφήνονταν σε θερμοκρασία δωματίου έως ότου δημιουργηθεί η γέλη (Εικ. 2.8).



Εικόνα 2.8. Α) Τοποθέτηση του μίγματος άγαρ-μηλόξιδο. Β) Παγίδα έτοιμη προς χρήση, διακρίνονται στην βάση της η γέλη του ελκυστικού και στο κέντρο της τα σημεία εισόδου (τρύπες) και το σημείο προσκόλλησης των εντόμων (κίτρινη κολλητική επιφάνεια).

Οι υπόλοιπες τρεις παγίδες ήταν αυτοσχέδιες σε σχήμα σφαίρας, κόκκινου χρώματος, διαμέτρου 7,5 cm, όγκου 220 mL και διέθεταν 40 οπές πλευρικά, διαστάσεων 3 x 2 mm που επέτρεπαν την είσοδο των εντόμων. Τα έντομα παγιδεύονταν στο εσωτερικό της παγίδας που επικαλύπτονταν με ειδική κόλλα ή στο πλαστικό πλέγμα που έφερε επίσης κόλλα και τοποθετήθηκε εσωτερικά της παγίδας πάνω από τον ελκυστικό. Εξωτερικά της παγίδας στο άνω μέρος της προσαρμόστηκε επιφάνεια τύπου Plexiglas διαστάσεων 12 x 12 cm, για προστασία από τις βροχοπτώσεις.

Τρία διαφορετικά ελκυστικά χρησιμοποιήθηκαν σε αυτόν τον τύπο παγίδας. Το πρώτο τροφικό ελκυστικό ήταν το SWD lure (Russell IPM) (Εικ. 2.9) και τοποθετήθηκε εσωτερικά στο κάτω μέρος της σφαίρας. Η αλλαγή του πραγματοποιούνταν κάθε 12-14 βδομάδες.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

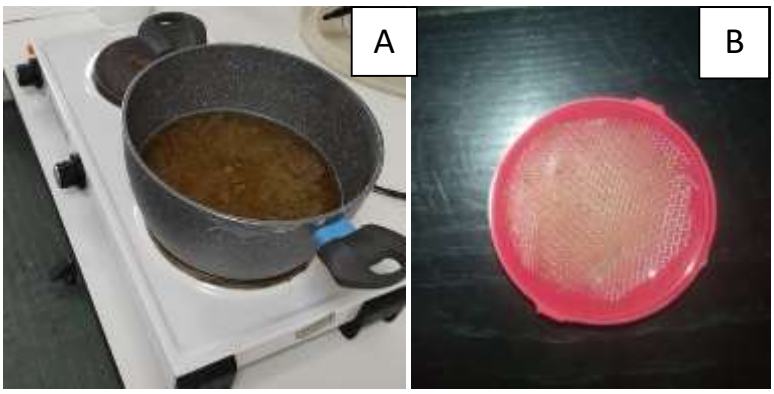
Εικόνα 2.9. SWD lure (Βασίλης Ροδοβίτης- Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας ΠΘ).

Το δεύτερο ελκυστικό ήταν 50 mL μίγματος άγαρ με Biodelear (Εικ. 2.10) (Kouloussis et al., 2017; Bali et al., 2021). Κατά την παρασκευή του μείγματος, αρχικά τοποθετήθηκαν σε κατσαρόλα άγαρ και νερό σε αναλογία 1,5:50, θερμάνθηκαν ως το σημείο βρασμού και κατόπιν προστέθηκε ποσότητα 100 ml από το Biodelear. Το μείγμα παρέμενε σε θερμοκρασία δωματίου έως ότου δημιουργηθεί η γέλη. Η αλλαγή του ελκυστικού πραγματοποιούνταν μία φορά τον μήνα. Το βιοδέλεαρ είναι ένα τροφικό ελκυστικό το οποίο παρασκευάστηκε από τον Mavraganis, (2012) μέσω ελεγχόμενης αντίδρασης Maillard φρουκτόζης και ουρίας με παρουσία νερού.

Εικόνα 2.10. Α) Η κόκκινη σφαίρα με το ελκυστικό μίγμα άγαρ-Biodelear στο εσωτερικό της. Β) και Γ) Θέρμανση της κόλλας και εφαρμογή στο εσωτερικό πλέγμα και το άνω ημισφαίριο.

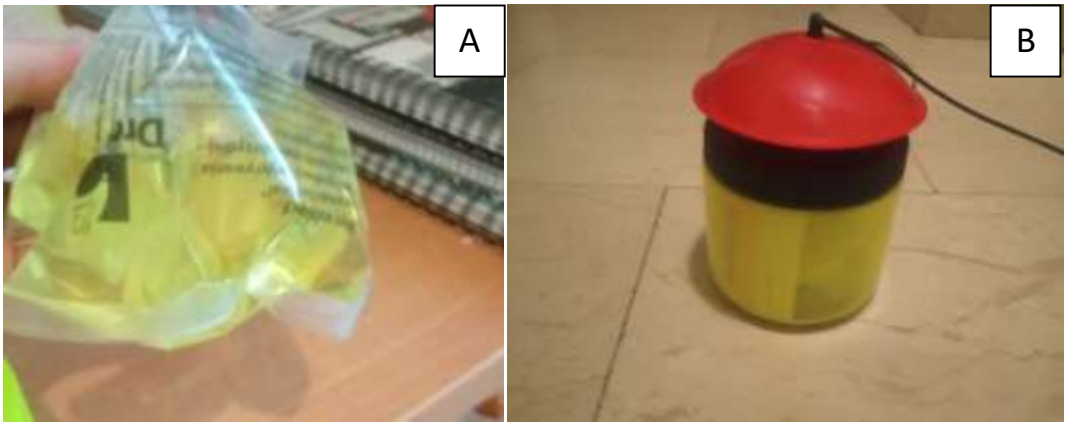
Ως τρίτο ελκυστικό στην κόκκινη σφαίρα χρησιμοποιήθηκε 50 mL μίγματος άγαρ-μείγμα μηλόξιδου. Η διαδικασία για την δημιουργία του τελικού μείγματος σε μορφή γέλης ακολουθήθηκε κατά τον ίδιο τρόπο (Εικόνα 2.11). Η αλλαγή του ελκυστικού γινόταν κάθε μήνα.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169



Εικόνα 2.11. Α) Μίξη άγαρ με μηλόξιδο υπό θέρμανση στο σημείο βρασμού. Β) Τοποθέτηση πλέγματος με κόλλα στο εσωτερικό της παγίδας.

Η εμπορική παγίδα "Drosinal ®" (ICB Pharma) (Εικ. 2.12) ύψους 13 cm, αποτελούνταν από ένα πλαστικό δοχείο ανοιχτού πράσινου χρώματος, διαμέτρου 9,5 cm, όγκου 0,5 L. Το καπάκι της παγίδας ήταν μαύρο και στο κάτω μέρος του έφερε 12 οπές εισόδου, οργανωμένες σε 4 ομάδες. (διαστάσεων 0,3 x 0,3 cm) (Εικ. 2.13). Κάθε ομάδα οπών καταλήγει σε τούνελ 3 cm προς το εσωτερικό του δοχείου. Στην επάνω πλευρά του καπακιού υπήρχε προσαρμοσμένο σκέπαστρο κόκκινου χρώματος για την αποφυγή εισόδου νερού λόγω βροχής. Στην παγίδα "Drosinal" χρησιμοποιήθηκε 200 mL εμπορικού ελκυστικού ''Drosinal lure'' της ίδιας εταιρείας το οποίο ανανεώνονταν ολικά κάθε τρείς μήνες. Το "Drosinal lure" (Εικ. 2.12) είναι τροφικό ελκυστικό του οποίου η ακριβής σύσταση δεν είναι γνωστή. Στο ελκυστικό δεν περιλαμβάνεται κάποιο εντομοκτόνο ή φερομόνη (ICB Pharma Website – PRODUCT CATALOG, 2021). Η παγίδα έχει χρησιμοποιηθεί σε έρευνες παρακολούθησης των πληθυσμών του *D. suzukii* στην Πολωνία αλλά και στην χώρα μας από το εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του ΠΘ (Labanowska and Piotrowski, 2015; Piotrowski et al., 2017; Rodovitis, Papanastasiou, Papadopoulos 2020-2021, προσωπική επικοινωνία).



Εικόνα 2.12. Α) Drosinal lure 200 mL. Β) Παγίδα Drosinal.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 2.13. Οι οπές εισόδου στην παγίδα Drosinal

2.2.2 Δεύτερο πείραμα

Στην 2η πειραματική ενότητα, συσχετίστηκαν οι συλλήψεις των ενηλίκων με τον τύπο και το χρώμα της παγίδας. Στις 26 Απριλίου 2021, τοποθετήθηκαν 5 ομάδες τεσσάρων παγίδων (συνολικά 20 παγίδες), σε εμπορικό οπωρώνα κερασιάς, όψιμων ποικιλιών έκτασης 5 στρμ. (Εικ. 2.14). Στον συγκεκριμένο οπωρώνα εφαρμόστηκε εντομοκτόνο μία φορά για την καταπολέμηση του *Rhagoletis cerasi* στις αρχές Ιουνίου, στο φαινολογικό στάδιο της «αλλαγής χρώματος του καρπού». Πραγματοποιήθηκε επίσης, κατεργασία του εδάφους δύο φορές στην καλλιεργητική περίοδο με φρέζα για την αντιμετώπιση των ζιζανίων και κλάδεμα των δέντρων περίπου στα τέλη Σεπτεμβρίου. Ο οπωρώνας για τεχνικούς σκοπούς ονομάστηκε Αγρός 6 (υψ. 840 m).

Εικόνα 2.14. Όρια και διάταξη παγίδων στον Αγρό 6.

Κατά την 2η πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν 4 τύποι παγίδων τα χαρακτηριστικά των παγίδων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

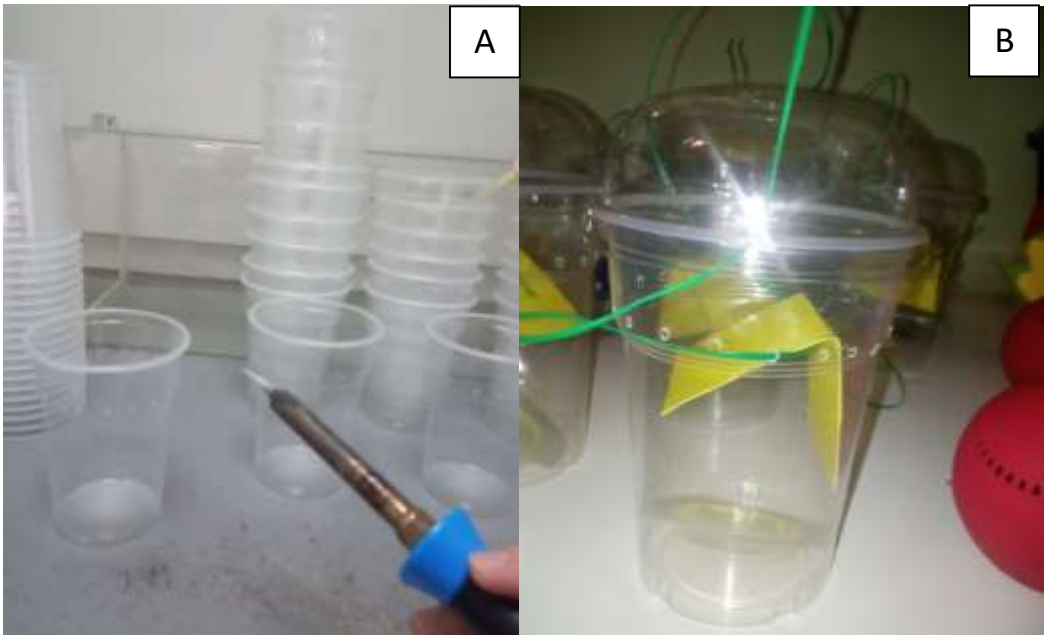
Πίνακας 3. Παγίδες 2ης πειραματικής ενότητας και τα χαρακτηριστικά τους καθώς και η ημερομηνία εγκατάστασής τους.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Παγίδα	Ελκυστικό	Χρώμα	Διαστάσεις οπών	Θέση οπών	Αριθμός επαναλήψεων	Ημερομηνία εγκατάστασης
Μπουκάλι	Μίγμα μηλόξιδου	Διαφανές	0,3-0,5 cm	Πλάγια	5	26/4/2021
Ποτήρι	SWD lure	Κίτρινη επιφάνεια εσωτερικά	0,2 cm	Πλάγια	5	26/4/2021
Κόκκινη Σφαίρα	SWD lure	Κόκκινη	0,2 x 0,3 cm	Άνω μέρος	5	26/4/2021
Κίτρινη Σφαίρα	SWD lure	Κίτρινη	0,2 x 0,3 cm	Άνω μέρος	5	26/4/2021

Η πρώτη παγίδα ήταν η παγίδα «Μπουκάλι» που περιεγράφηκε στην ενότητα ‘’1η πειραματική διαδικασία’’ και έφερε το ίδιο ελκυστικό.

Επίσης χρησιμοποιήθηκε η αυτοσχέδια παγίδα που αποτελούνταν από ένα πλαστικό ποτήρι χωρητικότητας 0,4 L και κυλινδρικό καπάκι. Στο άνω μέρος του ποτηριού, περιμετρικά, 3 cm. από το χείλος του, δημιουργήθηκαν 20 οπές διαμέτρου 2 mm. Η παγίδα χρησιμοποιήθηκε με το τροφικό ελκυστικό ‘’SWD lure’’ της εταιρείας Russell IPM (Εικ. 2.15), το οποίο ανανεώνονταν κάθε 12-14 βδομάδες. Εσωτερικά της παγίδας τοποθετήθηκε κίτρινη κολλητική επιφάνεια Horiver για την παγίδευση των εντόμων (Εικ. 2.16). Η αλλαγή της κολλητικής επιφάνειας πραγματοποιούνταν όταν μειωνόταν ο χώρος προσκόλλησης ή εξασθενούσε η κόλλα. Για τεχνικούς λόγους η συγκεκριμένη παγίδα ονομάστηκε “Ποτήρι”.



Εικόνα 2.15. Α) Δημιουργία οπών μέσω θερμαινόμενης επιφάνειας στο πλαστικό ποτήρι. Β) Η τελική μορφή της αυτοσχέδιας παγίδας “ποτήρι” με το ελκυστικό ‘’SWD lure’’ της εταιρείας Russell.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

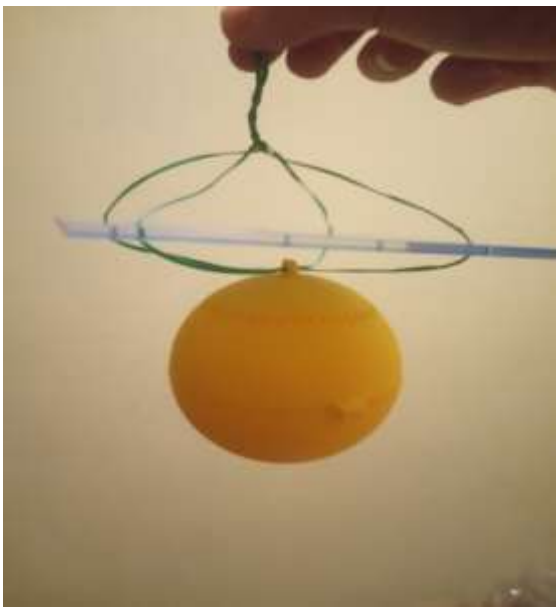
Εικόνα 2.16. Συλλήψεις τριών αρσενικών σε κολλητική επιφάνεια Horiver σε παγίδα ποτήρι με το SWD lure.

Οι της δύο παγίδες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν πλαστικές σφαίρες, κόκκινου και κίτρινου χρώματος (Εικ. 2.17), με διαμέτρου 7,5 cm, όγκου 220 mL, ενώ διέθεταν 40 οπές, διαστάσεων 3 x 2 mm, τοποθετημένες περιμετρικά στο άνω ημισφαίριο της.

Εικόνα 2.17. Η αυτοσχέδια παγίδα, κίτρινη σφαίρα με το ελκυστικό ‘’SWD’’ της.

Στις σφαίρες τοποθετήθηκε τροφικό ελκυστικό ‘’SWD lure’’ της εταιρίας Russell IPM. Η αλλαγή του ελκυστικού γινόταν κάθε 12-14 βδομάδες. Τα έντομα παγιδεύονταν στο εσωτερικό της παγίδας που επικαλύπτονταν με ειδική κόλλα ή στο πλαστικό πλέγμα που έφερε επίσης κόλλα και τοποθετήθηκε εσωτερικά της παγίδας πάνω από το ελκυστικό. Εξωτερικά της παγίδας στο άνω μέρος της προσαρμόστηκε επιφάνεια τύπου Plexiglas διαστάσεων 12 x 12 cm, για προστασία από τις βροχοπτώσεις (Εικ. 2.18).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169



Εικόνα 2.18. Η τελική μορφή της σφαίρας με την επιφάνεια Plexiglas τοποθετημένη στο επάνω μέρος της.

2.3. Παρακολούθηση του πληθυσμού των ενηλίκων

Οι παγίδες τοποθετήθηκαν σε ύψος 1,5-2 m, σε καρποφόρους κλάδους και στην νοτιοανατολική πλευρά της κόμης των δέντρων (Εικ. 2.19, 2.20, 2.21). Σκοπός της τοποθέτησης ήταν η αποφυγή διαρκούς έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι λειτουργούν καλύτερα σε πιο δροσερές και σκιερές περιοχές της κόμης (Walsh et al., 2011). Κάθε παγίδα απείχε από την άλλη τουλάχιστον 10-15 m. Η τοποθέτηση έγινε περίπου 2 μήνες πριν ξεκινήσει η ωρίμανση των καρπών. Στην συνέχεια, καταγράφηκαν οι ακριβείς συντεταγμένες του σημείου τοποθέτησης μέσω συσκευής GPS.

Εικόνα 2.19. Η κόκκινη σφαίρα τοποθετημένη σε κερασιά.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 2.20. Α) Η τοποθέτηση της παγίδας "Ποτήρι". Β) Έλεγχος της παγίδας "Κίτρινη σφαίρα".

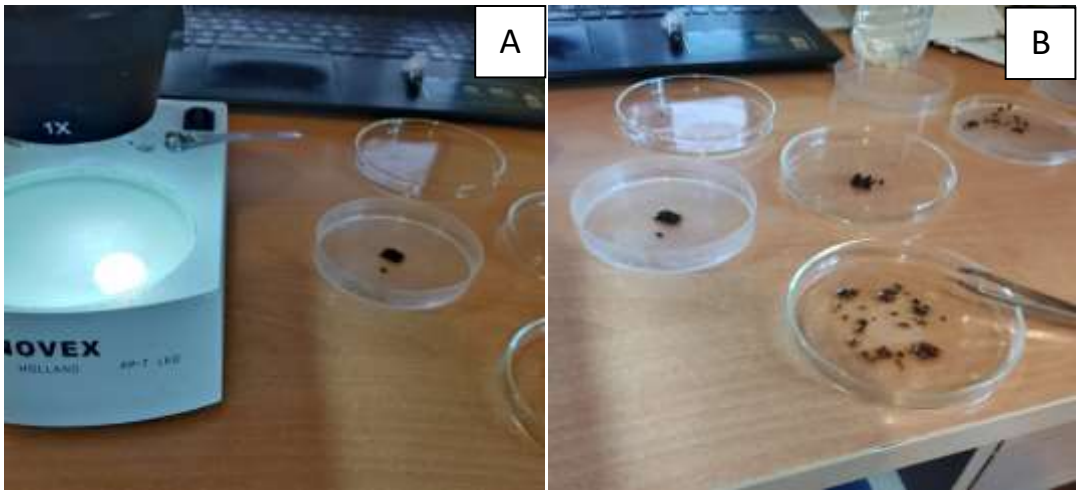
Εικόνα 2.21. Α) Η παγίδα "Μπουκάλι" Β) Η παγίδα "Drosinal".

Ο έλεγχος των παγίδων πραγματοποιούνταν εβδομαδιαίως από τις 3/5/21 μέχρι τις 14/11/21 που ήταν και τελική ημερομηνία (Εικ. 2.22).

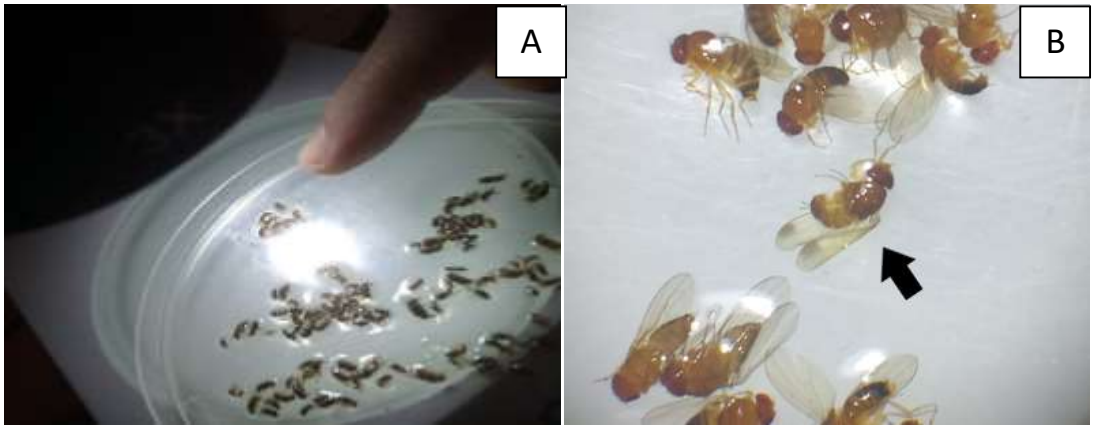
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Εικόνα 2.22. Παρακολούθηση παγίδων και δειγματοληψία εντόμων.

Τα έντομα τοποθετούνταν σε πλαστικά ή γυάλινα τριβλύα Petri διαμέτρου 9 cm με αλκοόλη. Η αναγνώρισή των εντόμων πραγματοποιούνταν με την βοήθεια στερεοσκοπίου (NOVEX AP-7 LED) (Εικ. 2.23, 2.24).

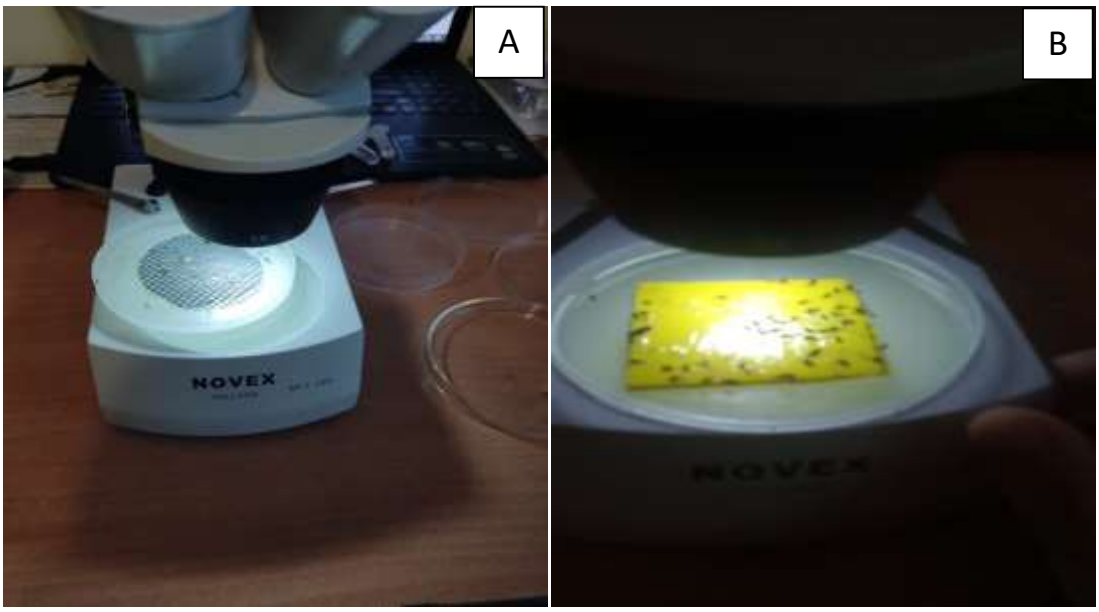


Εικόνα 2.23. Α) Στερεοσκόπιο. Β) Μοίρασμα των εντόμων σε τριβλύα με την βοήθεια λαβίδας.



Εικόνα 2.24. Α) Τοποθέτηση των εντόμων σε τριβλύο petri και αναγνώριση των ενηλίκων του *Drosophila suzukii* σε στερεοσκόπιο. Β) Αρσενικό ενήλικο ανάμεσα σε άλλα είδη του γένους -Drosophilidae.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169



Εικόνα 2.25. Α) Εξέταση πλέγματος από τις παγίδες-σφαίρες και Β) της κίτρινης κολλητικής επιφάνειας από τις παγίδες-ποτήρια.

Τα έντομα διαχωρίζονταν σε αρσενικά και θηλυκά καθώς και σε χειμερινό και καλοκαιρινό φαινότυπο. Στην συνέχεια, τα έντομα τοποθετούνταν σε φιαλίδια eppendorf με καθαρή αλκοόλη στην κατάψυξη στους -20°C για περαιτέρω παρατήρηση (Εικ. 2.26).

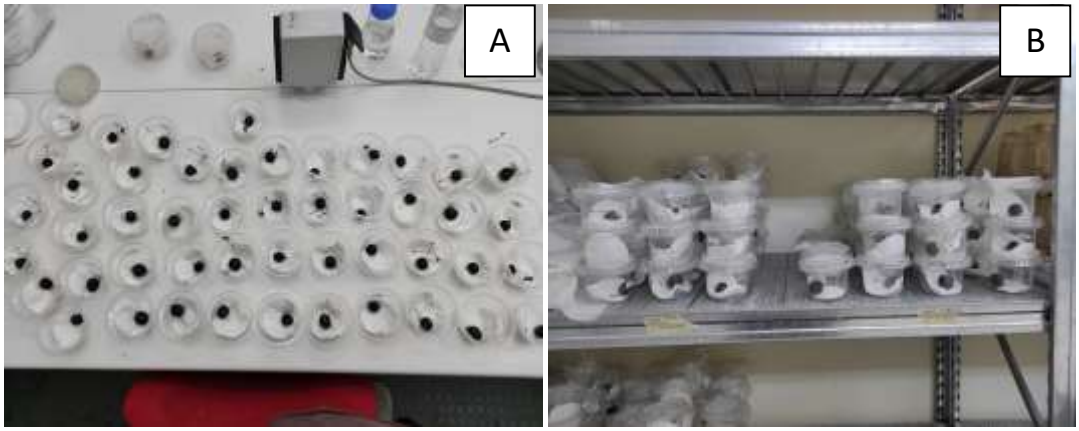
Εικόνα 2.26. Διατήρηση αρσενικού *Drosophila suzukii* σε φιαλίδιο eppendorf 2mL.

2.4. Δειγματοληψία καρπών

Στις 25/7/2021, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ώστε να εκτιμηθεί το ποσοστό της προσβολής των καρπών κερασιάς. Πιο συγκεκριμένα, συγκομίστηκαν 50 κεράσια από τους οπωρώνες της 1ης πειραματικής διαδικασίας στους οποίους δεν εφαρμόστηκε κάποιο εντομοκτόνο. Εξαίρεση αποτέλεσε ο Αγρός 5 όπου η δειγματοληψία δεν κατέστη δυνατή καθώς υπήρξε έντονη καρπόπτωση. Η δειγματοληψία των καρπών ήταν τυχαία και σε όλη την επιφάνεια του κάθε αγρού. Οι καρποί μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τοποθετήθηκαν ατομικά σε πλαστικά δοχεία ύψους 5 cm και διαμέτρου 5 cm. Τα δοχεία με τους καρπούς παρέμειναν σε συνθήκες

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

25±2 °C, 65±5 % ΣΥ και με φωτοπερίοδο 14 ώρες φως, 10 ώρες σκοτάδι (Εικ. 2.27). Κάθε δοχείο διέθετε άνοιγμα στο άνω μέρος του, το οποίο καλυπτόταν με οργαντίνα λεπτής διατομής ώστε να επιτυγχάνεται ικανοποιητικός αερισμός εντός του δοχείου. Κάθε κεράσι τοποθετήθηκε πάνω σε μικρό κομμάτι βαμβακιού ώστε να απορροφούνται τα υγρά από τους προσβεβλημένους καρπούς και να νυμφώνονται οι προνύμφες που εξέρχονταν αυτών. Οι καρποί ελέγχονταν δύο φορές την βδομάδα και όταν όλα τα ενήλικα εμφανίστηκαν τότε καταμετρήθηκαν με την βοήθεια στερεοσκοπίου. Καταγράφηκε ο αριθμός των προσβεβλημένων καρπών που συλλέχθηκε από κάθε οπωρώνα και ο αριθμός των ενηλίκων που προέκυψαν από κάθε καρπό.



Εικόνα 2.27. Α) Τοποθέτηση των καρπών που συγκομίστηκαν σε πλαστικά δοχεία. Β) Διατήρηση των καρπών συνθήκες 25±2 °C, 65±5 % σχ. υγρασία και με φωτοπερίοδο 14 ώρες φως, 10 ώρες σκοτάδι μέχρι την έξοδο των ενηλίκων (Βασίλης Ροδοβίτης- Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας ΠΘ).

2.5. Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής μέση, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, μέγιστη και ελάχιστη σχετική υγρασία και ύψος βροχοπτώσεων, λήφθηκαν από την εθνική βάση δεδομένων του METEO (http://meteosearch.meteo.gr/). Ο κοντινότερος μετεωρολογικός σταθμός στην περιοχή βρίσκεται στο χωριό Κερασιά (40.87, 21.96), 7,2 χλμ. νοτιοδυτικά της Κάτω κορυφής και σε υψόμετρο 706 m. Τα δεδομένα αφορούσαν τις περιόδους Ιανουάριος 2020 – Δεκέμβριος 2020 και Ιανουάριος 2021 – Δεκέμβριος 2021.

2.7 Στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Οι αναλύσεις των αποτελεσμάτων της παρούσας διατριβής πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το λογιστικό πακέτο SPSS 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.). Οι συγκρίσεις μεταξύ του συνολικού αριθμού των συλληφθέντων ατόμων στους έξι διαφορετικούς τύπους παγίδων, σε σχέση με τον μήνα δειγματοληψίας και το φύλο του εντόμου, πραγματοποιήθηκαν με την ανάλυση των γενικευμένων γραμμικών μοντέλων (Generalized Linear Models- GLM) επιλέγοντας κατανομή Poisson και συνάρτηση σύνδεσης log. Κατά τον ίδιο τρόπο πραγματοποιήθηκε η ανάλυση στην δεύτερη πειραματική διαδικασία για την σύγκριση των τεσσάρων διαφορετικών παγίδων. Τέλος οι διαφορές στο ποσοστό των εξερχόμενων ενηλίκων, αρσενικών ή θηλυκών, από κάθε καρπό κατά την πειραματική διαδικασία της εκτίμησης προσβολής, πραγματοποιήθηκε, επίσης χρησιμοποιώντας την ανάλυση των γενικευμένων γραμμικών μοντέλων (Generalized Linear Models- GLM) επιλέγοντας κατανομή Poisson και συνάρτηση σύνδεσης log.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα

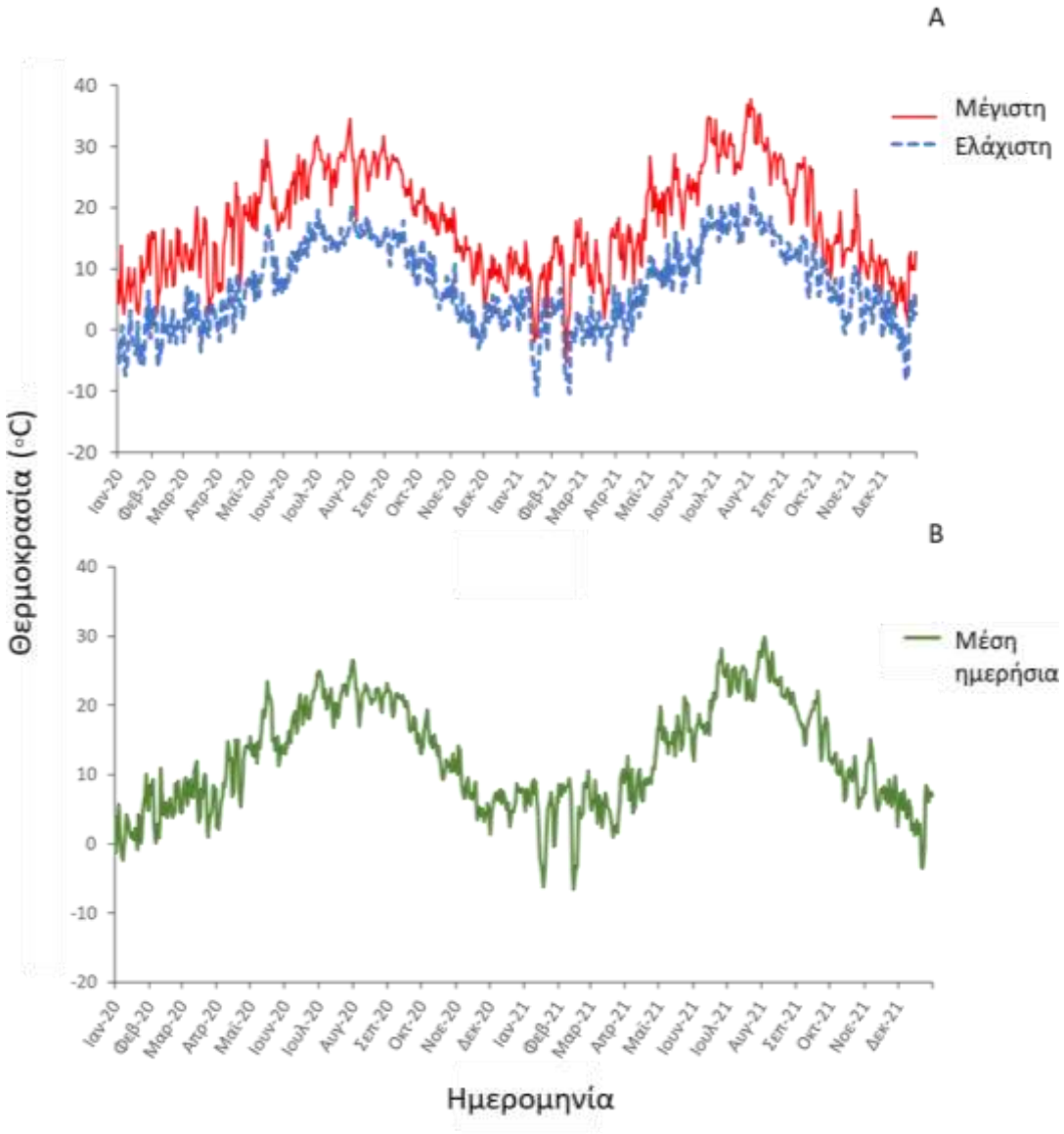
3.1. Μετεωρολογικά δεδομένα

Στο Διάγραμμα 3.1. δίνονται η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία, η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία και η μέση ημερήσια θερμοκρασία της ευρύτερης περιοχής των στην οποία πραγματοποιήθηκαν τα δύο πειράματα, από τον Ιανουάριο του 2020 – έως το Δεκέμβριο 2021. Η διακύμανση της θερμοκρασίας επηρεάζει την φαινολογία της κερασιάς και του *D. suzukii*, αντίστοιχα. Η μέγιστη θερμοκρασία καταγράφηκε στις 2 Αυγούστου του 2021 με 37,8 °C ενώ κατά τους θερινούς μήνες της ίδιας χρονιάς και ιδιαίτερα στα τέλη Ιουλίου και αρχές Αυγούστου καταγράφηκε σε αρκετές ημερομηνίες θερμοκρασία μεγαλύτερη των 35 °C. Η ελάχιστη θερμοκρασία καταγράφηκε στις 18 Ιανουαρίου του 2021 με -10,7 °C, και γενικότερα η θερμοκρασία το διάστημα Ιανουάριος 2021 – Φεβρουάριος 2021 κυμάνθηκε για αρκετές ημέρες κάτω των 0 °C. Την ίδια περίοδο δεν καταγράφηκαν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 15 °C.

Στο Διάγραμμα 3.2. δίνονται η μέγιστη, η ελάχιστη και η μέση σχετική υγρασία για το διάστημα από τον Ιανουάριο του 2020 έως το Δεκέμβριος του 2021. Η σχετική υγρασία κυμάνθηκε από 15 έως 97 %, ενώ η υψηλότερες τιμές της μέσης σχετικής υγρασίας παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα κατά το Φθινόπωρο του 2021.

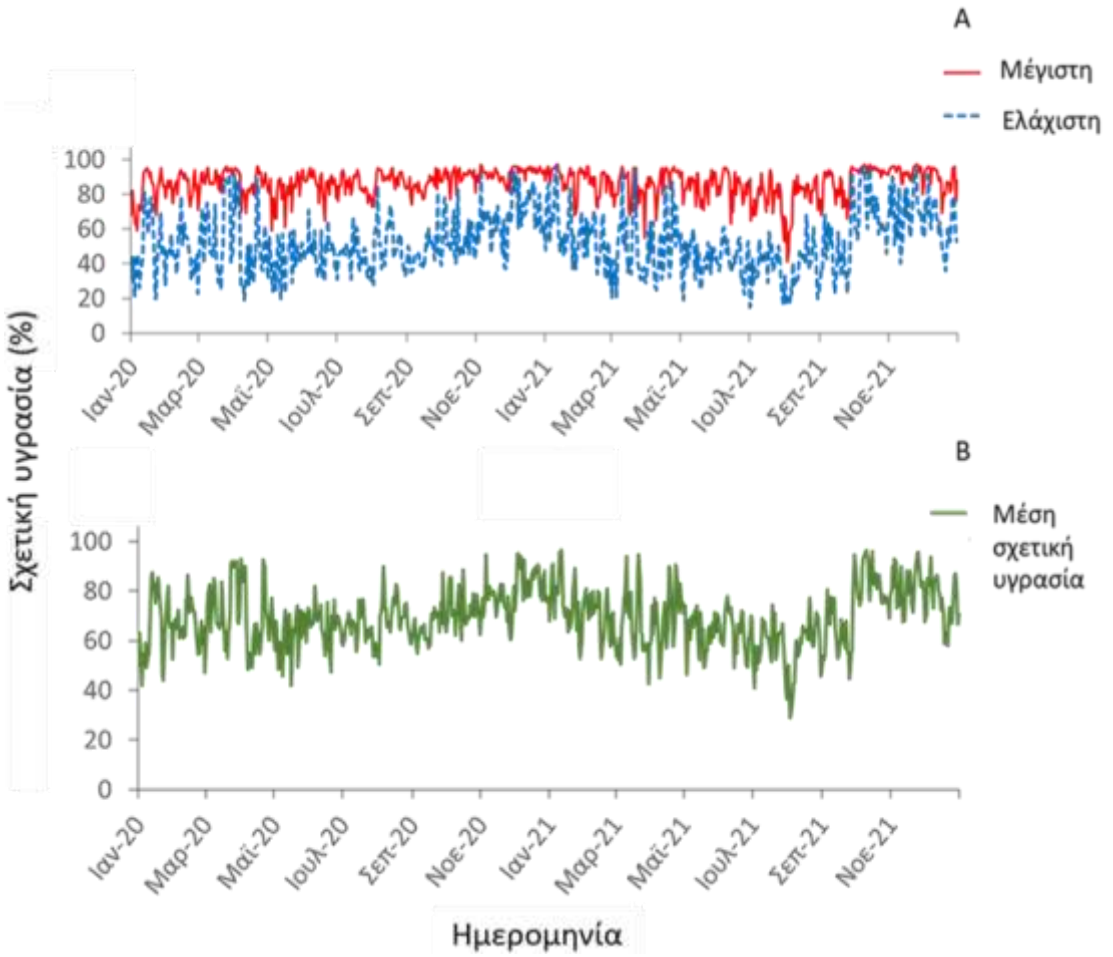
Στο Διάγραμμα 3.3. δίνεται το ύψος των βροχοπτώσεων της ευρύτερης περιοχής κατά το ίδιο χρονικό διάστημα. Οι υψηλότερες βροχοπτώσεις παρατηρήθηκαν τον Απρίλιο του 2020, τον Αύγουστο του 2020, τον Δεκέμβριο και Ιανουάριο του 2021 και τον Οκτώβριο της ίδιας χρονιάς. Ακόμα, άξιες αναφοράς λόγω των προβλημάτων που επιφέρουν στους καρπούς της κερασιάς τις περιόδους ωρίμανσης και συγκομιδής των καρπών είναι οι βροχοπτώσεις ύψους 4,2 mm, 2,3 mm και 31,2 mm στις 14 Ιουνίου, στις 16 Ιουνίου και στις 18 Ιουλίου του 2021, αντίστοιχα. Οι περισσότερες ποικιλίες στα μέσα Ιουνίου βρίσκονταν στο στάδιο ‘’αλλαγής του χρώματος του καρπού’’, ενώ στις 18 Ιουλίου στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

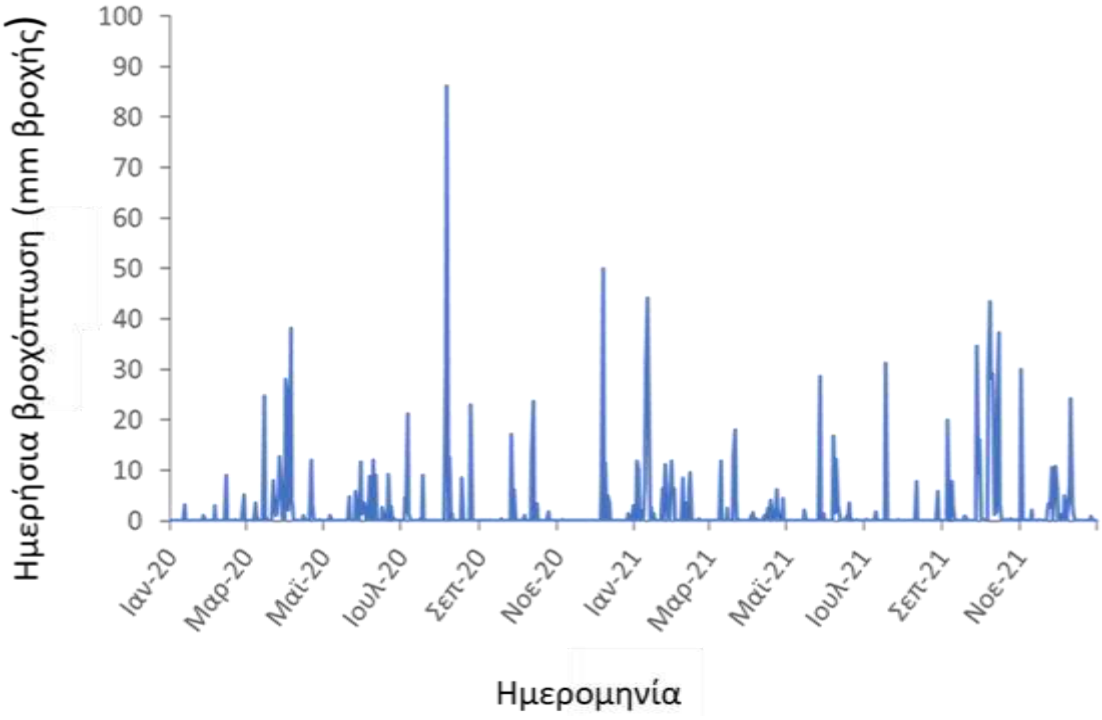


Διάγραμμα 3.1. Απόλυτη ελάχιστη και μέγιστη (A) και μέση (B) ημερήσια θερμοκρασία από τον Ιανουάριο του 2020 έως τον Δεκέμβριο του 2021 για την περιοχής της Κάτω Κορυφής, Πέλλας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169



Διάγραμμα 3.2. Ελάχιστη και μέγιστη (A) και μέση (B) ημερήσια σχετική υγρασία από τον Ιανουάριο του 2020 έως τον Δεκέμβριο του 2021 για την περιοχή της Κάτω Κορυφής, Πέλλας

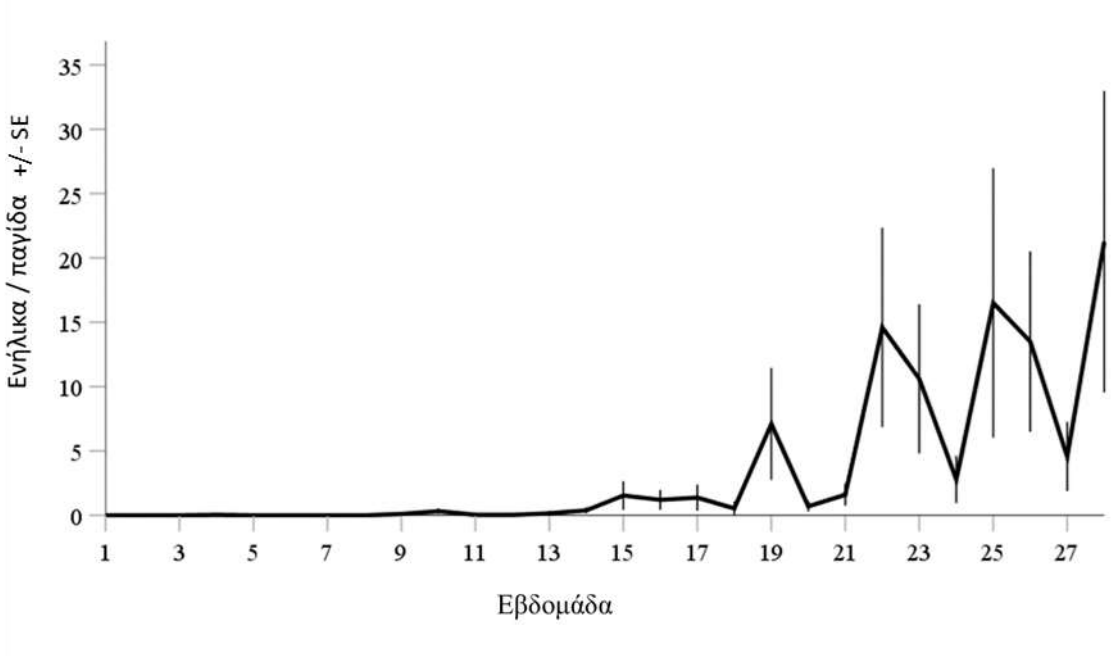


Διάγραμμα 3.3. Χιλιοστόμετρα βροχωπτώσεων (mm) αν ημέρα από τον Ιανουάριο του 2020 έως τον Δεκέμβριο του 2021 για την περιοχής της Κάτω Κορυφής, Πέλλας.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

3.2. Πρώτο πείραμα

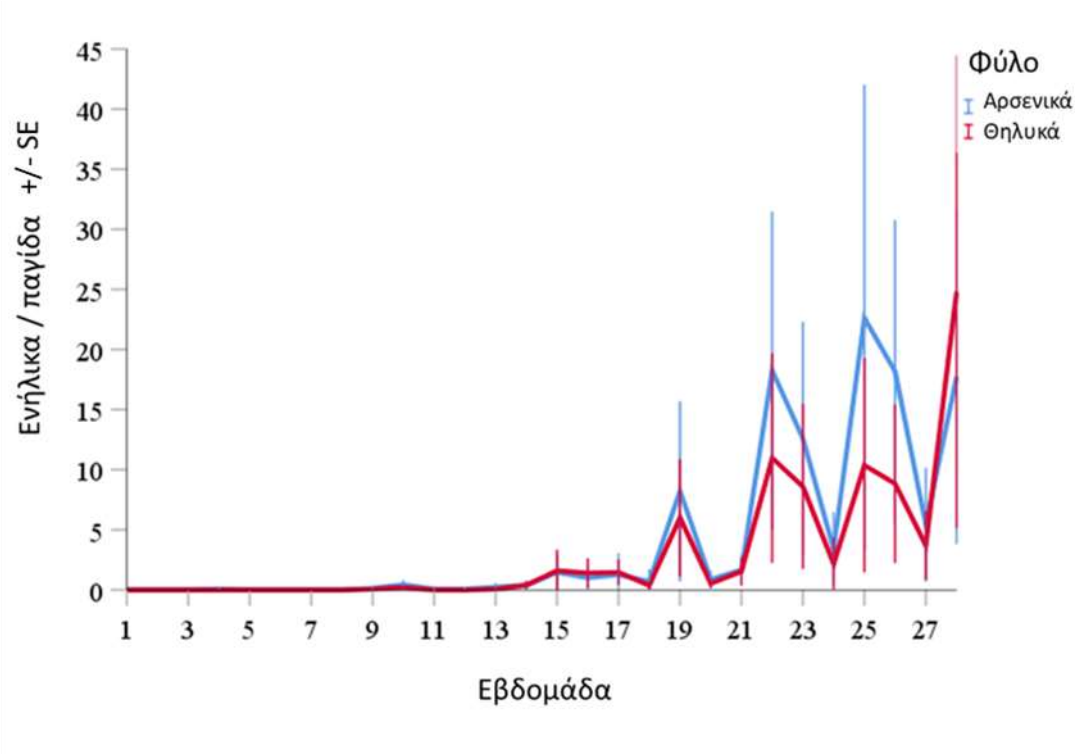
Στο Διάγραμμα 3.4. δίνεται η πορεία πτήσης των ενήλικων του *D. suzukii* στην περιοχή της Κάτω Κορυφής, Πέλλας στους αγρούς του πρώτου πειράματος. Με την ανάρτηση και παρακολούθηση 30 παγίδων, έξι διαφορετικών τύπων σημειώθηκαν 5938 συλλήψεις ενηλίκων *D. suzukii* συνολικά από τις 26 Απριλίου ($1^{η}$ εβδομάδα) μέχρις τις 14 Νοεμβρίου ($28^{η}$ εβδομάδα). Η καταμέτρηση των συλλήψεων διακόπηκε μετά τον Νοέμβριο. Η περίοδος πτήσης του εντόμου διήρκησε περίπου 5 μήνες, από το τέλος Μαΐου μέχρι τα μέσα Νοεμβρίου. Σύμφωνα με την ανάλυση των γενικευμένων γραμμικών μοντέλων (Generalized Linear Models- GLM), ο μήνας επηρέασε σημαντικά τις συλλήψεις των ενηλίκων (χ^2 = 1561,63, df = 6, P < 0,05) καθώς τον Νοέμβριο σημειώθηκε ο υψηλότερος αριθμός συλλήψεων, ενώ οι συλλήψεις από τα τέλη της άνοιξης έως και τα μέσα του καλοκαιριού διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Η πρώτη σύλληψη σημειώθηκε στις 23 Μαΐου ($4^{η}$ εβδομάδα) και αποτελεί τον μικρότερο αριθμό συλλήψεων καθ' όλη την διάρκεια της παρακολούθησης της πτήσης με μέσο όρο 0,03 ±0,02 ενήλικα ανά εβδομάδα (δύο θηλυκά χειμερινού φαινότυπου). Η αύξηση των συλλήψεων παρατηρήθηκε στις αρχές Αυγούστου ($14\text{-}15^{η}$ εβδομάδα) και συνεχίστηκε μέχρι και τα μέσα Νοεμβρίου ($28^{η}$ εβδομάδα). Όπως φαίνεται και στο παρακάτω Διάγραμμα (Διαγ. 3.4) ο μέγιστος αριθμός συλλήψεων παρατηρήθηκε στις 14 Νοεμβρίου (28 ^{η} εβδομάδα) με μέσο όρο 21,30 ± 8,16 ενήλικα ανά εβδομάδα.



Διάγραμμα 3.4. Συνολική πορεία συλλήψεων ενηλικών στις παγίδες στο πρώτο πείραμα από την $1^{η}$ εβδομάδα (3/5/22) έως την $28^{η}$ εβδομάδα (14/11/22).

Στο Διάγραμμα 3.5. δίνεται η διακύμανση των συλλήψεων όλων των παγίδων, ξεχωριστά για τα δύο φύλα κατά την διάρκεια του πρώτου πειράματος. Εξετάστηκε η επίδραση του φύλου και του μήνα στις συλλήψεις των παγίδων. Τους φθινοπωρινούς μήνες και συγκεκριμένα τον Νοέμβριο, παρατηρήθηκε ο υψηλότερος αριθμός συλλήψεων και για τα δύο φύλα (χ^2 = 2603,24, df = 6, P < 0,05). Σημαντικά υψηλότερες συλλήψεις αρσενικών σημειώθηκαν τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο (χ^2 = 6,97, df = 1, P < 0,05). Η αλληλεπίδραση φύλου και μήνα ήταν σημαντική καθώς το μοτίβο των συλλήψεων κατά την διάρκεια του χρόνου διέφερε για τα δύο φύλα (χ^2 = 186,26, df = 5, P < 0,05). Οι πρώτες συλλήψεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν θηλυκών στις 23 Μαΐου του 2021 ($4^{η}$ εβδομάδα).

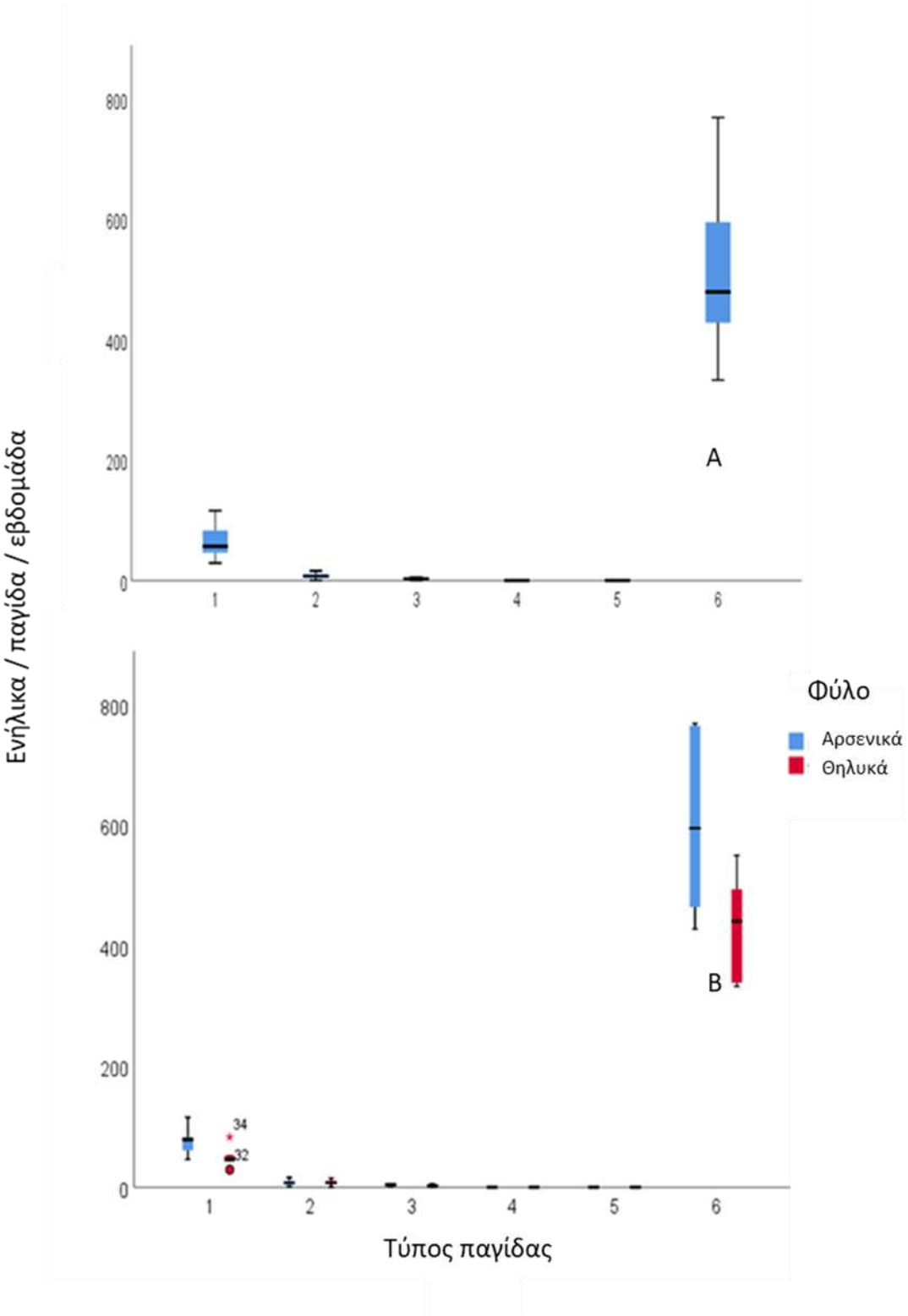
Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169



Διάγραμμα 3.5. Συνολική πορεία συλλήψεων για κάθε φύλο ξεχωριστά στις παγίδες της 1ης πειραματικής διαδικασίας από την 1η εβδομάδα (3/5/22) έως την 28η εβδομάδα (14/11/22).

Στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται ο μέσος όρος των συλλήψεων σε κάθε παγίδα (A) καθώς και ο μέσος όρος ανά εβδομάδα των συλλήψεων για κάθε φύλο ξεχωριστά σε κάθε παγίδα (B) καθ' όλη την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Ο τύπος της παγίδας επηρέασε σημαντικά τις συλλήψεις, καθώς στην παγίδα ''Drosinal'' (Εικ. 3.1.(A)) συλλέχθηκαν τα περισσότερα έντομα (χ^2 = 4336,78, df = 3, P < 0,05). Το φύλο του εντόμου επηρέασε σημαντικά τις συλλήψεις σε κάθε παγίδα (χ^2 = 4,18, df = 1, P = 0,04) με τα αρσενικά να συλλαμβάνονταν με μεγαλύτερη συχνότητα σε σχέση με τα θηλυκά. Η αλληλεπίδραση φύλου και παγίδας δεν ήταν σημαντική καθώς η αναλογία των δύο φύλλων που πιάστηκαν σε κάθε παγίδα δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές (χ^2 = 3,51, df = 3, P > 0,05).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

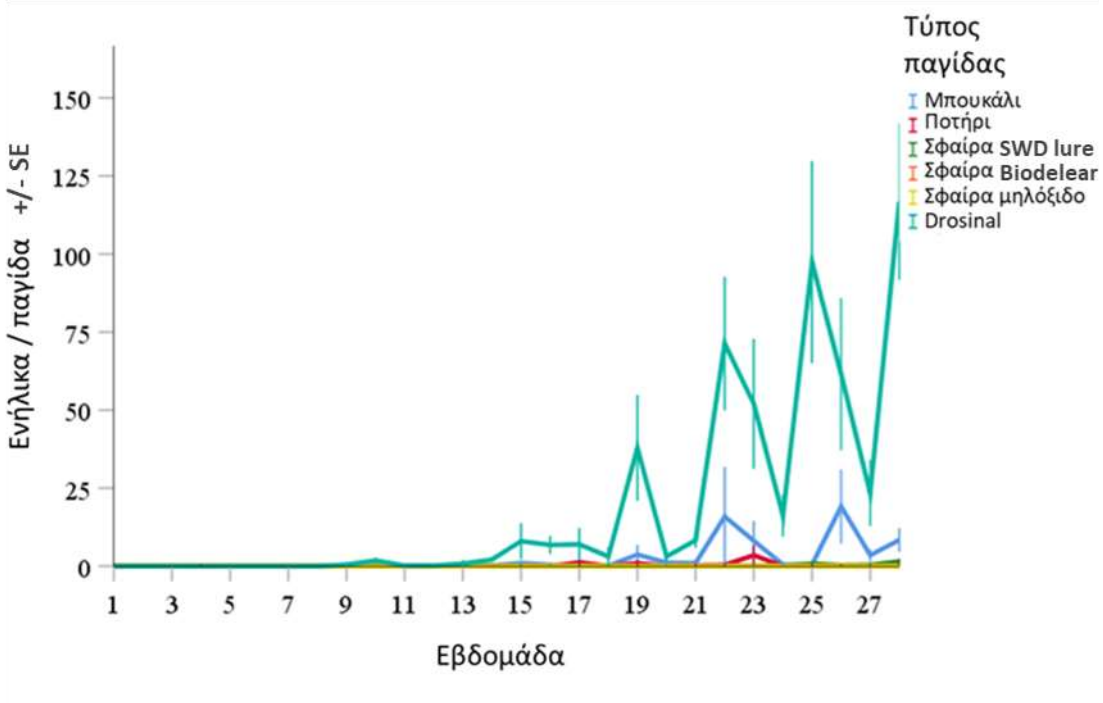


Διάγραμμα 3.6. Α) Θηκογράμματα για τις συλλήψεις ενηλίκων ανά παγίδα ανά εβδομάδα. Β) Μέσος όρος συλλήψεων αρσενικών και θηλυκών ανά εβδομάδα για κάθε τύπο παγίδας ξεχωριστά (1. ‘’Μπουκάλι’’, 2. ‘’Ποτήρι’’, 3. ‘’Σφαίρα SWD lure’’, 4. ‘’Σφαίρα Biodelear’’, 5. ‘’Σφαίρα μηλόξιδο’’, 6. ‘’Drosinal’’).

Στο Διάγραμμα 3.6. απεικονίζεται η διακύμανση των συλλήψεων για κάθε τύπο παγίδας της 1^{ης} πειραματικής διαδικασίας από τις 3 Μαΐου (1^{η} $_{εβδομάδα}$) έως τις 14 Νοεμβρίου (28^{η} $_{εβδομάδα}$). Ο μήνας της δειγματοληψίας επηρέασε σημαντικά τις συλλήψεις (χ^2 = 1561,63, df = 6, P < 0,05). Μεταξύ των παγίδων παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές (χ^2 = 333,76, df = 5,

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

$P < 0,05$), με την παγίδα ‘’Drosinal’’ να είναι αποτελεσματικότερη όσο αναφορά τα συλληφθέντα έντομα ($\chi^2 = 447,99$, df = 1, $P < 0,05$). Ακόμα, το μοτίβο αύξησης του αριθμού των συλλήψεων με την πάροδο του χρόνου διαφέρει σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών τύπων παγίδας ($\chi^2 = 120,34$, df = 23, $P < 0,05$). Το ελάχιστο των συλλήψεων της παγίδας παρατηρήθηκε στις 23 Μαΐου ($4^{η}$ εβδομάδα) με μέσο όρο 0,2 ±0,12 ενήλικα ανά εβδομάδα και το μέγιστο στις 14 Νοεμβρίου ($28^{η}$ εβδομάδα) με μέσο όρο 116,80 ±12,63 ενήλικα ανά εβδομάδα. Ακόμα, στη ‘’Drosinal’’ οι πρώτες συλλήψεις σημειώθηκαν στις 23 Μαΐου ($4^{η}$ εβδομάδα). Η $2^{η}$ παγίδα με τις περισσότερες συλλήψεις ήταν η παγίδα ‘’Μπουκάλι’’. Το ελάχιστο των συλλήψεων αυτής της παγίδας παρατηρήθηκε στις 27 Ιουνίου ($9^{η}$ εβδομάδα) με 0,1 ±0,1 ενήλικα ανά εβδομάδα, όπου και πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες τις συλλήψεις, ένα μήνα μετά από τις πρώτες συλλήψεις της ‘’Drosinal’’. Το μέγιστο των συλλήψεων της παρατηρήθηκε στις 27 Οκτωβρίου ($26^{η}$ εβδομάδα) με 12,63 ±6,05 ενήλικα ανά εβδομάδα. Στις υπόλοιπες παγίδες καταγράφηκαν χαμηλά επίπεδα συλλήψεων κατά μέσο όρο κάτω από 3,5 ±1,25 ενήλικα ανά εβδομάδα.

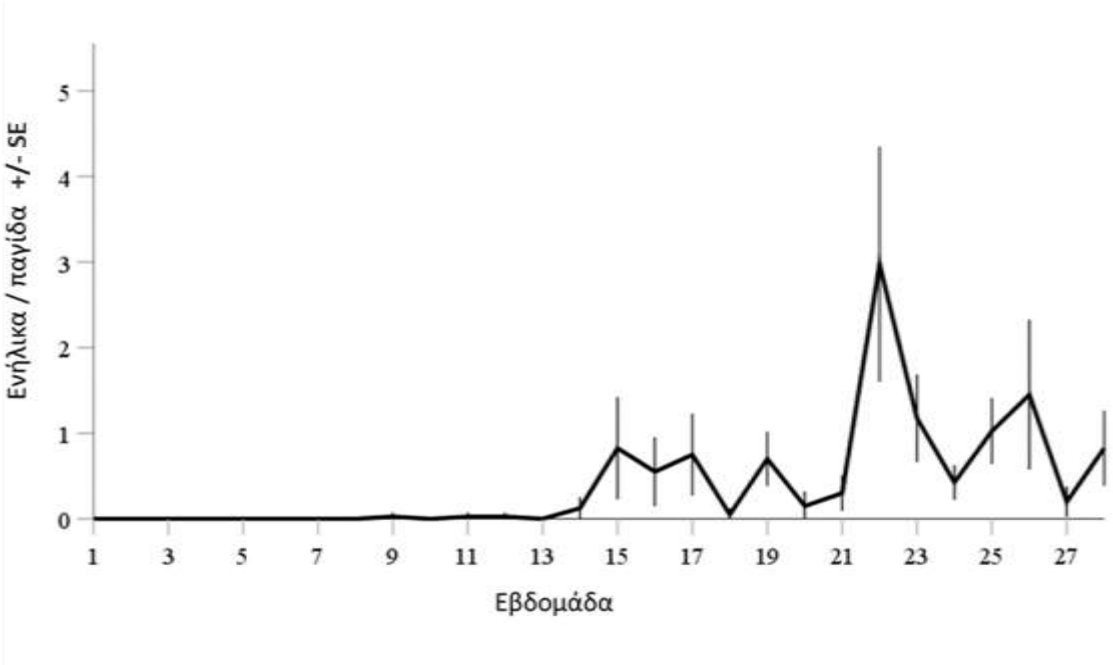


Διάγραμμα 3.7. Μέσος όρος συλλήψεων ενηλίκων ανά παγίδα ανά εβδομάδα για κάθε τύπο παγίδας ξεχωριστά (1. ‘’Μπουκάλι’’, 2. ‘’Ποτήρι’’, 3. ‘’Σφαίρα SWD lure’’, 4. ‘’Σφαίρα Biodelear’’, 5. ‘’Σφαίρα μηλόξιδο’’, 6. ‘’Drosinal’’).

3.3. Δεύτερο πείραμα

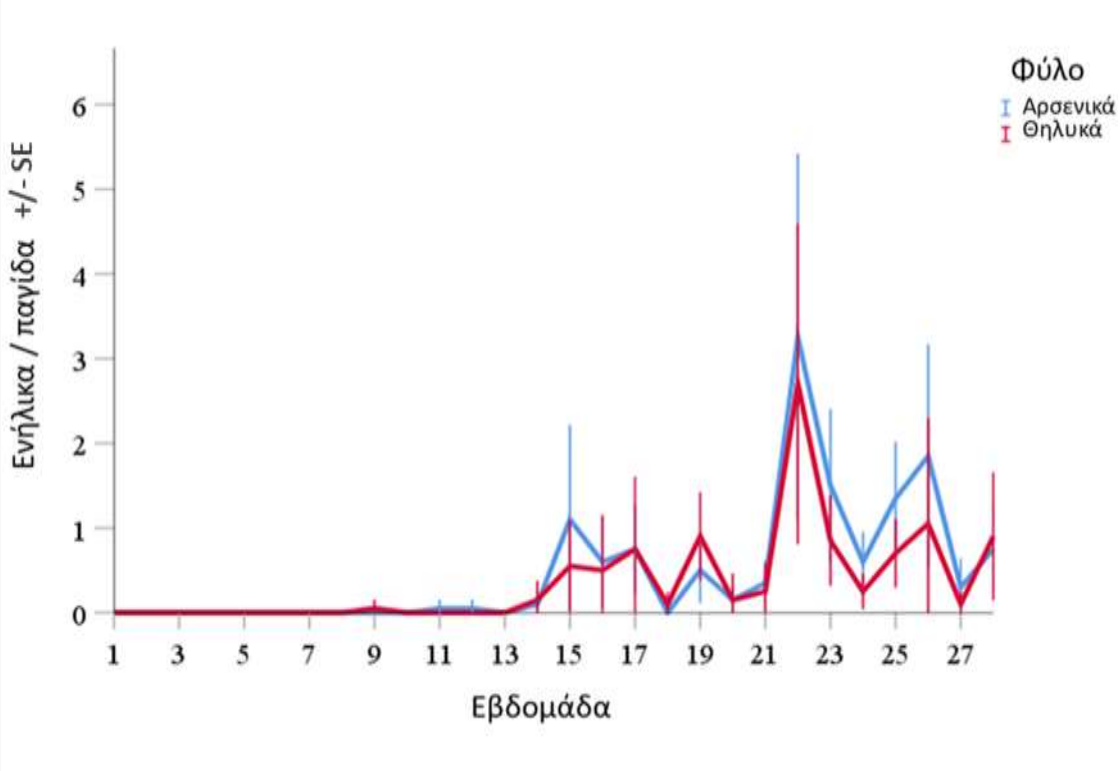
Στο Διάγραμμα 3.7. δίνεται η πορεία της πτήσης των ενήλικων του *D. suzukii* στην περιοχή της Κάτω Κορυφής (Αγρός 6). Με ανάρτηση και παρακολούθηση 20 παγίδων $4^{ων}$ διαφορετικών τύπων συλλήφθηκαν συνολικά 489 ενήλικα *D. suzukii* από τις 26 Απριλίου ($1^{η}$ εβδομάδα) έως τις 14 Νοεμβρίου ($28^{η}$ εβδομάδα). Ο μήνας επηρέασε σημαντικά τις συλλήψεις των ενηλίκων ($\chi^2 = 143,77$, df = 6, $P < 0,05$) καθώς το μέγιστο σημειώθηκε το Σεπτέμβριο, ενώ οι συλλήψεις από τα τέλη της άνοιξης έως και τα μέσα του καλοκαιριού διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Η πρώτη σύλληψη σημειώθηκε στις 27 Ιουνίου ($9^{η}$ εβδομάδα) και αποτελεί τον μικρότερο αριθμό συλλήψεων καθ’ όλη την διάρκεια της παρακολούθησης της πτήσης με μέσο όρο 0,025 ±0,025 ενήλικα ανά εβδομάδα. Όπως δίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα το μέγιστο των συλλήψεων παρατηρήθηκε στις 26 Σεπτεμβρίου ($22^{η}$ εβδομάδα) με μέσο όρο 2,98 ±0,96 ενήλικα ανά εβδομάδα.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169



Διάγραμμα 3.7. Πορεία συλλήψεων ενηλικών στις παγίδες της 2ης πειραματικής διαδικασίας από την 1η εβδομάδα (3/5/22) έως την 28η εβδομάδα (14/11/22).

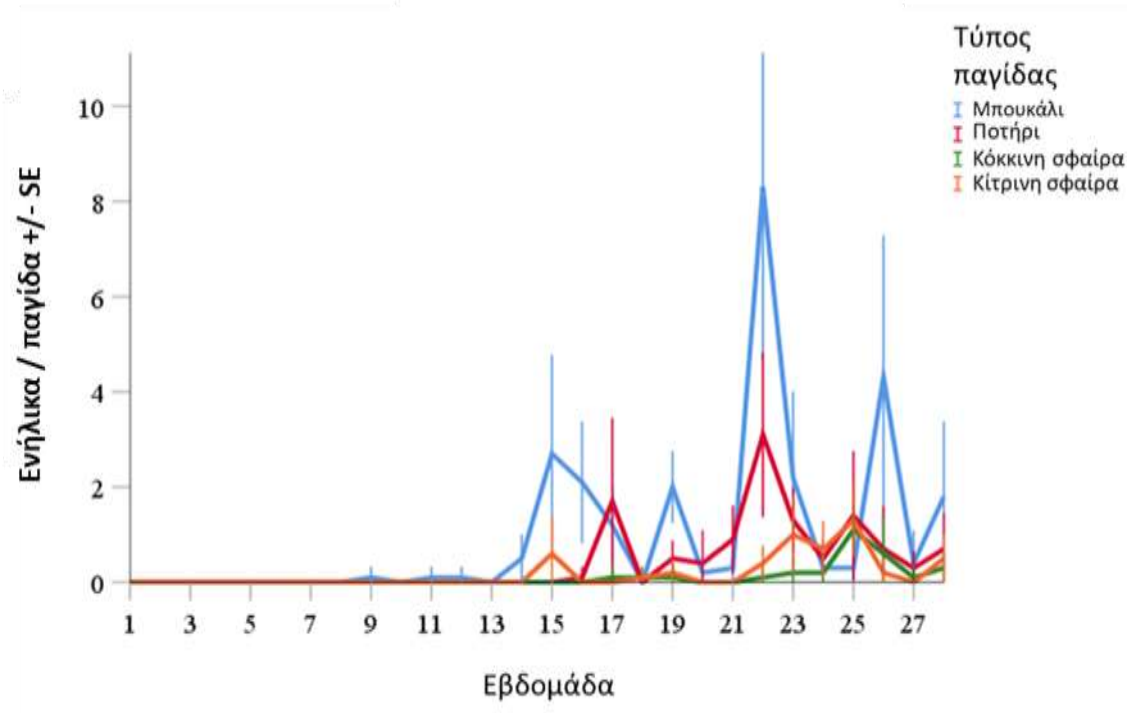
Στο Διάγραμμα 3.8. δίνεται η διακύμανση των συνολικών συλλήψεων όλων των παγίδων, ξεχωριστά για τα δύο φύλα κατά την διάρκεια του πειράματος 2. Εξετάστηκε η επίδραση του φύλου και του μήνα στις συλλήψεις των παγίδων. Τους φθινοπωρινούς μήνες και συγκεκριμένα τον Σεπτέμβριο, παρατηρήθηκε ο υψηλότερος αριθμός συλλήψεων και για τα δύο φύλα (χ^2 = 143,77, df = 6, P < 0,05). Αντιθέτως, το φύλο δεν ήταν σημαντικός εκτιμητής των συλλήψεων. Οι πρώτες συλλήψεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν θηλυκών στις 27 Ιουνίου (9η εβδομάδα).



Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Διάγραμμα 3.8. Πορεία συλλήψεων για κάθε φύλο ξεχωριστά στις παγίδες της 2ης πειραματικής διαδικασίας από την 1η εβδομάδα (3/5/22) έως την 28η εβδομάδα (14/11/22).

Στο Διάγραμμα 3.9 απεικονίζεται η διακύμανση των συλλήψεων για κάθε τύπο παγίδας της 2ης πειραματικής διαδικασίας από τις 3 Μαΐου (1η εβδομάδα) έως τις 14 Νοεμβρίου (28η εβδομάδα). Ο μήνας της δειγματοληψίας επηρέασε τις συλλήψεις (χ^2 = 143,77, df = 6, P < 0,05). Μεταξύ των παγίδων παρουσιάστηκαν διαφορές, (χ^2 = 84,40, df = 3, P < 0,05) με την παγίδα ‘’Μπουκάλι’’ να είναι αποτελεσματικότερη όσο αναφορά τα συλληφθέντα έντομα (χ^2 = 0,55, df = 1, P < 0,05). Ακόμα, το μοτίβο αύξησης του αριθμού των συλλήψεων κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου διαφέρει μεταξύ των διαφορετικών τύπων παγίδας. (χ^2 = 104,66, df = 18, P < 0,05). Το ελάχιστο των συλλήψεων της παγίδας παρατηρήθηκε στις 27 Ιουνίου (9η εβδομάδα) με μέσο όρο 0,1 ±0,1 ενήλικα ανά εβδομάδα και το μέγιστο στις 26 Σεπτεμβρίου (22η εβδομάδα) με μέσο όρο 8,30 ±2,36 ενήλικα ανά εβδομάδα. Ακόμα, η παγίδα ‘’Μπουκάλι’’ πραγματοποίησε την 1η σύλληψη στις 27 Ιουνίου (9η εβδομάδα). Η 2η παγίδα με τις περισσότερες συλλήψεις ήταν η παγίδα ‘’Ποτήρι’’ (χ^2 = 0,55, df = 1, P < 0,05). Το ελάχιστο των συλλήψεων αυτής της παγίδας παρατηρήθηκε στις 15 Αυγούστου (16η εβδομάδα) με 0,1 ±0,1 ενήλικα ανά εβδομάδα, όπου και πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες τις συλλήψεις, σχεδόν ένα μήνα μετά από τις πρώτες συλλήψεις της παγίδας ‘’μπουκάλι’’. Το μέγιστο των συλλήψεών της ήταν στις 26 Σεπτεμβρίου (22η εβδομάδα) με μέσο όρο 3,10 ±1,08 ενήλικα ανά εβδομάδα. Η 3η αποτελεσματικότερη παγίδα ήταν η ‘’Κίτρινη σφαίρα’’ όπου το ελάχιστο των συλλήψεων της παρατηρήθηκε στις 29 Αυγούστου (18η εβδομάδα) με μέσο όρο 0,1 ±0,1 ενήλικα ανά εβδομάδα και το μέγιστο στις 20 Οκτωβρίου (25η εβδομάδα) με μέσο όρο 1,30 ±0,30 ανά εβδομάδα. Η πρώτη ανίχνευση του εντόμου από την παγίδα ‘’Κίτρινη σφαίρα’’ πραγματοποιήθηκε στις 8 Αυγούστου (15η εβδομάδα). Ωστόσο, δεν διέφεραν σημαντικά οι συλλήψεις της από της κόκκινης σφαίρας (χ^2 = 0,07, df = 1, P > 0,05). Η λιγότερη αποτελεσματική παγίδα βρέθηκε να είναι η παγίδα ‘’Κόκκινη σφαίρα’’. Το ελάχιστο των συλλήψεων της συγκεκριμένης παγίδας παρατηρήθηκε στις 22 Αυγούστου (17η εβδομάδα) με μέσο όρο 0,1 ±0,1 ενήλικα ανά εβδομάδα, όπου πραγματοποιήθηκε η πρώτη ανίχνευσή της και το μέγιστο στις 20 Οκτωβρίου (25η εβδομάδα) με μέσο όρο 1,10 ±0,29 ενήλικα ανά εβδομάδα.

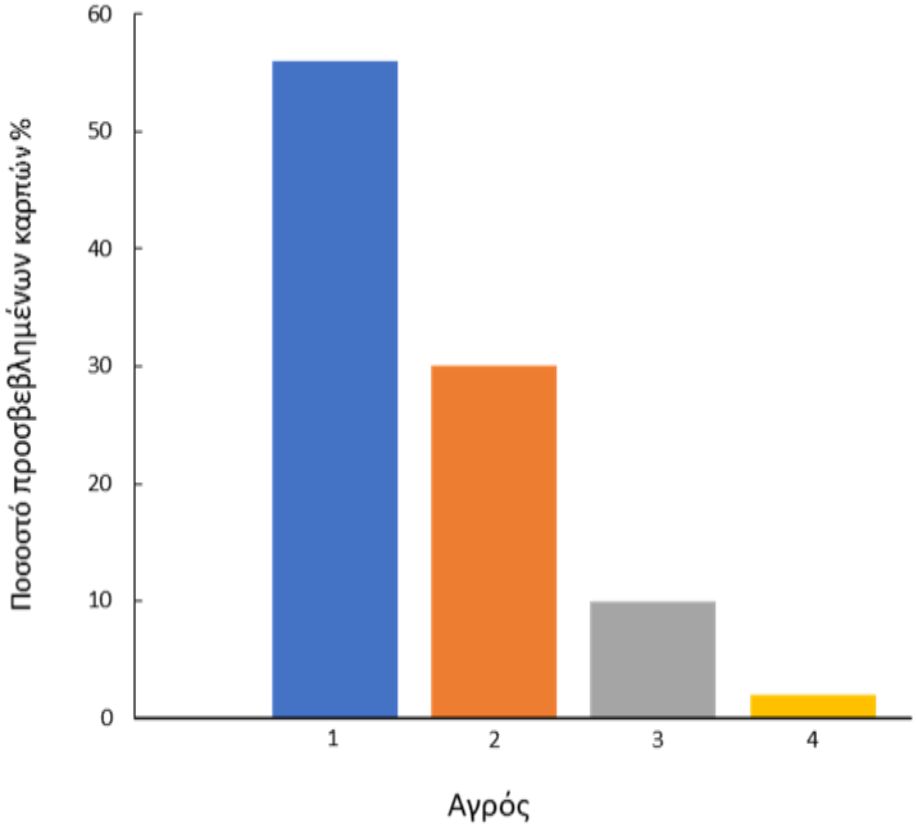


Διάγραμμα 3.9. Πορεία συλλήψεων ενηλίκων ανά παγίδα ανά εβδομάδα για κάθε τύπο παγίδας ξεχωριστά (1. ‘’Μπουκάλι’’, 2. ‘’Ποτήρι’’, 3. ‘’Κόκκινη σφαίρα’’, 4. ‘’Κίτρινη σφαίρα’’).

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

3.2. Αποτελέσματα δειγματοληψίας καρπών

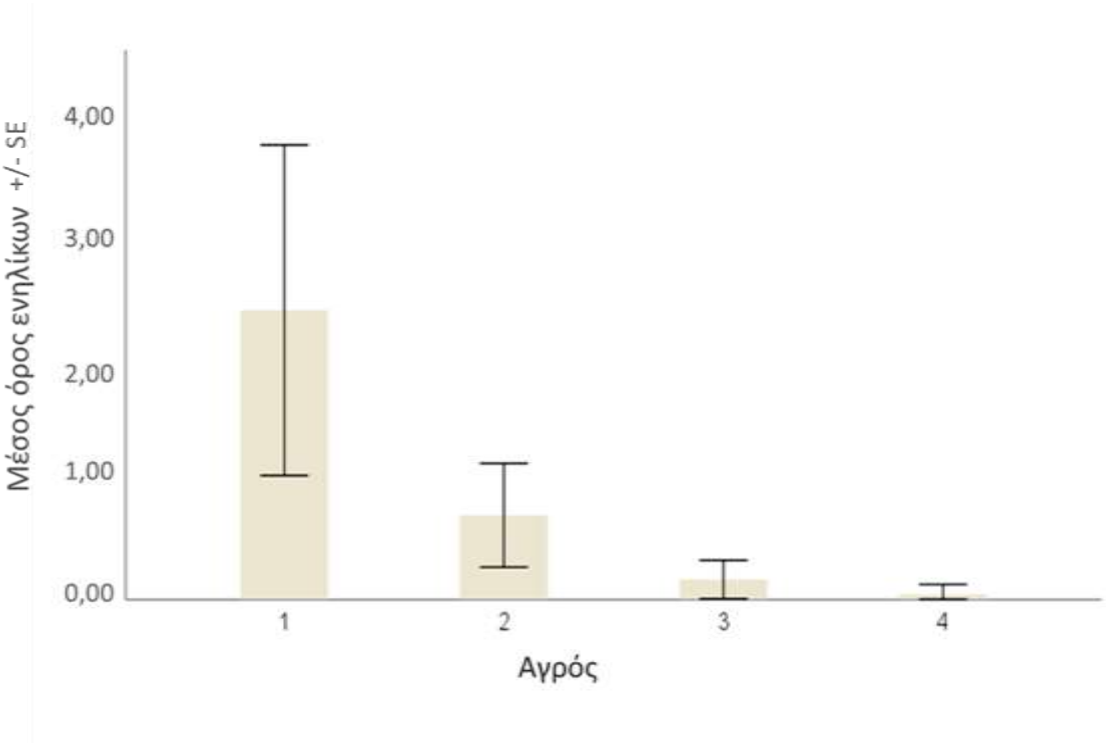
Στις 25 Ιουλίου πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία καρπών για την εκτίμηση της προσβολής από το έντομο *D. suzukii*. Συλλέχθηκαν 50 καρποί ανά αγρό. Στο Διάγραμμα 3.10. παρουσιάζονται τα ποσοστά των προσβεβλημένων καρπών σε κάθε αγρό. Τα ποσοστά προσβολής διέφεραν σημαντικά μεταξύ των αγρών (χ^2 = 110,75, df = 3, P < 0,05). Ο Αγρός 1 εμφάνισε το μεγαλύτερο ποσοστό προσβεβλημένων καρπών με ποσοστό 56 %. Στην 2η θέση ο Αγρός 2 με 30 %, στην 3η θέση ο Αγρός 3 με 10 %. Το μικρότερο ποσοστό προσβεβλημένων καρπών παρουσίασε ο Αγρός 4 με 2 %.



Διάγραμμα 3.10. Ποσοστά προσβεβλημένων καρπών ανά αγρό

Στο Διάγραμμα 3.11. παρουσιάζεται ο μέσος όρος των ενηλίκων ανά καρπό που εξήλθαν από 50 καρπούς από κάθε αγρό. Τα περισσότερα ενήλικα προέκυψαν από τους προσβεβλημένους καρπούς του Αγρού 1 (χ^2 = 110,75, df = 3, P < 0,05), με μέσο όρο 2,34 ±0,67 ενήλικα ανά καρπό. Συνολικά εξήλθαν 117 ενήλικα από 50 καρπούς. Τα περισσότερα ενήλικα που προέκυψαν από ένα καρπό του Αγρού 1 ήταν 24. Από τους καρπούς των υπόλοιπων αγρών που συλλέχθηκαν προέκυψαν σημαντικά, λιγότερα ενήλικα 0,68 ±0,21 ενήλικα ανά κεράσι στον Αγρό 2, 0,16 ±0,08 ενήλικα ανά κεράσι στον Αγρό 3 και 0,04 ±0,04 ενήλικα ανά κεράσι για τον Αγρό 4.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169



Διάγραμμα 3.11. Μέσος όρος ενηλίκων που προέκυψαν από 50 κεράσια που συλλέχθηκαν από τους Αγρούς 1, 2, 3, 4.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Κεφάλαιο 4: Συζήτηση - Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αποδεικνύουν την έντονη παρουσία του εντόμου στα ορεινά της Β. Ελλάδας και συγκεκριμένα στην περιοχή της Πέλλας σε υψόμετρο 1000 m. Η παρουσία του εντόμου δεν φαίνεται να επηρεάζεται αρνητικά από το υψόμετρο, καθώς έχουν καταγραφεί συλλήψεις σε παρόμοια και μεγαλύτερα υψόμετρα και από άλλους ερευνητές (Calabria et al., 2010; Grassi et al., 2011; Baroffio et al., 2013; Tonina et al., 2016; Wang et al., 2019).

Ο πληθυσμός του εντόμου με βάση τις συλλήψεις των παγίδων κυμάνθηκε σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα κατά την περίοδο της άνοιξης. Οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και της άνοιξης φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά την ταχύτητα αύξησης του πληθυσμού (Schlesener et al., 2020). Η μέση θερμοκρασία κατά τον χειμώνα του 2021 ήταν 4,4 ±0,6°C, ενώ με μεγάλη συχνότητα σημειώνονταν αρνητικές τιμές θερμοκρασίας. Την άνοιξη η μέση θερμοκρασία ήταν 10,34 ±0,54°C και στα τέλη Μαΐου έφτασε τους 20°C όταν πραγματοποιήθηκαν και οι πρώτες συλλήψεις. Τα ενήλικα επιδεικνύουν μειωμένη δραστηριότητα όσο μειώνεται η θερμοκρασία έως και ακινησία στους 5°C (Kanzawa, 1939). Οι εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και νωρίς της άνοιξης επιβραδύνουν, σημαντικά, την αύξηση του πληθυσμού την άνοιξη (Papanastasiou et al., 2020). Το γεγονός ότι με T < 12°C τα αρσενικά παρουσιάζουν στειρότητα, επίσης δικαιολογεί τους ανοιξιάτικους χαμηλούς πληθυσμούς (Dalton et al., 2011). Οι αρχικές συλλήψεις ήταν 2 θηλυκά, χειμερινού φαινότυπου. Αρκετές έρευνες αναφέρουν ότι οι πρώτες συλλήψεις, την περίοδο αυτήν, αφορούσαν θηλυκά, χειμερινού φαινότυπου (Grassi et al., 2018; Panel et al., 2018).

Οι συλλήψεις παρέμειναν χαμηλές έως και τα μέσα του καλοκαιριού. Η μεγάλη ευαισθησία του εντόμου στις υψηλές θερμοκρασίες αλλά και στην ξηρασία είναι γνωστή. Κατά τους θερινούς μήνες η μέση θερμοκρασία κυμάνθηκε στους 22,5 ±0,37°C ενώ δεν ήταν λίγες οι φορές όπου οι θερμοκρασίες ξεπερνούσαν τους 30 αλλά ακόμα και τους 35°C. Σε θερμοκρασίες άνω των 30°C, παρατηρείται μείωση των ατόμων που εξέρχονται από το νυμφικό περίβλημα και μείωση της δραστηριότητας των ενηλίκων (Kanzawa, 1939; Schlesener et al., 2020). Τα έντομα σε θερμοκρασίες άνω των 30°C, αναζητούν περιοχές με σκίαση και δροσερό μικροκλίμα, όπως για παράδειγμα οι δασικές εκτάσεις γύρω από τους αγρούς (Grassi et al., 2011), ώστε να αποφύγουν τις υψηλές θερμοκρασίες.

Οι συλλήψεις στις παγίδες αυξήθηκαν περί τα μέσα Αυγούστου. Η αύξηση του πληθυσμού συνοδεύτηκε από την ύπαρξη υπερώριμων καρπών στα δέντρα που δεν συγκομίστηκαν. Η άνοδος των σακχάρων εσωτερικά του καρπού υπεισέρχεται κατά το στάδιο της ωρίμανσης και εκτοξεύεται όσο ο καρπός παραμένει στο δέντρο, υπερώριμος. Η άνοδος των σακχάρων συνδυάζεται με την «χαλάρωση» των ιστών στον φλοιό και το εσωτερικό του καρπού, δημιουργώντας ιδανικό περιβάλλον για ωοτοκία και ανάπτυξη των προνυμφών του *D. suzukii* (Wang et al., 2019). Επίσης, την ίδια εποχή στα περιθώρια των αγρών καταγράφηκε η παρουσία ώριμων βατόμουρων που αποτελούν ιδανικό ξενιστή για την κηλιδόπτερη δροσόφιλα και συντελούν στη γεωμετρική αύξηση του πληθυσμού (Walsh et al., 2011; Grassi et al., 2011; Wang et al., 2019). Στην άνοδο των συλλήψεων αναφέρεται βιβλιογραφικά ότι συνεισφέρει η μετακίνηση πληθυσμών από τα πεδινά στα ορεινά με στόχο την αποφυγή των ξηροθερμικών συνθηκών που επικρατούν το καλοκαίρι (Mitsui et al., 2010; Tuit et al., 2018). Επομένως η κατανόηση της αύξησης του πληθυσμού και κατ' επέκταση των συλλήψεων στις παγίδες, αποτελεί ένα πολυπαραγοντικό σύστημα που εξαρτάται κυρίως από τις κλιματολογικές συνθήκες και την διαθεσιμότητα των ξενιστών. Γενικότερα, το *D. suzukii* ευνοείται από ήπιες, δροσερές κλιματικές συνθήκες με υψηλή υγρασία (Walsh et al., 2011; Calabria et al., 2012; Cini et al., 2012).

Περαιτέρω αύξηση των συλλήψεων παρατηρήθηκε κατά τους φθινοπωρινούς μήνες παρότι οι παγίδες παρέμειναν σε κερασιές και οι καρποί είχαν μουμιοποιηθεί. Πιθανότατα η εκτόξευση του πληθυσμού να οφείλεται στην παρουσία εναλλακτικών ξενιστών στα περιθώρια των αγρών. Τα μαλακόσαρκα φρούτα, όπως τα βατόμουρα και τα μύρτιλα που ενδημούν στην

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

περιοχή αποτελούν τους προτιμότερους ξενιστές του εντόμου (Walsh et al., 2011; Grassi et al., 2011; Hamby et al., 2016; Wang et al., 2019). Η ανάπτυξη των προνυμφών σε βατόμουρα διαρκεί μόλις 8 ημέρες σε θερμοκρασία 20 °C και τα ποσοστά επιβίωσης από ωό σε ενήλικο είναι υψηλά (43 – 85 %) (Diepenbrock et al., 2016). Πέριξ των αγρών υπήρχαν και άλλοι εναλλακτικοί ξενιστές όπως οι *Sambucus nigra, Crataegus* spp. και άλλα είδη *Rubus* spp. που συντέλεσαν και αυτά στην αύξηση του πληθυσμού (Grassi et al., 2011; Keni et al., 2016). Ακόμα, οι θερμοκρασίες, τα επίπεδα σχετικής υγρασίας καθώς και το ύψος των βροχοπτώσεων βρίσκονταν σε αρκετά ευνοϊκά επίπεδα για την περαιτέρω αύξηση του πληθυσμού με την εμφάνιση του μέγιστου να παρατηρείται στις 14 Νοεμβρίου. Η μέση θερμοκρασία τον Σεπτέμβρη κυμάνθηκε στους 17,3 ±0,4 °C, η σχετική υγρασία κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα, 70-90%, καθ' όλη την διάρκεια του Φθινοπώρου ενώ σημειώθηκαν και κάποιες ισχυρές βροχοπτώσεις ειδικά κατά τον Οκτώβριο. Τα ενήλικα είναι πιο δραστήρια στους 20 °C ενώ το υψηλότερο αναπαραγωγικό δυναμικό παρατηρείται στους 23°C (Kanzawa, 1939; Schlesener et al., 2020).

Η πληθυσμιακή διακύμανση του *D. suzukii* μελετάται εκτεταμένα σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές. Το συγκεκριμένο μοτίβο διακύμανσης, με τους χαμηλούς πληθυσμούς της άνοιξης, την σταδιακή αύξηση του το καλοκαίρι και την εμφάνιση του μέγιστου κατά τους φθινοπωρινούς μήνες είναι χαρακτηριστικό των πληθυσμών του εντόμου σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές της Ευρώπης, με βορειότερο γεωγραφικό πλάτος, (Grassi et al., (2011) Trentino, B. Ιταλία, Baroffio et al., (2013) Ticino, N. Ελβετία). Πιο συγκεκριμένα στην Ελλάδα, η έναρξη συλλήψεων το καλοκαίρι και η εμφάνιση του μέγιστου των συλλήψεων το φθινόπωρο αναφέρεται από τους Papanastasiou et al., (2020) στην περιοχή της Αγίας Φωτεινής, Πέλλας. Στις παραπάνω έρευνες, για την καταγραφή της πληθυσμιακής διακύμανσης, χρησιμοποιήθηκαν οι Agroscope, McPhail, Sentomol, Droso trap με ελκυστικό μίγμα μηλόξιδου, νερού και κρασιού (Baroffio et al., 2013) καθώς και μπουκάλια με μηλόξιδο (Grassi et al., 2011) και μίγμα μηλόξιδου (Papanastasiou et al., 2020).

Οι συλλήψεις του κάθε φύλου διέφεραν σημαντικά με τις παγίδες να συλλαμβάνουν περισσότερα αρσενικά στο πρώτο πείραμα της παρούσας μελέτης. Η διαφορά στις συλλήψεις των δύο φύλων οφείλεται, ουσιαστικά, στη παγίδα ''Drosinal'' στην οποία σημειώθηκαν, με μεγάλη διαφορά, οι περισσότερες συλλήψεις. Η παγίδα Drosinal προσελκύει περισσότερο αρσενικά ενήλικα (Labanowska and Piotrowski, 2015). Επίσης, το μεγαλύτερο μέγεθος των θηλυκών, πιθανότατα, να αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα στην σύλληψη τους σε παγίδες με οπές μικρότερης διαμέτρου (Calabria et al., 2012). Οι διακυμάνσεις των συλλήψεων των δύο φύλων με την πάροδο του χρόνου παρουσίασαν σημαντικές διαφορές, καθώς παρατηρήθηκαν περισσότερες συλλήψεις αρσενικών κατά τους πρώτους μήνες ενώ περισσότερων θηλυκών κατά τα τέλη του πειράματος. Η κυριαρχία των αρσενικών την περίοδο της καρποφορίας, πιθανότατα, οφείλεται σε μείωση της προσέλκυσης των θηλυκών από τα τροφικά ελκυστικά των παγίδων λόγω αλλαγή της φυσιολογίας τους. Τα συζευγμένα θηλυκά έλκονται λιγότερο από τα ελκυστικά και περισσότερο από τους καρπούς που βρίσκονται στο στάδιο της ωρίμανσης (Wong et al., 2018; Clymans et al., 2019). Η αναλογία των δύο φύλων που συλλήφθηκαν σε κάθε παγίδα του πρώτου πειράματος δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές. Σε παρόμοιο αποτέλεσμα κατέληξαν και άλλοι ερευνητές, όπου σε σύγκριση διαφόρων τύπων παγίδων και ελκυστικών δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στις συλλήψεις των δύο φύλων (Mazzetto et al., 2015; Alawamleh et al., 2021).

Όσον αφορά το δεύτερο πείραμα οι συλλήψεις των δύο φύλων δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές, αποτέλεσμα το οποίο συμφωνεί με τους Tait et al., (2018), οι οποίοι μελέτησαν την φαινολογία του εντόμου στην περιοχή του Τρεντίνο στην Ιταλία, χρησιμοποιώντας παγίδα με ελκυστικό μίγμα μηλόξιδου και κόκκινου κρασιού για την παρακολούθηση των ενηλίκων. Η αναλογία των δύο φύλων παρέμεινε η ίδια με την πάροδο του χρόνου. Στο ίδιο αποτέλεσμα κατέληξε και η έρευνα των Dalton et al., (2011) στην οποία χρησιμοποιήθηκε παγίδα με ελκυστικό μηλόξιδο για την παρακολούθηση των ενηλίκων σε

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

περιοχές του Michigan. Στη συγκεκριμένη πολιτεία των Η.Π.Α η πορεία της πτήσης ήταν παρόμοια με αυτή της Κάτω Κορυφής.

Μεταξύ των παγίδων του πρώτου πειράματος αποτελεσματικότερη ήταν η Drosinal καθώς σε αυτήν καταγράφηκαν οι πρώτες συλλήψεις και τα περισσότερα ενήλικα. Πιο συγκεκριμένα, στην Drosinal καταγράφηκαν 5188 συλλήψεις. Η παγίδα διαθέτει δοχείο πράσινου χρώματος, όπου συλλαμβάνονταν τα έντομα ενώ, το καπάκι είναι μαύρο με τοποθετημένο στο άνω μέρος σκέπαστρο κόκκινου χρώματος. Σύμφωνα με τους Little et al., (2019) η παγίδα διαθέτει τον συνδυασμό χρωμάτων που ελκύουν περισσότερο το *D.suzukii*, πράσινο και κόκκινο, τονίζοντας ότι η αντίθεση αυτών των δύο χρωμάτων στις παγίδες, και όχι το καθένα ξεχωριστά, αυξάνει την προσέλκυση του. Η παγίδα διαθέτει τις οπές εισόδου στο άνω μέρος χαρακτηριστικό το οποίο αυξάνει τις συλλήψεις σε σύγκριση με παγίδες που έχουν τις οπές εισόδου στα πλαϊνά (Renkema et al., 2014). Στο κάτω μέρος των οπών, εσωτερικά της παγίδας, είναι τοποθετημένο ένα τούνελ μήκους 2 cm που δεν επιτρέπει την έξοδο των παγιδευμένων εντόμων (Van Kerckvoorde et al., 2020). Η επιφάνεια που καλύπτει το ελκυστικό στην Drosinal είναι 70,4 cm^2 και λόγω διαφοροποίησης της εξάτμισης αυξάνει την αποτελεσματικότητα (Lee et al., 2013).

Το ελκυστικό σύμφωνα με την μελέτη των Cruz – Esteban et al., (2020), αποτελεί τον κύριο λόγο διαφοροποίησης των συλλήψεων μεταξύ των παγίδων. Η παγίδα περιείχε το τροφικό ελκυστικό ‘’Drosinal lure’’ το οποίο σύμφωνα με την εταιρία παρασκευής ICB Pharma, προσελκύει ισχυρά το έντομο ενώ η χαμηλή επιφανειακή τάση προκαλεί τον άμεσο πνιγμό του (ICB Pharma Website – PRODUCT CATALOG, 2021). Η μείωση της επιφανειακής τάσης στο προσελκυστικού υγρό αναφέρεται από αρκετούς ερευνητές ότι αυξάνει την αποτελεσματικότητα (Walsh et al., 2011; Baroffio et al., 2013). Η παγίδα Drosinal χαρακτηρίζεται ως άκρως αποτελεσματική σε μελέτες σύγκρισης παγίδων και παρακολούθησης πληθυσμών του εντόμου στην Πολωνία (Labanowska and Piotrowski, 2015; Piotrowski et al., 2017).

Την 2η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα παρουσίασε η παγίδα ‘’μπουκάλι’’ με ελκυστικό μίγμα μηλόξιδου, χυμού μήλου και ζάχαρης. Διαθέτει 5 οπές-τούνελ στο πλάι και έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα για την παρακολούθηση του εντόμου και την μελέτης της φαινολογίας του με θετικά αποτελέσματα (Walsh et al., 2011; Lee et al., 2013; Burrack et al., 2015).

Οι υπόλοιπες παγίδες παρουσίασαν παρόμοια, χαμηλή αποτελεσματικότητα. Η παγίδα ποτήρι και σφαίρα διέθεταν τις μικρότερες οπές συγκριτικά με τις άλλες δύο, με περίπου 2 mm διάμετρο. Το μήκος της κηλιδόπτερης δροσόφιλας είναι 2-3 mm. (Steck., 2009). Πιθανότατα, οι χαμηλές συλλήψεις να οφείλονται, εν μέρει, στο μεγαλύτερο μέγεθος που παρουσιάζουν τα ενήλικα *D. suzukii* σε μεγάλα υψόμετρα (Koch et al., 2020). Η παγίδα ‘’Ποτήρι’’ με το μίγμα μηλόξιδου-άγαρ και η κόκκινη σφαίρα με το ‘’SWD lure’’ πραγματοποίησαν κάποιες συλλήψεις προς το τέλος της περιόδου. Ο τρόπος λειτουργίας των παγίδων σφαίρας, κατασκευαστικά, ήταν η σύλληψη του εντόμου στην επιφάνεια της σφαίρας με την χρήση κόλλας (Kirkpatrick et al., 2017). Η προσαρμογή των παγίδων, στην ερευνά μας, έγινε έτσι ώστε τα έντομα να παγιδεύονται στο εσωτερικό της σφαίρας. Οι παγίδες διέθεταν μικρές οπές με στόχο την αύξηση της εκλεκτικότητάς (Baroffio et al., 2013), όμως τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι οι οπές εισόδου κρίνεται απαραίτητο να ξεπερνούν το μέγεθος του εντόμου. Ωστόσο, ίσως το μικρό μέγεθος των ενήλικων που προκύπταν από ωοτοκίες σε ακατάλληλους ξενιστές να διευκόλυνε την είσοδό τους στις παγίδες στο τέλος της περιόδου (Diepenbrock et al., 2016).

Τέλος, η διαφανής παγίδα ποτήρι με κίτρινη επιφάνεια στο εσωτερικό του έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν και είχε θετικά αποτελέσματα (Cruz-Esteban., 2021). Ωστόσο, η χρήση της έγινε σε καλλιέργεια μούρων το φθινόπωρο, όταν ο πληθυσμός είναι αυξημένος και οι οπές της ήταν κατά 0,5 mm μεγαλύτερες (2,5 mm) από ότι στην παρούσα έρευνα (2mm).

Το τροφικό ελκυστικό ‘’SWD lure’’ έχει χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργεια μούρων σε συνδυασμό με κόκκινη κολλητική επιφάνεια και καταγράφηκαν 46% περισσότερες συλλήψεις

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

απ' ότι στην κολλητική επιφάνεια χωρίς ελκυστικό (Sampson et al., 2021). Αντίστοιχα, το τροφικό ελκυστικό ''Biodelear'' έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές έρευνες παρακολούθησης δίπτερων και συγκεκριμένα της οικογένειας Tephritidae (Kouloussis et al., 2017; Bali et al., 2021). Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για την παρακολούθηση του *D. suzukii*. Το συγκεκριμένο ελκυστικό είναι ένα τροφικό ελκυστικό το οποίο παρασκευάστηκε από τον Mavraganis, (2012) μέσω ελεγχόμενης αντίδρασης Maillard φρουκτόζης και ουρίας με παρουσία νερού και η ελκυστικότητά του βασίζεται στην εξώθερμη αντίδραση που προκαλείται κατά την παρασκευή του. Η θερμική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στην συγκεκριμένη μελέτη για σταθεροποίηση του ελκυστικού σε μορφή γέλης ίσως επηρέασε την ελκυστικότητά του. Το ίδιο ισχύει και για το μίγμα μηλόξιδο με άγαρ που χρησιμοποιήθηκε ως ελκυστικό στην παγίδα ''Ποτήρι'' και για την 3η κόκκινη σφαίρα.

Πέρα από μεγαλύτερη συνολική αποτελεσματικότητα, η Drosinal παρουσίασε και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην αρχή της περιόδου. Η μεγαλύτερη ευαισθησία και οι πρώτες συλλήψεις πραγματοποιούνται σε παγίδες που στην διάρκεια της περιόδου έχουν και τα περισσότερα παγιδευμένα έντομα (Frewin et al., 2017; Lee et al., 2012) και συνήθως τα εμπορικά ελκυστικά επιδεικνύουν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και ευαισθησία σε σύγκριση με τα αυτοσχέδια.

Με βάση τα αποτελέσματα του δεύτερου πειράματος στην παγίδα μπουκάλι σημειώθηκαν οι περισσότερες συλλήψεις με 291 ενήλικα. Η παγίδα πληροί τις προϋποθέσεις που προτείνει ο EPPO, (2013) για την δημιουργία παγίδων με στόχο την παγίδευση του *D. suzukii*, (δοχείο 250-750 mL που φέρει 4-6 οπές στο πλάι). Το μπουκάλι διαθέτει 5 οπές-τούνελ, όπου κατά την είσοδο η διάμετρος είναι 0,5 cm ενώ, και κατά τη έξοδο 0,3 cm. Συγκριτικά με τις υπόλοιπες διαθέτουν τις μεγαλύτερες οπές έναντι 0,2 cm του ποτηριού και 0,3 X 0,2 cm των σφαιρών. Οι παγίδες με τις μεγαλύτερες οπές, τοποθετημένες στο πλάι, πραγματοποιούν τις περισσότερες συλλήψεις και η παρουσία οπών εισόδου σε μορφή τούνελ αυξάνει την ικανότητα διατήρησης του εντόμου στο εσωτερικό καθώς και την εκλεκτικότητα τους (Lee et al., 2013; Van Kerckvoorde et al., 2020). Η παγίδα περιείχε μίγμα μηλόξιδου με χυμό μήλου και ζάχαρη. Το μηλόξιδο ως ελκυστικό του *D. suzukii* είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο (EPP0, 2013; Lee et al., 2013; Ramos et al., 2014; Burrack et al., 2015; Frewin et al., 2017). Οι Lasa et al., (2020) αναφέρουν την αύξησης της αποτελεσματικότητας του μηλόξιδου με την προσθήκη 5 % χυμού μήλου. Επίσης, το μηλόξιδο διαθέτει μεγάλης διάρκειας δράσης και είναι αρκετά διαφανές ώστε να αναγνωρίζονται τα ενήλικά στο εσωτερικό της παγίδας (Walsh et al., 2011). Πολλοί χρήστες της παγίδας αναγνωρίζουν μόνο τα αρσενικά άτομα βάση της κηλίδας στις πτέρυγες και χρησιμοποιώντας το διαφανές μηλόξιδο διευκολύνεται περαιτέρω η αναγνώριση (Steck et al., 2009; Hauser, 2011). Αποτελεί μια εξαιρετικά οικονομική επιλογή σε σύγκριση με τα εμπορικά ελκυστικά (Mazzetto et al., 2015; Lasa et al., 2020).

Η 2η αποτελεσματικότερη παγίδα ήταν η παγίδα ''Ποτήρι'' πραγματοποιώντας 118 συλλήψεις. Η παγίδα πρόκειται για ένα διαφανές ποτήρι με το ''SWD lure'' και μια κίτρινη κολλητική επιφάνεια Horriver στο εσωτερικό του. Σύμφωνα με τον Cruz – Esteban., (2021) δεν είναι το χρώμα της παγίδας αυτό που προσελκύει το έντομο αλλά το χρώμα εσωτερικά αυτής καθώς σε σύγκριση παγίδων που πραγματοποίησε η διαφανής παγίδα με την κίτρινη επιφάνεια στο εσωτερικό της, συνέλαβε περισσότερα ενήλικα από παγίδες κίτρινου και κόκκινου χρώματος. Ακόμα, η προσθήκη κολλητικής επιφάνειας στο εσωτερικό αυξάνει την ικανότητα διατήρησης του εντόμου εσωτερικά της παγίδας και διευκολύνει την αναγνώριση τους (Walsh et al., 2011; Baroffio et al., 2013; Van Kerckvoorde et al., 2020). Και αυτή είχε τις οπές στο πλάι σε αντίθεση με τις σφαίρες όπου οι οπές βρίσκονταν στον άνω μέρος, κάτι που, επίσης, φαίνεται να επηρέασε τις συλλήψεις (Lee et al., 2013).

Η αμέσως επόμενη παγίδα με τις περισσότερες συλλήψεις ήταν η κίτρινη σφαίρα η οποία πραγματοποίησε 51 συλλήψεις με την κόκκινη να αποδεικνύεται η λιγότερη αποτελεσματική με 29, ωστόσο δεν διέφεραν σημαντικά οι συλλήψεις τους. Τα αποτελέσματα φαίνεται να συμφωνούν με τους Lee et al., (2013) οι οποίοι αναφέρουν ότι οι κίτρινες παγίδες

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

πραγματοποίησαν περισσότερες συλλήψεις από τις κόκκινες. Οι δύο παγίδες – ‘’σφαίρες’’ περιείχαν το ‘’SWD lure’’.

Όπως και στην 1η πειραματική διαδικασία έτσι και στη 2η οι μειωμένες συλλήψεις των παγίδων ποτήρι και σφαίρα οφείλονται, πιθανότατα στις μικρής διαμέτρου οπές.

Πέρα από την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα η παγίδα Μπουκάλι παρουσίασε και την μεγαλύτερη ευαισθησία πραγματοποιώντας την 1η ανίχνευση ενηλίκων στις 27 Ιουνίου. Φαίνεται να επαληθεύεται, ξανά, η άποψη των Lee et al., (2012) που θέλει την παγίδα με τις περισσότερες συλλήψεις να είναι και η πιο ευαίσθητη.

Οι αντικρουόμενες απόψεις των ερευνητών σχετικά με τον καταλληλότερο σχεδιασμό των παγίδων και το χρώμα αυτών φαίνεται να ενισχύει ακόμη περισσότερο την άποψη των Cruz-Esteban et al., (2020) ότι ο κύριος λόγος διαφοροποίησης των συλλήψεων είναι το ελκυστικό και όχι η παγίδα. Με βάση την συγκεκριμένη άποψη και έχοντας στόχο την μείωση τους κόστους και την βελτιστοποίηση των συνθηκών εργασίας στις παγίδες ώστε η μετέπειτα αναγνώριση του εντόμου να γίνεται εύκολα και με ακρίβεια από τον χρήστη, είναι σημαντική η περαιτέρω έρευνα προς αναζήτηση αυτοσχέδιων παγίδων.

Τα ενήλικα που προέκυψαν κατά μέσο όρο ανά κεράσι κυμάνθηκαν από 0,04 έως 2.34. Ο αριθμός των ωών που εναποθέτονται ανά κεράσι ανά θηλυκό είναι 1-3 (Kanzawa, 1939; Walsh et al., 2011). Οι Mitsui et al., (2006) αναφέρουν ότι συνήθως εναποθέτεται 1 ωό ανά θέση ωοτοκίας. Σε ορισμένους καρπούς προέκυψαν περισσότερα από 10 ενήλικα ανά καρπό. Γενικότερα, σε εκτεταμένες προσβολές έχουν αναφερθεί μέχρι και65 ενήλικα ανά καρπό (Kanzawa, 1939). Τα παραπάνω συμβαίνουν όταν υπάρχει περιορισμένη διαθεσιμότητα καρπών και υψηλός πληθυσμός (Calabria et al., 2012).

Τα ποσοστά προσβολής κυμάνθηκαν από 2 έως 56 %. Τα ποσοστά προσβολής συμφωνούν με τους Grassi et., (2011) οι οποίοι αναφέρουν ότι οι απώλειες παραγωγής κυμαίνονται από αμελητέες έως 80%. Σε όλους τους υπό μελέτη αγρούς καταγράφηκε προσβολή από το έντομο ενώ συγκεκριμένα στις όψιμες ποικιλίες κερασιού στην περιοχή του Τρεντίνο, Β. Ιταλία η προσβολή έφτασε και το 90%. Με απώλειες 20 % της παραγωγής κερασιών το κόστος υπολογίζεται στα 5 εκατομμύρια δολάρια (Langille et al., 2017). Οι διαφορές ανάμεσα στα ποσοστά προσβολής πιθανών να οφείλονται σε διαφορές στην ευπάθεια των ποικιλιών με τις πιο όψιμης ωρίμανσης ποικιλίες, συνήθως, να προσβάλλονται περισσότερο (Papanastasiou et al., 2020).

Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν την αδυναμία συσχέτισης συλλήψεων στις παγίδες με το ποσοστό προσβολής (Burrack et al., 2015). Οι συλλήψεις στις παγίδες μέχρι και την εβδομάδα που πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία καρπών κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Τα ενήλικα που συλλαμβάνονται στις παγίδες αποτελούν μόνο το 8 % του συνολικού πληθυσμού μια δεδομένη στιγμή και για αυτόν τον λόγο οι συλλήψεις των παγίδων δεν μπορούν να βοηθήσουν στην ποσοτικοποίηση της προσβολής (Emiljanowicz et al., 2014). Επιπρόσθετα, τα τροφικά ελκυστικά ελκύουν τα άτομα που αναζητούν τροφή, κυρίως αρσενικά και νεαρά άτομα, ενώ τα συζευγμένα θηλυκά που αναζητούν θέσεις προς ωοτοκία έλκονται περισσότερο από ώριμους καρπούς (Clymans et al., 2019).

Επομένως, οι παγίδες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για την διαπίστωση της παρουσίας ή απουσίας του *D. suzukii* στην εκάστοτε περιοχή (Emiljanowicz et al., 2014). Οι παγίδες για να θεωρούνται αξιόλογης ευαισθησίας και να είναι χρήσιμες στους παραγωγούς θα πρέπει να ανιχνεύουν το έντομο πριν την έναρξη της ωρίμανσης, που αποτελεί ευπαθές στάδιο προσβολής, ώστε να λαμβάνονται άμεσα, με την ανίχνευση, μέτρα αντιμετώπισης (Cha et al., 2018). Η Drosinal και η παγίδα μπουκάλι ανίχνευσαν το έντομο νωρίτερα, και προτείνονται για την παρακολούθηση της κηλιδόπτερης δροσόφιλας σε εμπορικούς οπωρώνες κερασιάς. Η Drosinal είναι αποτελεσματικότερη αλλά η παγίδα μπουκάλι είναι αξιόλογης αποτελεσματικότητας και πιο οικονομική.

Με βάση την φαινολογία του *D. suzukii* στην περιοχή της Κάτω Κορυφής, Πέλλας, πρωιμότερες ποικιλίες που μπορούν να καλλιεργηθούν στην περιοχή παρουσιάζουν χαμηλότερα ποσοστά προσβολής καθώς οι πληθυσμοί του εντόμου νωρίς της καλλιεργητικής

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

περιόδου φαίνεται να κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, ενώ παράλληλα δεν αναφέρονται προσβολές από τους παραγωγούς νωρίς της περιόδου. Την μειωμένη ευπάθεια των πρωιμότερων ποικιλιών σε ημιορεινές περιοχές τονίζουν και οι Papanastasiou et al., (2020). Ωστόσο, λόγω υψηλού ανταγωνισμού από τις μεγάλες ποσότητες κερασιών πεδινών περιοχών που εμπορεύονται την συγκεκριμένη περίοδο, αναμένεται οι τιμές να είναι σημαντικά χαμηλότερες.

Στην συγκεκριμένη έρευνα μελετήθηκε και αποτυπώθηκε η φαινολογία του *D. suzukii* στην περιοχή της Κάτω Κορυφής, Πέλλας. Επίσης πραγματοποιήθηκε σύγκριση διαφόρων τύπων παγίδων. Από την φαινολογία προκύπτει ότι οι πληθυσμοί του εντόμου είναι άριστα εγκατεστημένοι στην περιοχή και δύναται να αποτελέσουν πρόβλημα για την καλλιέργεια της κερασιάς και άλλων φρούτων τα επόμενα χρόνια. Η χρήση κατάλληλων παγίδων σε συνδυασμό με την δειγματοληψία καρπών και την συσχέτιση της φαινολογίας με τα κλιματικά δεδομένα, αποτελούν τους τρεις βασικούς πυλώνες για την διαχείριση και αντιμετώπιση του εντόμου.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Βιβλιογραφία

Ελληνική

Τζανακάκης, Μ. Ε. (1995). Εντομολογία. Θεσσαλονίκη, σελ, 470-471.

Διεθνής

Alawamleh, A., Đurović, G., Maddalena, G., Guzzon, R., Ganassi, S., Hashmi, M. M., ... & Cristofaro, A. D. (2021). Selection of lactic acid bacteria species and strains for efficient trapping of *Drosophila suzukii*. Insects, 12(2), 153.

Atallah, J., Teixeira, L., Salazar, R., Zaragoza, G., & Kopp, A. (2014). The making of a pest: the evolution of a fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 281(1781), 20132840.

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.

Baroffio, C., Richoz, P., Arriagada, B. S., Kuske, S., Brand, G., Fischer, S., ... & Kehrli, P. (2013). Surveillance de *Drosophila suzukii* bilan de l'année 2012. Revue Suisse, Viticulture. Arboriculture, Horticulture, 45, 212-218.

Boughdad, A., Haddi, K., El Bouazzati, A., Nassiri, A., Tahiri, A., El Anbri, C., ... & Biondi, A. (2021). First record of the invasive spotted wing *Drosophila* infesting berry crops in Africa. Journal of Pest Science, 94(2), 261-271.

Bruck, D. J., Bolda, M., Tanigoshi, L., Klick, J., Kleiber, J., DeFrancesco, J., ... & Spitler, H. (2011). Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. Pest Management Science, 67(11), 1375-1385.

Bulletin OEPP/EPPO Bulletin (2013) 43 (3), 417–424.

Burrack, H. J., Asplen, M., Bahder, L., Collins, J., Drummond, F. A., Guédot, C., ... & McPhie, D. R. (2015). Multistate comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberries and caneberries. Environmental entomology, 44(3), 704-712.

Calabria, G., Máca, J., Bächli, G., Serra, L., & Pascual, M. (2012). First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. Journal of Applied entomology, 136(1-2), 139-147.

Cha, D. H., Hesler, S. P., Wallingford, A. K., Zaman, F., Jentsch, P., Nyrop, J., & Loeb, G. M. (2018). Comparison of commercial lures and food baits for early detection of fruit infestation risk by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Journal of Economic Entomology, 111(2), 645-652.

Cini, A., Ioriatti, C., & Anfora, G. (2012). A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. Bull Insectol, 65, 149–160.

Clymans, R., Van Kerckvoorde, V., Bangels, E., Akkermans, W., Alhmedi, A., De Clercq, P., ... & Bylemans, D. (2019). Olfactory preference of *Drosophila suzukii* shifts between fruit and fermentation cues over the season: Effects of physiological status. Insects, 10(7), 200.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Cruz-Esteban, S., Garay-Serrano, E., Rodríguez, C., & Rojas, J. C. (2021). The attractant, but not the trap design, affects the capture of *Drosophila suzukii* in berry crops. Bulletin of Entomological Research, 111(2), 138-145.

Da Silva, C. S. B., Park, K. R., Blood, R. A., & Walton, V. M. (2019). Intraspecific competition affects the pupation behavior of spotted-wing *drosophila* (*Drosophila suzukii)*. Scientific reports, 9(1), 1-9.

Dalton, D. T., Walton, V. M., Shearer, P. W., Walsh, D. B., Caprile, J., & Isaacs, R. (2011). Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. Pest Management Science, 67(11), 1368-1374.

Deprá, M., Poppe, J. L., Schmitz, H. J., De Toni, D. C., & Valente, V. L. (2014). The first records of the invasive pest *Drosophila suzukii* in the South American continent. Journal of Pest Science, 87(3), 379-383.

Diepenbrock, L. M., Swoboda-Bhattarai, K. A., & Burrack, H. J. (2016). Ovipositional preference, fidelity, and fitness of *Drosophila suzukii* in a co-occurring crop and non-crop host system. Journal of Pest Science, 89(3), 761-769.

Emiljanowicz, L. M., Ryan, G. D., Langille, A., & Newman, J. (2014). Development, reproductive output and population growth of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on artificial diet. Journal of Economic Entomology, 107(4), 1392-1398.

Frewin, A. J., Renkema, J., Fraser, H., & Hallett, R. H. (2017). Evaluation of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Journal of Economic Entomology, 110(3), 1156-1163.

Garcia, F. R. M. (2020). Introduction to Drosophila suzukii Management. In *Drosophila suzukii Management* (pp. 1-9). Springer, Cham.

Grassi, A., Giongo, L., & Palmieri, L. (2011). *Drosophila* (Sophophora) *suzukii* (Matsumura), new pest of soft fruits in Trentino (North-Italy) and in Europe. IOBC/wprs Bull, 70, 121-128.

Grassi, A., Gottardello, A., Dalton, D. T., Tait, G., Rendon, D., Ioriatti, C., ... & Walton, V. M. (2018). Seasonal reproductive biology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in temperate climates. Environmental Entomology, 47(1), 166-174.

Gress, B. E., & Zalom, F. G. (2019). Identification and risk assessment of spinosad resistance in a California population of *Drosophila suzukii*. Pest Management Science, 75(5), 1270-1276.

Guédot, C., Avanesyan, A., & Hietala-Henschell, K. (2018). Effect of temperature and humidity on the seasonal phenology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Wisconsin. Environmental Entomology, 47(6), 1365-1375.

Hamby, K. A., Bellamy, D. E., Chiu, J. C., Lee, J. C., Walton, V. M., Wiman, N. G., ... & Biondi, A. (2016). Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. Journal of Pest Science, 89(3), 605-619.

Harmon, D. S., Haseeb, M., Kanga, L. H., & Liburd, O. E. (2019). Evaluation of monitoring traps and lures for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in berry plantings in Florida. Insects, 10(10), 313.

Hauser, M. (2011). A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura)(Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. Pest Management Science, 67(11), 1352-1357.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Iglesias, L. E., Nyoike, T. W., & Liburd, O. E. (2014). Effect of trap design, bait type, and age on captures of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in berry crops. Journal of Economic Entomology, 107(4), 1508-1518.

International Plant Protection Convention, (2006). ISPM 1. Phytosanitary principles for the protection of plants and the application of phytosanitary measures in international trade. Rome, IPPC, FAO.

International Plant Protection Convention, (2021). ISPM 8. Determination of pest status in an area. Rome, IPPC Secretariat, FAO.

Isaacs, R., Hahn, N., Tritten, B., & Garcia, C. (2010). Spotted Wing *Drosophila*-A new invasive pest of Michigan fruit crops. MSU Extension Bulletin E-3140.

Jaffe, B. D., Avanesyan, A., Bal, H. K., Feng, Y., Grant, J., Grieshop, M. J., ... & Guédot, C. (2018). Multistate comparison of attractants and the impact of fruit development stage on trapping *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in raspberry and blueberry. Environmental Entomology, 47(4), 935-945.

Kanzawa, T. (1939). Studies on *Drosophila suzukii* mats. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Rev. Appl. Entomol., 29, 49.

Karadjova, O., Ilieva, Z., Petrova, E., & Laginova, M. (2016). Predicted and actual distribution of the invasive species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Bulgaria. Agricultural Sciences/Agrarni Nauki, 8(19).

Kenis, M., Tonina, L., Eschen, R., van der Sluis, B., Sancassani, M., Mori, N., ... & Helsen, H. (2016). Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii* in Europe. Journal of Pest Science, 89(3), 735-748.

Kirkpatrick, D. M., McGhee, P. S., Gut, L. J., & Miller, J. R. (2017). Improving monitoring tools for spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. Entomologia Experimentalis et Applicata, 164(2), 87-93.

Koch, J. B., Dupuis, J. R., Jardeleza, M. K., Ouedraogo, N., Geib, S. M., Follett, P. A., & Price, D. K. (2020). Population genomic and phenotype diversity of invasive *Drosophila suzukii* in Hawai ‘i. *Biological Invasions*, *22*(5), 1753-1770.

Kouloussis, N., Papadopoulos, N., Ioannou, C., Damos, P., Koveos, D., Bempelou, E., & Mavraganis, V. (2017). First results on mass trapping of *Ceratitis capitata* using the new attractant Biodelear. IOBC-WPRS Bulletin, 123, 39-42.

Labanowska, B. H., & Piotrowski, W. (2015). The spotted wing drosophila *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)–Monitoring and first records in Poland. Journal of Horticultural Research, 23(2).

Landolt, P. J., Adams, T., & Rogg, H. (2012). Trapping spotted wing *drosophila*, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), with combinations of vinegar and wine, and acetic acid and ethanol. Journal of applied entomology, 136(1-2), 148-154.

Langille, A. B., Arteca, E. M., & Newman, J. A. (2017). The impacts of climate change on the abundance and distribution of the Spotted Wing *Drosophila (Drosophila suzukii)* in the United States and Canada. PeerJ, 5, e3192.

Larson, N. R., Strickland, J., Shields, V. D., & Zhang, A. (2020). Controlled-release dispenser and dry trap developments for *Drosophila suzukii* detection. Frontiers in Ecology and Evolution, 8, 45.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Lasa, R., Aguas-Lanzagorta, S., & Williams, T. (2020). Agricultural-Grade Apple Cider Vinegar Is Remarkably Attractive to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophiliadae) in Mexico. Insects, 11(7), 448.

Lavrinienko, A., Kesäniemi, J., Watts, P. C., Serga, S., Pascual, M., Mestres, F., & Kozeretska, I. (2017). First record of the invasive pest *Drosophila suzukii* in Ukraine indicates multiple sources of invasion. Journal of Pest Science, 90(2), 421-429.

Lee, J. C., Bruck, D. J., Dreves, A. J., Ioriatti, C., Vogt, H., & Baufeld, P. (2011). In focus: spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. Pest Management Science, 67(11), 1349-1351.

Lee, J. C., Burrack, H. J., Barrantes, L. D., Beers, E. H., Dreves, A. J., Hamby, K. A., ... & Bruck, D. J. (2012). Evaluation of monitoring traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. Journal of Economic Entomology, 105(4), 1350-1357.

Lee, J. C., Shearer, P. W., Barrantes, L. D., Beers, E. H., Burrack, H. J., Dalton, D. T., ... & Bruck, D. J. (2013). Trap designs for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Environmental Entomology, 42(6), 1348-1355.

Little, C. M., Chapman, T. W., & Hillier, N. K. (2020). Plasticity is key to success of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) invasion. Journal of Insect Science, 20(3), 5.

Little, C. M., Rizzato, A. R., Charbonneau, L., Chapman, T., & Hillier, N. K. (2019). Color preference of the spotted wing Drosophila, *Drosophila suzukii*. Scientific Reports, 9(1), 1-12.

Máca, J. (2014). *Drosophila suzukii* (Matsumura) found on the Greek island Crete. Drosoph. Inf. Serv, 97, 28-29.

Mavraganis, G. V. inventor WO Patent 2012/056257, assigned 2012: Maillard reaction products for attracting insects. Greece patent.

Maye, D., Dibden, J., Higgins, V. and Potter, C., 2012. Governing biosecurity in a neoliberal world: comparative perspectives from Australia and the United Kingdom. Environment and Planning A, 44(1), pp.150-168.

Mazzetto, F., Pansa, M. G., Ingegno, B. L., Tavella, L., & Alma, A. (2015). Monitoring of the exotic fly *Drosophila suzukii* in stone, pome and soft fruit orchards in NW Italy. Journal of Asia-Pacific Entomology, 18(2), 321-329.

Mitsui, H., Beppu, K., & Kimura, M. T. (2010). Seasonal life cycles and resource uses of flower-and fruit-feeding drosophilid flies (Diptera: Drosophilidae) in central Japan. Entomological Science, 13(1), 60-67.

Mitsui, H., Takahashi, K. H., & Kimura, M. T. (2006). Spatial distributions and clutch sizes of *Drosophila* species ovipositing on cherry fruits of different stages. Population Ecology, 48(3), 233-237.

Panel, A. D., Zeeman, L., Van der Sluis, B. J., Van Elk, P., Pannebakker, B. A., Wertheim, B., & Helsen, H. H. (2018). Overwintered *Drosophila suzukii* are the main source for infestations of the first fruit crops of the season. Insects, 9(4), 145.

Papachristos, D., Matakoulis, C., Papadopoulos, N. T., Lagouranis, A., Zarpas, K., & Milonas, P. (2013). First report of the presence of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Greece. In Proceedings of the 15th Panhellenic Entomological Congress, Kavala, Greece, 22–25 October 2013; Andreadis, S.S., Pappas, M.L., Eds.; Hellenic Entomological Society: Kavala, Greece.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Papanastasiou, S. A., Rodovitis, V. G., Bataka, E. P., Verykouki, E., & Papadopoulos, N. T. (2020). Population dynamics of *Drosophila suzukii* in coastal and mainland sweet cherry orchards of Greece. Insects, 11(9), 621.

Papanastasiou, S. A., Rodovitis, V. G., Verykouki, E., Bataka, E. P., & Papadopoulos, N. T. (2021). Adaptation of an invasive pest to novel environments: life history traits of *Drosophila suzukii* in coastal and mainland areas of Greece during overwintering. Biology, 10(8), 727.

Piotrowski, W., Łabanowska, B. H., Wieczorek, W., & Zajkowski, P. (2016). The spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*-new pest in Europe and in Poland. In Proceedings of the 17th International Conference on Organic Fruit-Growing from February 15th to February 17th (pp. 214-219).

Renkema, J. M., Buitenhuis, R., & Hallett, R. H. (2014). Optimizing trap design and trapping protocols for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Journal of Economic Entomology, 107(6), 2107-2118.

Roosjen, P. P., Kellenberger, B., Kooistra, L., Green, D. R., & Fahrentrapp, J. (2020). Deep learning for automated detection of *Drosophila suzukii*: potential for UAV-based monitoring. Pest management science, 76(9), 2994-3002.

Rota-Stabelli, O., Blaxter, M., & Anfora, G. (2013). *Drosophila suzukii*. Current Biology, 23(1), 8-9.

Sampson, C., Turner, R., & Ali, A. (2021). Monitoring and trapping with sticky traps, what's new?. international-pest-control, 63(3), 166.

Schlesener, D. C., Wollmann, J., Krüger, A. P., Martins, L. N., Teixeira, C. M., Bernardi, D., & Garcia, F. R. (2020). Effect of temperature on reproduction, development, and phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* in Brazil. Entomologia Experimentalis et Applicata, 168(11), 817-826.

Schöneberg, Torsten, Margaret T. Lewis, Hannah J. Burrack, Matthew Grieshop, Rufus Isaacs, Dalila Rendon, Mary Rogers, Nikki Rothwell, Ashfaq A. Sial, Vaughn M. Walton, and Kelly A. Hamby. (2021). "Cultural Control of *Drosophila suzukii* in Small Fruit—Current and Pending Tactics in the U.S." *Insects* 12(2), 172.

Shaw, B., Brain, P., Wijnen, H., & Fountain, M. T. (2019). Implications of sub-lethal rates of insecticides and daily time of application on *Drosophila suzukii* lifecycle. Crop Protection, 121, 182-194.

Shearer, P. W., West, J. D., Walton, V. M., Brown, P. H., Svetec, N., & Chiu, J. C. (2016). Seasonal cues induce phenotypic plasticity of *Drosophila suzukii* to enhance winter survival. BMC ecology, 16(1), 1-18.

Steck, G. J., Dixon, W., & Dean, D. (2009). Spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Matsumura)(Diptera: Drosophilidae), a fruit pest new to North America. Pest Alerts, 1-3.

Stewart, T. J., Wang, X. G., Molinar, A., & Daane, K. M. (2014). Factors limiting peach as a potential host for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Journal of Economic Entomology, 107(5), 1771-1779.

Stockton, D., Wallingford, A., Rendon, D., Fanning, P., Green, C. K., Diepenbrock, L., ... & Loeb, G. M. (2019). Interactions between biotic and abiotic factors affect survival in overwintering *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). Environmental entomology, 48(2), 454-464.

Tait, G., Grassi, A., Pfab, F., Crava, C. M., Dalton, D. T., Magarey, R., ... & Anfora, G. (2018). Large-scale spatial dynamics of *Drosophila suzukii* in Trentino, Italy. Journal of Pest Science, 91(4), 1213-1224.

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169

Tochen, S., Walton, V. M., & Lee, J. C. (2016). Impact of floral feeding on adult *Drosophila suzukii* survival and nutrient status. Journal of Pest Science, 89(3), 793-802.

Tochen, S., Woltz, J. M., Dalton, D. T., Lee, J. C., Wiman, N. G., & Walton, V. M. (2016). Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. Journal of Applied Entomology, 140(1-2), 47-57.

Tonina, L., Grassi, A., Caruso, S., Mori, N., Gottardello, A., Anfora, G., ... & Ioriatti, C. (2018). Comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* in sweet cherry orchards in Italy. Journal of Applied Entomology, 142(1-2), 18-25.

Van Kerckvoorde, V., Clymans, R., Bangels, E., Alhmedi, A., De Ketelaere, B., De Clercq, P., ... & Belien, T. (2020). Tunnel entries and a killing agent uncover the importance of fly retention in *Drosophila suzukii* traps. Pest Management Science, 76(10), 3459-3468.

Vonlanthen, O., Kehrli, P., & Ruffner, H. P. (2016). Winter and summer forms of *Drosophila suzukii*. Obst-und Weinbau, 152(1), 6-9.

Walsh, D. B., Bolda, M. P., Goodhue, R. E., Dreves, A. J., Lee, J., Bruck, D. J., ... & Zalom, F. G. (2011). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. Journal of Integrated Pest Management, 2(1), 1-7.

Wang, X., Kaçar, G., & Daane, K. M. (2019). Temporal dynamics of host use by *Drosophila suzukii* in California's San Joaquin Valley: implications for area-wide pest management. Insects, 10(7), 206.

Winkler, A., Jung, J., Kleinhenz, B., & Racca, P. (2020). A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. Agric. For. Entomol, 22, 179-192.

Wong, J. S., Wallingford, A. K., Loeb, G. M., & Lee, J. C. (2018). Physiological status of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) affects their response to attractive odours. Journal of Applied Entomology, 142(5), 473-482.

Zhai, Y., Lin, Q., Zhang, J., Zhang, F., Zheng, L., & Yu, Y. (2016). Adult reproductive diapause in *Drosophila suzukii* females. Journal of Pest Science, 89(3), 679-688.

Ηλεκτρονική

Ηλεκτρονική πηγή 1: https://gd.eppo.int/taxon/DROSSU

Ηλεκτρονική πηγή 2: https://icbpharma.com/products/drosinal

Ηλεκτρονική πηγή 3: http://meteosearch.meteo.gr/

Institutional Repository - Library & Information Centre - University of Thessaly
30/06/2024 18:52:03 EEST - 3.21.98.169