



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Αποτελεσματικότητα του νεονικοτινοειδούς Acetamiprid (εμπορική ονομασία εντομοκτόνου: Profil extra 5 SL) στα ανήλικα στάδια της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)»



Παπαδοπούλου Ελένη

Επιβλέπων: Παπαδόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής Εντομολογίας, Π.Θ.

Βόλος 2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Αποτελεσματικότητα του νεονικοτινοειδούς Acetamiprid (εμπορική ονομασία εντομοκτόνου: Profil extra 5 SL) στα ανήλικα στάδια της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)»

«Effectiveness of the neonicotinoid Acetamiprid (commercial insecticide brand: Profil extra 5 SL) on the immature stages of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) »

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Παπαδόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής (Εφαρμοσμένη Εντομολογία) Π.Θ (Επιβλέπων)

Αθανασίου Χρήστος, Καθηγητής (Εντομολογία) Π.Θ

Τσιρόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής (Χημεία, Ανάλυση και προσδιορισμός οργανικών ουσιών) Π.Θ

Βόλος 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής διατριβής μου κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο, Καθηγητή Εφαρμοσμένης Εντομολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, τόσο για την επιλογή και την ανάθεση του θέματος, όσο και για τη πολύτιμη βοήθεια και συνεχή καθοδήγηση για την εκπόνηση της πτυχιακής διατριβής μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Σ. Παπαναστασίου για την πολύτιμη βοήθεια της κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους και την συγγραφή της διατριβής μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Καθηγητή κ. Χρήστο Αθανάσιου και τον Καθηγητή κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν για την μελέτη και αξιολόγηση της πτυχιακής διατριβής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
	ABSTRACT.....	vi
2.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
	2.1 Νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα.....	1
	2.1.1 Προέλευση.....	1
	2.1.2 Χημικές ενώσεις-ουσίες που αποτελούν τα νεονικοτινοειδή..	2
	2.1.3 Δράση.....	4
	2.1.4 Αποτελεσματικότητα σε διαφορετικούς εντομολογικούς εχθρούς.....	4
	2.2 ACETAMIPRID.....	6
	2.2.1 Χημική ένωση.....	6
	2.2.2 Έγκριση για καλλιέργειες και εντομολογικούς εχθρούς.....	7
	2.3 Μύγα της Μεσογείου.....	9
	2.3.1 Συστηματική κατάταξη.....	9
	2.3.2 Γεωγραφική προέλευση και εξάπλωση.....	10
	2.3.3 Εύρος ξενιστών.....	12
	2.3.4 Οικονομική σημασία-ζημιές που προκαλεί.....	12
	2.3.5 Καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου.....	14
	2.4 Σκοπός της διατριβής.....	17
3.	ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ.....	18
	3.1 Συνθήκες εργαστηρίου και έντομα που χρησιμοποιήθηκαν.....	18
	3.2 Έλεγχος αποτελεσματικότητας του acetamiprid σε φυσικό ξενιστή.....	18
	3.3 Έλεγχος αποτελεσματικότητας του acetamiprid σε τεχνητή τροφή (gel).....	23
	3.4 Στατιστική ανάλυση.....	24
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	29
	4.1 Αποτελεσματικότητα του acetamiprid σε φυσικό ξενιστή.....	29
	4.1.1 Ωτοκία των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου σε νεκταρίνια.....	29
	4.1.2 Αποτελεσματικότητα του acetamiprid στα νεκταρίνια.....	30
	4.2 Αποτελεσματικότητα του acetamiprid σε τεχνητή τροφή.....	31

4.3 Σύγκριση αποτελεσματικότητας acetamirrid σε φυσικούς ξενιστές και σε τεχνητή τροφή.....	32
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	33
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	35
6.1 Ελληνική βιβλιογραφία.....	35
6.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	35
6.3 Βιβλιογραφία από ιστοσελίδες.....	38

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) αποτελεί πολυφάγο είδος και έναν από τους σοβαρότερους εντομολογικούς εχθρούς με μεγάλο εύρος ξενιστών. Επιπλέον, κατατάσσεται πρώτη μεταξύ των υπόλοιπων οικονομικά σημαντικών μυγών των φρούτων. Η αντιμετώπιση της μύγας της Μεσογείου πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους και είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιπτώσεις έντονης προσβολής, καθώς μπορεί να προκληθεί ολική καταστροφή της παραγωγής. Στην παρούσα διατριβή εξετάστηκε η επίδραση δύο διαφορετικών συγκεντρώσεων της δραστικής ουσίας, Acetamiprid (Profil extra 5SL), στα ανήλικα στάδια της μύγας της Μεσογείου, σε φυσικό ξενιστή (νεκταρίνια) και σε τεχνητή τροφή (gel), με σκοπό να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα του εντομοκτόνου. Στα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν έντομα της εργαστηριακής φυλής Μπενάκειο και μίας άγριας φυλής της μύγας της Μεσογείου γενιάς F₇. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και φωτοπεριόδου. Διαπιστώθηκε ότι το εντομοκτόνο Profil extra 5SL με δραστική ουσία acetamiprid έδρασε ικανοποιητικά κατά των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στις μεταχειρίσεις της τεχνητής τροφής όπου εφαρμόστηκε το acetamiprid, τα ποσοστά θνησιμότητας άγγιζαν το 100%, σε σχέση με τις μεταχειρίσεις του μάρτυρα, όπου τα ποσοστά νύμφωσης ήταν σημαντικά υψηλότερα. Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα εφαρμογής του εντομοκτόνου με εμβάπτιση φυσικού ξενιστή (νεκταρίνια), όπου τα ποσοστά θνησιμότητας των ανήλικων σταδίων ήταν σημαντικά υψηλότερα σε σχέση με το μάρτυρα. Δεν ανιχνεύτηκαν σημαντικές διαφορές στην αποτελεσματικότητα του acetamiprid μεταξύ αυγών και προνυμφών πρώτου σταδίου της μύγας της Μεσογείου (εφαρμογή μία και τρεις ημέρες μετά την ωοτοκία), ούτε και μεταξύ των δύο συγκεντρώσεων που ελέγχθηκαν (150 mL και 200 mL σκευάσματος ανά στρέμμα). Η χαμηλότερη θνησιμότητα που παρατηρήθηκε στα ανήλικα στάδια της μύγας της Μεσογείου όταν αυτά αναπτύσσονταν σε νεκταρίνια σε σχέση με την τεχνητή τροφή, οφείλεται στη μερική μηχανική προστασία τους στο εσωτερικό του καρπού και στη μείωση της διασυστηματικής δράσης του εντομοκτόνου στους καρπούς, μετά την απομάκρυνση τους από το δέντρο και την επακόλουθη διακοπή κυκλοφορίας των χυμών στο εσωτερικό τους.

ABSTRACT

The Mediterranean fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) is a polyphagous species and one of the most serious entomological pests with a wide range of hosts. In addition, it ranks first among the economically significant fruit flies. The management of the Mediterranean fly is accomplished by various ways and is especially important in cases of severe infestation, as it can cause total destruction of production. In this study, we examined the effect of two different concentrations of the active substance, Acetamiprid (Profil extra 5SL), on the immature stages of the Mediterranean fruit fly, on a natural host (nectarines) and on artificial food (gel), in order to test the effectiveness of the insecticide. In all trials we used insects of the laboratory strain Benakio and a wild strain of the Mediterranean fly generation F₇. The experiments were carried out in the Laboratory of Entomology and Agricultural Zoology of the University of Thessaly, at constant conditions of temperature, relative humidity and photoperiod. It was found that the insecticide Profil extra 5SL with active ingredient acetamiprid, was efficient against the immature stages of the Mediterranean fruit fly. The results showed that in the artificial food treatments where acetamiprid was applied, mortality rates reached 100%, compared to control treatments where pupation rates were significantly higher. The results of the application of the insecticide with the immersion of a natural host (nectarines) were similar with mortality rates of the immatures being higher than in the control. No significant differences in the efficacy of acetamiprid were detected between eggs and first stage larvae of the Mediterranean fly (application one and three days after laying), nor between the two concentrations tested (150 mL and 200 mL of preparation per acre). The lower mortality reported in immatures stages developing in nectarines in relation to artificial food, might be due to their partial mechanical protection inside the fruit and the reduction of the inter-systemic action of the insecticide on the fruit, after their removal from the tree and the subsequent interruption of the circulation of juices inside.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.1 Νεονικοτινοειδή Εντομοκτόνα

2.1.1 Προέλευση

Τα νεονικοτινοειδή αποτελούν μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες εντομοκτόνων με ευρεία χρήση στην γεωργική παραγωγή και την κτηνιατρική. Εμφανίζουν παρόμοιες ιδιότητες με την νικοτίνη αλλά είναι λιγότερο επιβλαβή για τον άνθρωπο. Έχουν καταχωρηθεί παγκοσμίως σε πάνω από 120 χώρες και είναι από τα πιο αποτελεσματικά εντομοκτόνα για τον έλεγχο των εντόμων, καθώς έχουν δράση σε πολλά έντομα με μεγάλη οικονομική σημασία, αλλά και σε ένα μεγάλο εύρος καλλιεργειών. Οι ετήσιες παγκόσμιες πωλήσεις των νεονικοτινοειδών αγγίζουν περίπου το 1 δις. δολάρια και κατέχουν το 11-15% της συνολικής αγοράς εντομοκτόνων (Tomizawa and Casida 2004).

Τα νεονικοτινοειδή ανακαλύφθηκαν στις αρχές του 1970 από χημικούς της Shell Chemical Company στο Μοντέστο της Καλιφόρνια. Η έρευνα βασίστηκε πάνω στα ετεροκυκλικά νιτρομεθυλένια τα οποία αποδείχτηκε ότι είναι ικανά να δράσουν στους νικοτινικούς υποδοχείς ακετυλοχολίνης. Η πρώτη βασική ένωση νεονικοτινοειδών, το 2-διβρομονιτρομέθυλιο-3-μέθυλο-πυριδίνη που ανιχνεύτηκε από ερευνητές της Shell και αποδείχτηκε ότι έχει μικρή εντομοκτόνο δράση κατά της οικιακής μύγας (*Musca domestica*) και της αφίδας του μπιζελιού (*Acyrtosiphon pisum*). Έπειτα, ικανοποιητικότερη εντομοκτόνο δράση κατά των παραπάνω εντόμων, παρουσίασε το πενταμελές 2-νιτρομεθυλενιο πυρρολιδίνης και το εξαμελές 2-νιτρομεθυλενιο πυρρολιδίνης. Ακολούθησαν περαιτέρω έρευνες οι οποίες κατέληξαν στην ανακάλυψη του εξαμελούς τετραϋδρου-2-νιτρομεθυλενίου-2H-1,3-θειαζίνη ή νιθειαζίνη. Με περαιτέρω έρευνες αποδείχθηκε ότι η νιθειαζίνη και τα νιτρομεθυλένια στοχεύουν τους υποδοχείς ακετυλοχολίνης (nAChRs) των εντόμων. Η νιθειαζίνη μπορεί να θεωρηθεί ως το πρώτο σημαντικό νεονικοτινοειδές με ισχυρή εντομοκτόνο δράση κατά των ενήλικων ατόμων της οικιακής μύγας (*M. domestica*) και κατά των προνυμφών του σκουληκιού του καλαμποκιού (*Helicoverpa zea*), η οποία παράλληλα παρουσίαζε χαμηλή τοξικότητα σε φυτά και θηλαστικά. Ωστόσο, η νιθειαζίνη δεν εισήχθη ποτέ στην αγορά για ευρεία γεωργική χρήση τόσο λόγω της χαμηλής της αποτελεσματικότητας όσο και λόγω μειωμένης σταθερότητας στις συνθήκες αγρού

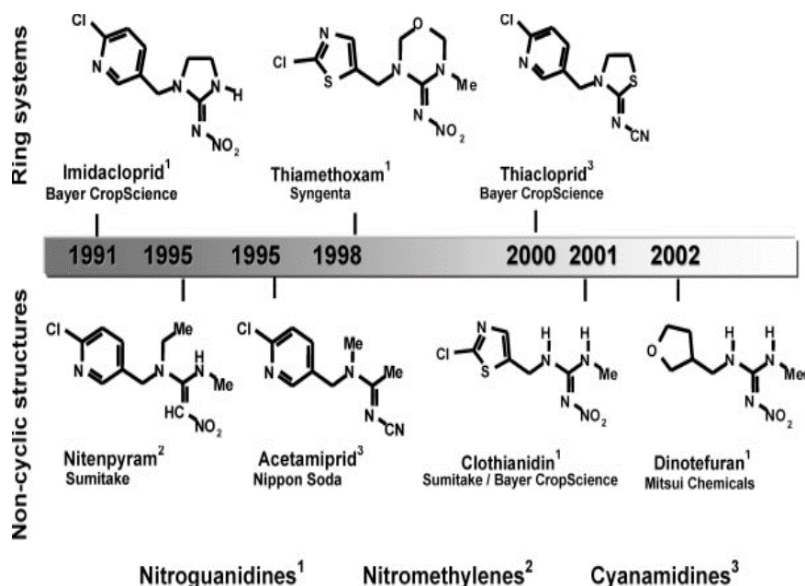
(υδρολυτική και φωτολυτική απενεργοποίηση της δράσης της) που αποδείχτηκε με εργαστηριακές δοκιμές.

Αργότερα, την διετία 1997 με 1998 ένα προϊόν που περιείχε την νιθιαζίνη ως δραστική ουσία χρησιμοποιήθηκε κατά της οικιακής μύγας (*M. domestica*) και κυκλοφόρησε στις ΗΠΑ (Jeschke and Nauen, 2008). Η Nihon Tokushu Noyaku Seizo, που σήμερα αποτελεί την Bayer Crop Science στην Ιαπωνία έκανε κάποιες δοκιμές βελτίωσης της δομής της νιθιαζίνης, εισάγοντας μία ομάδα χλωροπυριδινυλομεθυλίου, η οποία οδήγησε σε ένα πρωτότυπο μοντέλο νιτρομεθυλενίου με εξαιρετική δράση στο τζιτζικάκι (*Eurymeloides bicincta*). Το προϊόν εισήχθη στην αγορά, λόγω της φωτοσταθερότητας του (Tomizawa and Casida, 2004). Το 1984 η εταιρεία Nihon Tokushu Noyaku Seizo, μετά την προσθήκη του 3-πυριδινόμεθυλο στο μόριο του ετεροκυκλικού νιτρομεθυλενίου ανακάλυψε το imidacloprid (IMI) το οποίο κατέδειξε υψηλή εντομοκτόνο δράση και μειωμένη τοξικότητα στα θηλαστικά. Παράλληλα, η Bayer είχε ξεκινήσει τις μελέτες για το imidacloprid από το 1979 με βελτιστοποιήσεις πάνω στην νιθιαζίνη. Τελικά, το IMI εισήχθη στην αγορά το 1991 από την Bayer και έτσι ξεκίνησε μια νέα εποχή για τα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα. Τα νεονικοτινοειδή αποτέλεσαν μια ανακάλυψη ορόσημο ως προς τη διερεύνηση νέων εντομοκτόνων ουσιών, που έμελλαν να χρησιμοποιηθούν εκτεταμένα στην σύγχρονη γεωργία και φυτοπροστασία. Το IMI αποτέλεσε το πιο επιτυχημένο εντομοκτόνο με υψηλή αποτελεσματικότητα και με τις περισσότερες πωλήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο (Jeschke and Nauen, 2008).

2.1.2 Χημικές ενώσεις-ουσίες που αποτελούν τα νεονικοτινοειδή

Στην αγορά αυτήν την στιγμή κυκλοφορούν επτά νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα, τα οποία είναι το imidacloprid (Bayer Crop Science), το acetamiprid (Nippon Soda), το clothianidin (Bayer Crop Science και Sumitomo), το nitenpyram (Sumitomo), το thiacloprid (Bayer Crop Science), το thiamethoxam (Syngenta) και το dinotefuran (Mitsui Chemicals). Αποτελούν μία ομάδα εντομοκτόνων, παράγωγα συνθετικών νικοτινοειδών, που προσφέρουν καλύτερη εντομοκτόνο δράση (Pang *et al.*, 2020). Η ονομασία τους υιοθετήθηκε διότι υποδηλώνει ότι είναι μια νέα κατηγορία εντομοκτόνων που βασίζεται στην νικοτίνη και τις σχετικές ενώσεις με την νικοτίνη, τα νικοτινοειδή. Διαφορές μεταξύ των παραπάνω νεονικοτινοειδών αφορούν τον τρόπο δράση τους και τα δομικά χαρακτηριστικά τους (Matsuda *et al.*, 2009). Τα

νεονικοτινοειδή περιλαμβάνουν τρεις κύριες κατηγορίες πρόδρομων ενώσεων (Εικόνα 1.1). Η πρώτη κατηγορία είναι οι ενώσεις χλωροπυριδινύλης στην οποία ανήκουν το imidacloprid, το nitenpyram, το acetamiprid και το thiacloprid. Η επόμενη κατηγορία είναι οι ενώσεις χλωροθειαζολίνης όπου ανήκουν τα thiamethoxam και το clothianidin. Και τελευταία, οι ενώσεις τετραυδροφουρανίου στην οποία ανήκει το dinotefuran (Pang *et al.*, 2020). Ακόμη, τα νεονικοτινοειδή διακρίνονται σε ενώσεις ανοιχτής αλυσίδας και σε ενώσεις κυκλικού συστήματος. Το imidacloprid, το thiamethoxam και το thiacloprid ανήκουν στις κυκλικές ενώσεις, ενώ το nitenpyram, το acetamiprid, το clothianidin και το dinotefuran ανήκουν στις ενώσεις ανοιχτής αλυσίδας (Jeschke and Nauen, 2008). Η χημική δομή των ενώσεων κυκλικού συστήματος και της ανοιχτής αλυσίδας αποτελούνται από διαφορετικά τμήματα. Ακόμη σύμφωνα με τις φαρμακοφóρες ομάδες τα νεονικοτινοειδή μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις N-νιτρογουανιδίνες που περιλαμβάνουν το imidacloprid, το thiamethoxam, το clothianidin και το dinotefuran, στις N-κυανοαμιδίνες που περιλαμβάνουν το acetamiprid και το thiacloprid και στα νιτρομεθυλένια που περιλαμβάνουν το nitenpyram (Jeschke *et al.*, 2011).



Εικόνα 1.1 Νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα με την χημική τους ένωση και την ημερομηνία κυκλοφορίας τους. Πηγή: Jeschke and Nauen, 2008.

2.1.3 Δράση

Τα νεονικοτινοειδή, όπως έχει αναφερθεί συνιστούν μία από τις σημαντικότερες ομάδες εντομοκτόνων και αυτό οφείλεται στην υψηλή αποτελεσματικότητά τους, στο σημαντικό εύρος μυζητικών εντόμων στα οποία δρουν και στα χαμηλά επίπεδα τοξικότητας που προκαλούν στα θηλαστικά (Buszewski *et al.*, 2019). Έχουν διαφορετικό βιοχημικό μηχανισμό δράσης σε σχέση με τον μηχανισμό δράσης των οργανοχλωριωμένων, των οργανοφωσφορικών, των καρβαμιδικών και των πυρεθρινοειδών (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Η δράση των νεονικοτινοειδών οφείλεται στην δέσμευση των νικοτινικών υποδοχέων ακετυλοχολίνης (nAChRs) (Casida and Durkin 2013). Οι nAChRs βρίσκονται στο κεντρικό νευρικό σύστημα των εντόμων και είναι σημαντικοί για την συναπτική διαβίβαση των νευρικών ώσεων. Τα νεονικοτινοειδή επιδρούν σε αυτήν παρεμποδίζοντας την φυσιολογική μετάδοση των νευρικών σημάτων μεταξύ των νευρικών κυττάρων (Casida and Durkin 2013, Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Αυτοί οι υποδοχείς συνήθως ενεργοποιούνται δεσμεύοντας τον νευροδιαβιβαστή που ονομάζεται ακετυλοχολίνη (ACh) (Buszewski *et al.*, 2019). Στη συνέχεια απενεργοποιούνται, από το ένζυμο ακετυλοχολινεστεράση (ACh) ύστερα από 1 χιλιοστό του δευτερολέπτου πριν την διάσπαση από τον υποδοχέα και την αφαίρεση από την συναπτική διασταύρωση (Rondeau *et al.*, 2014). Όταν όμως τα νεονικοτινοειδή μόρια δεσμευτούν στους νικοτινικούς υποδοχείς ακετυλοχολίνης, τότε το κανάλι των ιόντων ανοίγει όπως θα άνοιγε αν είχε διεγερθεί από την ακετυλοχολίνη (ACh) και παραμένουν δεσμευμένα στους nAChRs των εντόμων κρατώντας το κανάλι των ιόντων ανοιχτό (Rondeau *et al.*, 2014). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την υπερδιέγερση του νευρικού συστήματος, την πρόκληση νευρικών σπασμών, την παράλυση και τελικά τον θάνατο του εντόμου (Ζιώγας και Μαρκόγλου 2017). Επιπλέον, αυτή η κατηγορία των εντομοκτόνων επεμβαίνει στο ανοσοποιητικό και στο αναπαραγωγικό σύστημα των εντόμων.

2.1.4 Αποτελεσματικότητα σε διαφορετικούς εντομολογικούς εχθρούς

Η αποτελεσματικότητα των νεονικοτινοειδών στηρίζεται στο γεγονός ότι είναι ικανά να δράσουν σε μεγάλο εύρος εντόμων οικονομικής σημασίας, κυρίως μυζητικών και σε ορισμένα μασητικά παράσιτα (Jeschke and Nauen, 2008). Πολλοί εντομολογικοί

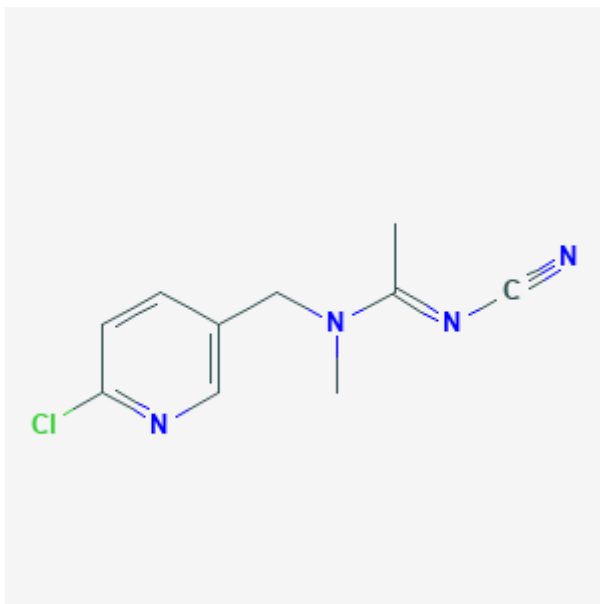
εχθροί, κατά των οποίων τα νεονικοτινοειδή εμφανίζουν μεγάλη αποτελεσματικότητα, είχαν εκδηλώσει ανθεκτικότητα για πολλά χρόνια σε προηγούμενης γενιάς εντομοκτόνα (Nauen and Denholm, 2005). Κάποιες από τις κλάσεις και οικογένειες εντομολογικών εχθρών κατά των οποίων τα νεονικοτινοειδή εμφανίζουν μεγάλη αποτελεσματικότητα είναι οι Aphidae, Aleyrodidae, Cicadellidae, Chrysomelidae, Coleoptera, Elateridae, Fulgoroidea, Lepidoptera και Pseudococcidae (Jeschke *et al.*, 2011).

Τα τελευταία είκοσι έτη έχει διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα των νεονικοτινοειδών και κατά των Δίπτερων της οικογένειας Tephritidae. Για παράδειγμα, το imidacloprid και άλλα νεονικοτινοειδή έχει αποδειχθεί ότι είναι αρκετά τοξικά και προκαλούν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας σε μύγες των φρούτων της οικογένειας Tephritidae (Wright *et al.*, 1999, Ayyappath *et al.*, 2000, Reissig, 2003, Barry and Polavarapu, 2005, Yee and Aston, 2006). Σύμφωνα με την μελέτη των Liburd, Holler και Moses (2004) το imidacloprid αποδείχτηκε ότι έχει υψηλή αποτελεσματικότητα κατά της μύγας της Καραϊβικής (*Anastrepha suspensa*, Diptera: Tephritidae). Στο συγκεκριμένο πείραμα ελέγχθηκε η επίδραση τριών συγκεντρώσεων του imidacloprid, για 72 ώρες, κατά των ανήλικων σταδίων *A. suspensa*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για όλες τις μεταχειρίσεις σε αυτό το διάστημα θανατώθηκε συστηματικά μεγαλύτερος αριθμός μυγών σε σχέση με τον μάρτυρα (Liburd *et al.*, 2004). Προγενέστερη έρευνα σχετικά με την αποτελεσματικότητα νεονικοτινοειδών κατά της *A. suspensa* έδειξε ότι το dimethoate είχε την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα ακολουθούμενο από το imidacloprid και το spinosad, τόσο σε σχέση με τη θνησιμότητα των ενηλίκων όσο και με τον αριθμό των αυγών που απέθεταν (Prokory *et al.*, 2000). Στην ίδια έρευνα παρατηρήθηκε ότι θηλυκά *A. suspensa* που προσέλαβαν imidacloprid μέσω της τροφής ήταν σε μεγάλο βαθμό ακίνητα και ανίκανα να πετάξουν, έμεναν για μικρότερο χρονικό διάστημα στην κόμη των δένδρων και επισκέφτηκαν λιγότερους καρπούς σε σχέση με άλλες μεταχειρίσεις (Prokory *et al.*, 2000).

2.2 ACETAMIPRID

2.2.1 Χημική ένωση

Το Acetamiprid ((E)-N1-[(6-chloro-3-pyridyl)methyl]-N2-cyano-N1-methylacetamidine) αποτελεί ένα από τα 7 νεονικοτινοειδή και είναι ένα διασυστηματικό εντομοκτόνο, επαφής και στομάχου (Εικόνα 1.2). Η εφεύρεση της χημικής ένωσης του έγινε το 1989 από την Nippon Soda και στηρίχτηκε πάνω σε έρευνες για την ανακάλυψη παράγωγων νιτρομεθυλενίου. Ωστόσο, καταχωρήθηκε στην Ιαπωνία το 1995 με το εμπορικό όνομα Mospilan® (Yamada *et al.*, 1999). Η χημική ένωση του acetamiprid φέρει την δομή της N-κυανοακεταμιδίνης η οποία αφορά σε ένα ξεχωριστό για αυτό γνώρισμα, διότι οι δομές των περισσότερων νεονικοτινοειδών βασίζονται στα νιτρομεθυλένια ή στην νιτροιμίνη (Nakayama *et al.*, 1996). Το acetamiprid προέρχεται από την 2-χλωροπυριδίνη και αποτελείται από μία καρβοξυαμιδίνη, μία μονοχλωροπυριδίνη κι ένα νιτρίλιο. Στην καρβοξυαμιδίνη τα αμινο υδρογόνα αντικαθίστανται από ένα (6-chloropyridin-3-yl)methyl και μία μεθυλομάδα, ενώ, το υδρογόνο που συνδέεται με το ιμινο άζωτο αντικαθίσταται από μια κυανομάδα (Acetamiprid, <http://www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetamiprid>, 2020).



Εικόνα 1.2 Απεικόνιση της χημικής δομής του Acetamiprid. Πηγή: (<http://www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetamiprid>)

2.2.2 Έγκριση για καλλιέργειες και εντομολογικούς εχθρούς

Το σκεύασμα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα, Profil extra 5SL, το οποίο περιέχει ως δραστική ουσία το acetamiprid, έχει πάρει έγκριση για περισσότερες από 50 καλλιέργειες και απευθύνεται ένα μεγάλο εύρος εντόμων, κυρίως μυζητικών. Κάποια από αυτά είναι οι αφίδες, οι αλευρώδεις και ορισμένα λεπιδόπτερα. Τα είδη των καλλιεργειών και οι εντομολογικοί εχθροί ανά καλλιέργεια για τους οποίους έχει έγκριση το Acetamiprid παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 1 (<https://www.efthymiadis.gr/default.aspx?lang=el-GR&page=447&prodid=1968>).

Πίνακας 1. Καλλιέργειες και εντομολογικοί εχθροί για τους οποίους επιτρέπεται η χρήση της δραστικής ουσίας Acetamiprid.

Είδος καλλιέργειας	Έντομα
Εσπεριδοειδή (Φυτώρια): Πορτοκαλιά, Λεμονιά, Μανταρινιά, Κλημεντίνες, Περγαμόντο, Νεράντζια, Μοσχολέμονο (Λάιμ), Κουμκουάτ, Φράπα	Αφίδες, Αλευρώδεις (<i>Aleurothrixus sp.</i> , <i>Aleurococcus sp.</i>), Βρωμούσες (<i>Closterotomus trivialis</i>), Κοκκοειδή (<i>Planococcus sp.</i> , <i>Aonidiella aurantii</i>), Μύγα Μεσογείου (<i>Ceratitis capitata</i>), Φυλλοκνίστες, Τζιτζίκια (<i>Empoasca decedens</i>)
Μηλοειδή: Μηλιά, Αχλαδιά, Κυδωνιά, Μουσμουλιά	Αφίδες (<i>Aphis pomi</i> , <i>Dysaphis plataginea</i> , <i>Eriosoma lanigerum</i>), Μηλολόνη (<i>Melolontha melolontha</i>), Μύγα Μεσογείου (<i>Ceratitis capitata</i>), Ψύλλες (ενήλικα), Φυλλορύκτες (<i>Leucoptera sp.</i> , <i>Phyllonorycter sp.</i> , <i>Lithocolletis sp.</i>), Κηκιδόμυγες (<i>Tenthredinoidea</i>), Τζιτζίκια, Βρωμούσες, Ανθονόμος (<i>Anthonomus rubi</i>)
Πυρηνόκαρπα: Ροδακινιά, Νεκταρινιά, Βερυκοκιά, Κερασιά	Αφίδες, Μύγα Μεσογείου (<i>Ceratitis capitata</i>), Ραγολέτης κερασιάς (<i>Rhagoletis cerasi</i>), Δροσόφιλα (<i>Drosophila suzukii</i>), Φυλλοδέτες (<i>Cacoecia rosana</i>), Φυλλορύκτες: <i>Phyllonorycter sp.</i> , <i>Leucoptera sp.</i> , <i>Lithocolletis sp.</i>), Τζιτζίκια (<i>Empoasca sp.</i> , <i>Z. flammigera</i> , <i>C. viridis</i>), Βρωμούσες
Αμπέλι (Οινοποιήσιμες και επιτραπέζιες ποικιλίες)	Κοκκοειδή (<i>Planococcus sp.</i> , <i>Heliothrips sp.</i>), Μύγα Μεσογείου (<i>Ceratitis capitata</i>), Δροσόφιλα (<i>Drosophila suzukii</i>), Φυλλοξήρα της αμπέλου, Χρυσοκάνθαρος (<i>Anomala vitis</i>),

	Αφίδες, Θρίπες (εκτός από <i>F. Occidentalis</i>), Τζιτζίκια (<i>Empoasca sp.</i> , <i>Scaphoideus titanus</i> , <i>Hyalesthes obsoletus</i> , <i>Zygina rhamnii</i>), Φυλλορόκτες (<i>Antispila sp.</i> , <i>Phyllocnistis sp.</i> , <i>Holocacista sp.</i>)
Τομάτες, Πιπεριές, Μελιτζάνες (Υ+Θ)	Αφίδες, Αλευρώδεις, Θρίπες, Δορυφόρος (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>), Καλόκορη (<i>Calocoris sp.</i>), Βρωμούσες (<i>Nezara sp.</i> , <i>Palomera prasina</i>), Τζιτζίκια (<i>Empoasca sp.</i> , <i>Hyalesthes sp.</i>), Λυριόμιζα (<i>Liriomyza sp.</i>), Πυραλίδα πιπεριάς (<i>Ostrinia nubilalis</i>)
Κολοκυνθοειδή (Μη εδώδιμος φλοιός) (Πεπόνι, Καρπούζι, Κολοκύθα) (Υ)	Αφίδες, Αλευρώδεις
Κολοκυνθοειδή (Εδώδιμος φλοιός) (Αγγούρι, Αγγουράκι, Κολοκυθάκι) (Υ+Θ)	Αφίδες, Αλευρώδεις
Βαμβάκι	Αφίδες, χρήση ήσσονος σημασίας: Καφέ βρωμούσα (<i>Halyomorpha halys</i>)
Καπνός	Αφίδες, Άλτης (<i>Epitrix hirtipennis</i>)
Πατάτα	Δορυφόρος (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>), Αφίδες, Βρωμούσες
Μηδική	Αφίδες, Άπιο (<i>Apion sp.</i>), Γωνιόκτενα (<i>Phytodecta fornicate</i>)
Καλλωπιστικά, Ανθοκομικά φυτά (Υ+Θ)	Αλευρώδεις, Αφίδες, Θρίπες, Βρωμούσες, Τζιτζίκια (<i>Empoasca sp.</i>), Λυριόμιζα
Αγκινάρα	Αφίδες
Σμέουρα, Βατόμουρα	Αφίδες, Δροσόφιλα (<i>Drosophila suzukii</i>), Τζιτζίκια (<i>Asymmetrasca decedens</i>), Ανθονόμος (<i>Anthonomus rubi</i>)
Ανθοκράμβες: Μπρόκολο, Κουνουπίδι, Κεφαλωτές κράμβες (εκτός από λαχανάκια Βρυξελλών), Λάχανο, Κόκκινο λάχανο, Λάχανο σαβόι, Λευκό λάχανο	Αφίδες, Βρωμούσες, Κολεόπτερα (Άλτης)

Ψυχανθή: Φασολάκια πράσινα, Φασόλια (φρέσκα με λοβό και χωρίς λοβό), Αρακάς, Μπιζέλια	Αφίδες, Θρίπες, Φυλλορύκτες
Όσπρια: Φασόλια ξηρά, Ρεβίθια, Φακές, Κουκιά, Φάβα	Αφίδες, Θρίπες, Φυλλορύκτες
Ελαιοκράμβη	Αφίδες, Βρωμούσες (Άλτης), Κολεόπτερα (<i>Meligethes spp.</i> , <i>Ceutorhynchus spp.</i>)
Αμπέλι (Φυτόρια)	Αφίδες, Φυλλοξήρα Αμπέλου, Τζιτζίκια (<i>Empoasca sp.</i> , <i>Scaphoideus titanus</i> , <i>Hyalesthes obsoletus</i> , <i>Zygina rhamnii</i>), Κοκκοειδή (<i>Planococcus sp.</i> , <i>Helicococcus sp.</i>), Φυλλοκνίστες (<i>Antispila sp.</i> , <i>Phyllocnistis sp.</i> , <i>Holocacista sp.</i>)
Καλλιέργειες για σποροπαραγωγή: Τομάτα, Μελιτζάνα, Πιπεριά, Κολοκυνθοειδή (με εδώδιμο και μη εδώδιμο φλοιό), Λάχανα, Κράμβες, Μαρούλι και άλλα λαχανιά, Ψυχανθή, Όσπρια, Αγκινάρα, Ελαιοκράμβη	Αφίδες, Αλευρώδεις, Θρίπες, Βρωμούσες, Άλτης, Τζιτζίκια, Φυλλορύκτες

2.3 ΜΥΓΑ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ (*CERATITIS CAPITATA*)

2.3.1 Συστηματική κατάταξη

Η μύγα της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), θεωρείται ένας από τους κυριότερους και πιο επιβλαβείς εντομολογικούς εχθρούς. Προσβάλλει παγκοσμίως πάνω από 300 είδη φρούτων και λαχανικών, τα οποία ανήκουν σε 69 οικογένειες (Radonjic *et al.*, 2013, Papadopoulos *et al.*, 2001). Ανήκει στην τάξη των Δίπτερων (Diptera) και στην οικογένεια των Tephritidae. Αποτελεί πολυφάγο είδος με τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις το οποίο επιπλέον είναι ικανό να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος κλιματικών συνθηκών (Szyniszewska and Tatem, 2014).

Πίνακας 2. Συστηματική κατάταξη της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata*

Συνομοταξία	Αρθρόποδα
Ομοταξία	Έντομα
Υφομοταξία	Γναθωτά-Κεραιωτά
Διαίρεση	Πτερυγωτά
Υποδιαίρεση	Ενδοπτερυγωτά
Τάξη	Δίπτερα
Υπόταξη	Βραχύκερα
Οικογένεια	<i>Tephritidae</i>
Γένος	<i>Ceratitis</i>
Είδος	<i>capitata</i>

2.3.2. Γεωγραφική προέλευση και εξάπλωση

Ο Christian Rudolph Wilhelm Wiedemann (1824) ήταν ο πρώτος που περιέγραψε την μύγα της Μεσογείου, ύστερα από αναγνώριση δείγματος που συλλέχθηκε σε ένα καράβι στον Ινδικό Ωκεανό που μετέφερε φρούτα από την Αφρική. Η μύγα της Μεσογείου προέρχεται από την Αφρική, με πιθανότερο σημείο προέλευσης την περιοχή της νοτιοανατολικής Ερήμου, Σαχάρας (Κένυα) (Papadopoulos, 2008). Σήμερα, έχει εξαπλωθεί και εγκατασταθεί σε πολλές περιοχές του κόσμου όπως, στις ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου, στις χώρες της Μέσης Ανατολής, στην Αφρική, στην Κεντρική και Νότια Αμερική, στη Δυτική Αυστραλία, στον Ειρηνικό Ωκεανό και στα νησιά του Ινδικού Ωκεανού (Szyniszewska and Tatem, 2014). Οι παλαιότεροι προερχόμενοι πληθυσμοί τοποθετούνται γύρω από την λεκάνη της Μεσογείου, ενώ οι πιο πρόσφατοι πληθυσμοί τοποθετούνται στην Αμερική και στον Ειρηνικό Ωκεανό (Enkerlin *et al.*, 1989). Επιπλέον, θεωρείται ότι η μύγα της Μεσογείου εισέβαλε στην λεκάνη της Μεσογείου για πρώτη φορά, είτε προερχόμενη από την κοιλάδα του Νείλου όπου έφθασε στα παράλια της Μέσης Ανατολής είτε προερχόμενη από την

βορειοδυτική ακτή της Αφρικανικής ηπείρου φτάνοντας στην Ισπανία (Papadopoulos, 2008). Δύο από τις Μεσογειακές χώρες που εμφανίστηκε πρώτα ήταν η Ισπανία το 1842 (De Breme, 1842) και η Ιταλία το 1863 (Martelli, 1910). Ακόμη, στις αρχές του περασμένου αιώνα η μύγα Μεσογείου καταγράφηκε για πρώτη φορά στην Αμερικανική ήπειρο και συγκεκριμένα στην Βραζιλία, το 1905 (Malacrida *et al.*, 1992) (Εικόνα 1.3). Η εξάπλωσή της στην Λατινική Αμερική πιθανότατα να οφείλεται στην διασπορά της από την Ισπανία (Papadopoulos, 2008). Επίσης, έχει εξαπλωθεί στην Χαβάη εδώ και έναν αιώνα περίπου και πάρα τις επίμονες και δαπανηρές προσπάθειες εξάλειψής της ανιχνεύεται, επανειλημμένα στην Καλιφόρνια (από το 1975 και εντεύθεν) και στην Φλόριντα (Szyniszewska and Tatem, 2014). Η εξάπλωσή της σε νέες περιοχές και χώρες μπορεί να πραγματοποιηθεί με το εμπόριο προσβεβλημένων φρούτων και λαχανικών (Papadopoulos, 2008).



Εικόνα 1.3 Παγκόσμια εξάπλωση της Μύγας της Μεσογείου. Κάθε κουκκίδα αντιπροσωπεύει τις περιοχές όπου το έντομο έχει εγκατασταθεί. Πηγή: Sheppard *et al.*, (1992).

2.3.3 Εύρος ξενιστών

Με την ανάπτυξη του εμπορίου φρούτων και λαχανικών σε όλο τον κόσμο και με την αύξηση των διεθνών και διηπειρωτικών μεταφορών, η μύγα της Μεσογείου έχει εξαπλωθεί και σε όλες τις ηπείρους σε λιγότερο από 150 χρόνια και προσβάλλει περισσότερα από 350 αυτοφυή και καλλιεργήσιμα φυτά-ξενιστές διαφόρων οικογενειών (Liquido *et al.*, 1991). Αποτελεί ένα πολυφάγο και κοσμοπολιτικό είδος με μεγάλη προσαρμοστικότητα. Προσβάλλει και αναπτύσσεται σε καρπούς που ανήκουν σε περισσότερες από 67 οικογένειες (Papadopoulos, 2008). Επιπλέον, προτιμάει τους ημιώριμους ή ώριμους καρπούς πολλών δέντρων, θάμνων και ποωδών φυτών που αναπτύσσονται σε τροπικές, υποτροπικές και εύκρατες περιοχές (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 2003). Ακόμη, είναι έντομο που συνήθως επιλέγει τους χυμώδεις καρπούς και αυτούς που έχουν λεπτό φλοιό με ποικίλες προτιμήσεις ανάλογα την περιοχή. Ωστόσο, ορισμένοι καρποί, όπως η μπανάνα (*Musa sp.*) αποτελούν ξενιστές της μύγας της Μεσογείου μόνο κάτω από εργαστηριακές συνθήκες και πιθανότατα οι καλλιέργειες τους στον αγρό να μην προσβάλλονται (Thomas *et al.*, 2001). Στην Ελλάδα, οι κύριες καλλιέργειες οι οποίες αποτελούν ξενιστές της μύγας της Μεσογείου είναι τα εσπεριδοειδή, οι αχλαδιές, οι μηλιές, οι ροδακινιές, οι βερικοκιές και οι συκιές. Προσβολές από το έντομο εντοπίζονται σε πολλές περιοχές της χώρας, από την Βόρεια Ελλάδα έως και την Κρήτη (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 2003).

2.3.4 Οικονομική σημασία-ζημιές που προκαλεί

Η μύγα της Μεσογείου είναι ένα έντομο το οποίο λόγω της ευρείας εξάπλωσης του σε όλο τον κόσμο, της ικανότητας του να αντέχει σε ψυχρότερα κλίματα σε σχέση με τα περισσότερα είδη τροπικών διπτέρων και του ευρέος φάσματος των ξενιστών του, κατατάσσεται πρώτο μεταξύ των οικονομικά σημαντικών ειδών μυγών των φρούτων (Thomas *et al.*, 2001). Το *C. capitata* είναι ικανό να προκαλέσει ολική καταστροφή στις καλλιέργειες των φρούτων (Fimiani, 1989). Στις περιοχές που αποτελεί ενδημικό εχθρό, σε συνθήκες πανδημίας, οι οικονομικές επιπτώσεις που προκύπτουν είναι αρκετά σοβαρές και αφορούν κυρίως τη μειωμένη παραγωγή και το αυξημένο κόστος αντιμετώπισης του (Siebert and Cooper, 1995).

Σε πολλές χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Ιαπωνία το *C.capitata* αποτελεί έντομο καραντίνας (Papadopoulos, 2008). Η κατάταξη του ως εχθρό καραντίνας επηρεάζει το παγκόσμιο εμπόριο καθώς μέσω των εισαγωγών προσβεβλημένων φρούτων, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος διασποράς του σε χώρες στις οποίες δεν έχει εξαπλωθεί. Επιπλέον, ακόμα και σποραδικές κατέγραφες της μύγας της Μεσογείου σε χώρες όπου δεν έχει εγκατασταθεί, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρούς περιορισμούς τόσο στις εξαγωγές φρούτων σε περιοχές όπου το έντομο δε υπάρχει, όσο και σε πιο αυστηρά μετρά καραντίνας στις εισαγωγές από τρίτες χώρες (Gonzalez and Troncoso, 2007). Ωστόσο, για την αποφυγή των παραπάνω, διάφοροι εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί εφαρμόζουν εντατικά προγράμματα ελέγχου με σκοπό τον περιορισμό της εξάπλωσης του εντόμου και της εξάλειψης του από περιοχές όπου έχει καταγραφεί αλλά δεν έχει ακόμα εγκατασταθεί (Papadopoulos, 2008).

Από τους 350 ξενιστές τους οποίους προσβάλλει η μύγα της Μεσογείου, οι 140 ανήκουν στις παρακάτω οικογένειες: Rosaceae (10%), Rutaceae (9%), Sapotaceae (9%), Myrtaceae (6%), Solanaceae (6%). Στις εύκρατες περιοχές τα κυριότερα είδη που προσβάλλει είναι η μηλιά (*Malus domestica*), η αχλαδιά (*Pyrus communis*), η ροδακινιά (*Prunus persicae*) και η βερικοκιά (*Prunus armeniaca*). Στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές κάποιες από τις κύριες καλλιέργειες τις οποίες προσβάλλει είναι ο καφές (*Coffea arabica*), το μάνγκο (*Manifera indica*), η παπάγια (*Carica papaya*), το αβοκάντο (*Persea americana*), η γκουάβα (*Psidium guajava*), η καραμπόλα (*Averrhoa carambola*), η πορτοκαλιά (*Citrus sinensis*), η συκιά (*Ficus carica*), το γκρέιπφρουτ (*Citrus x paradisi*), η φραγκοσυκιά (*Opuntia vulgaris*), η μουσμουλιά (*Eriobotrya japonica*) και ο λωτός (*Diospyros kaki*) (Papadopoulos, 2008).

Στην Μεσόγειο το έντομο προκαλεί σοβαρές ζημιές κυρίως στα εσπεριδοειδή, ενώ σημαντικοί ξενιστές της επίσης αποτελούν τα πυρηνόκαρπα, τα γιγαρτόκαρπα και τα σύκα (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 1998). Το θηλυκό, αφού τραφεί, ωριμάσει αναπαραγωγικά και μετά συζευχθεί, ανοίγει οπές φωτοκίας ή αλλιώς νύγματα στους καρπούς στα οποία εναποθέτει 1-6 αυγά (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 1998). Ένα θηλυκό μπορεί να γεννήσει σε φυσιολογικές συνθήκες κατά μέσο όρο 250 αυγά σε όλη την διάρκεια της ζωής του (Κατσογιάννος, 1996). Επίσης, τοποθετούνται αυγά σε σχισμές ή τραύματα του φλοιού των καρπών ή σε οπές φωτοκίας άλλων θηλυκών του ίδιου είδους. Στην συνέχεια, οι προνύμφες τρέφονται στη σάρκα ημιώριμων ή και ώριμων καρπών προκαλώντας διάβρωση, νέκρωση της σάρκας και συνεπώς την

πτώση τους στο έδαφος. Προκαλεί όμως και δευτερογενείς ζημιές μετά την συγκομιδή. Οι καρποί εξαιτίας των στοών που ανοίγονται από τις προνύμφες μπορεί να προσβληθούν από μύκητες ή άλλους μικροοργανισμούς που θα αναπτυχθούν σε αυτούς και θα προκαλέσουν μεγαλύτερη υποβάθμιση του φρούτου. Επιπλέον, όταν οι καρποί αρχίσουν να σήπονται, προσελκύουν για ωτοκία και άλλους εντομολογικούς εχθρούς όπως *Drosophila* spp., *Lamprolonchaea* spp. και *Carpophilus* spp. Στα εσπεριδοειδή όταν οι καρποί είναι πρασινωποί η οπή ωτοκίας είναι ευδιάκριτη αφού αποτελείται από ένα μαύρο η σκούρο καστανό στίγμα που περιβάλλεται από μία χλωρωτική κηλίδα. Στους ώριμους καρπούς η κηλίδα αυτή δεν είναι ευδιάκριτη. Συνεπώς, αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα καταπολέμησης του εντόμου, η ζημιά που μπορεί να προκληθεί θα είναι αρκετά σοβαρή. Τα αποτελέσματα της ζημιάς οδηγούν σε ποιοτική υποβάθμιση του καρπού, μείωση της εμπορικής του αξίας και ακαταλληλότητα των προσβεβλημένων καρπών για κατανάλωση. Επίσης, η μη λήψη μέτρων για τον έλεγχο του πληθυσμού του εντόμου οδηγεί στην ταχύτερη αύξηση της πυκνότητας του πληθυσμού στον αγρό, ειδικότερα σε περιοχές που δεν λαμβάνονται κατά κανόνα μέτρα (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 2003).

2.3.5 Καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου

Η καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου βασίζεται σε διάφορες μεθόδους ελέγχου και αντιμετώπισης όπως η χρήση εντομοκτόνων ουσιών, η μαζική παγίδευση (Haniotakis *et al.*, 1991), η εφαρμογή δολωματικών ψεκασμών, η λήψη διάφορων καλλιεργητικών μέτρων και η εξαπόλυση στειρωμένων εντομών.

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος αντιμετώπισης των πληθυσμών του *C. capitata* κυρίως στις χώρες της Μεσογείου είναι η χρήση εντομοκτόνων ουσιών. Εφαρμόζονται ψεκασμοί με οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα όπως το malathion κ.ά. (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 2003). Χρησιμοποιούνται επίσης και διάφορα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα όπως το deltamethrin και το lambda cyhalothrin (http://www.minagric.gr/images/stories/docs/nea/GEORGPPOEIDOPPOIHSEIS/PATRA/2019/esperidoeidh_070520.pdf). Παρότι αποτελεί την πιο αποτελεσματική μέθοδο, η χρήση τους επιφέρει αρκετές και σοβαρές επιπτώσεις τόσο ως προς τον άνθρωπο, τα ωφέλιμα έντομα και αρθρόποδα όσο και προς το περιβάλλον μέσω της ρύπανσης. Για αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με σύνεση (Τζανακάκης, 1995). Ορθό θα ήταν να χρησιμοποιούνται μέθοδοι και τρόποι αντιμετώπισης του εντόμου οι

οποίοι είναι πιο φιλικοί στον άνθρωπο και στο περιβάλλον, ώστε να μειωθούν οι παραπάνω επιπτώσεις (Robinson, 2002).

Μια ακόμη μέθοδος είναι η χρήση διάφορων ελκυστικών ουσιών. Έχει αποδειχθεί ότι έχουν μεγάλη χρησιμότητα στην καταπολέμηση των ενήλικων εντόμων που ανήκουν στην οικογένεια Tephritidae και ειδικότερα στην μύγα της Μεσογείου. Ως ελκυστικές ουσίες χρησιμοποιούνται τα υδατικά διαλύματα αμμωνίου, ουσίες που εκλύουν αμμωνία και τα υγρά υδρολύματα πρωτεϊνών φυτικής ή ζωικής προέλευσης. Αυτές οι ουσίες ελκύουν την μύγα της Μεσογείου η οποία γενικά αναζητά και τρέφεται με παρόμοιες ουσίες. Οι ελκυστικές ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνες τους, σε συνδυασμό με παγίδες αλλά και ως συστατικά σε δολωματικούς ψεκασμούς (Τζανακάκης, 1995). Η εφαρμογή δολωματικών ψεκασμών χρησιμοποιείται εγχωρία και διεθνώς. Εκτός από την εντομοκτόνο ουσία, προστίθεται μια ελκυστική ουσία στο ψεκαστικό υγρό. Υστέρα από έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Steiner το 1952, αποδείχθηκε ότι ο συνδυασμός ενός οργανοφωσφορούχου εντομοκτόνου και ενός μίγματος υδρολύματος πρωτεΐνης με ζάχαρη είχε πολύ καλά αποτελέσματα εναντίον της μύγας της Μεσογείου. Τα διαλύματα υδρολυμένων πρωτεϊνών παράγουν και εκλύουν αμμωνία που είναι μια ένωση που προσελκύει την μύγα της Μεσογείου όπως προαναφέρθηκε. Επιπλέον, οι αζωτούχες ουσίες όπως διαλύματα υδρολυμένων πρωτεϊνών είναι αναγκαίες για τα ενήλικα θηλυκά που ανήκουν στην οικογένεια Tephritidae γιατί αυξάνουν την ωοπαραγωγή τους. Έκτοτε η χρήση δολωματικών ψεκασμών μαζί με τον παραπάνω συνδυασμό αποτελεί βασική αρχή για τον έλεγχο του *C. capitata* λόγω της άριστης ελκυστικότητας και αποτελεσματικότητας. Επομένως, η θανάτωση του εντόμου γίνεται με την κατάποση του εντομοκτόνου (Τζανακάκης, 1995). Πολλά εντομοκτόνα έχει αποδειχθεί ότι είναι αρκετά αποτελεσματικά τα οποία χρησιμοποιούνται στους δολωματικούς ψεκασμούς. Ένα από αυτά είναι το malathion που παρουσιάζει υψηλή αποτελεσματικότητα και είναι ελάχιστα τοξικό προς τα σπονδυλωτά (Papadopoulos, 2008).

Άλλος ένας τρόπος αντιμετώπισης του εντόμου είναι η μαζική παγίδευση των ενήλικων. Με τη μαζική παγίδευση προσδιορίζεται επίσης η ανάγκη και ο χρόνος των ψεκασμών που θα εφαρμοστούν (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 2003). Οι φερομονικές παγίδες χρησιμοποιούνται για να συλλάβουν μεγάλο ποσοστό αρσενικών, ώστε τα θηλυκά να μην μπορούν να γονιμοποιηθούν και συνεπώς να μην δώσουν απογόνους. Αυτό επιτυγχάνεται με εφαρμογή μεγάλου αριθμού παγίδων σε πυκνή

διάταξη (Τζανακάκης, 1995). Τα δυο επικρατέστερα είδη μαζικής παγίδευσης είναι οι τροφικές και οι φερομονικές. Στις τροφικές παγίδες ανήκουν οι McPhail όπου τα τροφικά ελκυστικά που χρησιμοποιούνται είναι το οξικό αμμώνιο, η πουτρεσκίνη και η τριμεθυλαμίνη (Papadopoulos, 2008). Επιπλέον, στις παγίδες McPhail άλλη μια ελκυστική ουσία που χρησιμοποιείται είναι τα διαλύματα υδρολυμένης πρωτεΐνης με βόρακα (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 2003). Οι ελκυστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στις παγίδες Jackson είναι η παραφερομόνη timedlure η οποία προσελκύει κυρίως τα αρσενικά (Papadopoulos, 2008). Οι παγίδες αυτές τοποθετούνται στον οπωρώνα λίγες εβδομάδες πριν αρχίσουν οι καρποί να γίνονται κατάλληλοι για ωοτοκία του εντόμου (Τζανακάκης και Κατσογιάννος, 2003).

Στα καλλιεργητικά μέτρα καταπολέμησης της μύγας της Μεσογείου περιλαμβάνονται η συλλογή και καταστροφή των προσβεβλημένων καρπών πριν την συγκομιδή. Επιπλέον, άλλο ένα μέτρο είναι η καταστροφή των αυτοφυών ξενιστών του εντόμου. Ωστόσο, εκτός από τα άμεσα μέτρα αντιμετώπισης του εντόμου, υπάρχουν και άλλα μέτρα που βασίζονται πάνω στην νομοθεσία για τον έλεγχο του. Ένα από αυτά είναι οι αυστηροί κανονισμοί καραντίνας που λαμβάνονται σε μια περιοχή στην οποία το έντομο δεν έχει εξαπλωθεί. Ακόμη πολλές είναι οι αγορές, στις οποίες δεν είναι αποδεκτά φρούτα ή λαχανικά αν αυτά δεν έχουν υποστεί επεξεργασία που εξασφαλίζει την θνησιμότητα του εντόμου. Ένας τρόπος επεξεργασίας των φρούτων και των λαχανικών είναι η έκθεση τους σε χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες και η χρήση εντομοκτόνων μετασυλλεκτικά (Papadopoulos, 2008).

Η εξαπόλυση στειρωμένων εντόμων ή αλλιώς τεχνική του στείρου εντόμου (SIT) ή τεχνική του στείρου αρσενικού είναι μια μέθοδος που βασίζεται στην μαζική παραγωγή, στείρωση και εξαπόλυση ενός μεγάλου αριθμού μυγών στον αγρό. Τα άτομα που στειρώνονται, εξαπολύονται στον αγρό για να μειώσουν τον φυσικό πληθυσμό της μύγας της Μεσογείου. Στόχος αυτής της μεθόδου είναι να εμποδιστεί η παραγωγή απογόνων είτε στειρώνοντας το ένα ή και τα δυο φύλα εργαστηριακού πληθυσμού του εντόμου ο οποίος στη συνέχεια εξαπολύεται στον αγρό και ανταγωνίζεται τα άγρια ενήλικα του ίδιου φύλου για σύζευξη (Dyck et al., 2005).

2.4 Σκοπός της διατριβής

Η μύγα της Μεσογείου αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εντολογικούς εχθρούς παγκοσμίως, με μεγάλη οικονομική σημασία. Η αποτελεσματικότητα διάφορων εντομοκτόνων, κατά της μύγας της Μεσογείου στα οποία συγκαταλέγονται κάποια νεονικοτινοειδή έχει μελετηθεί εκτενώς. Ωστόσο, ελάχιστες είναι οι μελέτες που αφορούν την αποτελεσματικότητα του νεονικοτινοειδούς εντομοκτόνου acetamiprid. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής είναι η αποτελεσματικότητα διαφορετικών συγκεντρώσεων της δραστικής ουσίας acetamiprid, κατά των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου που αναπτύσσονταν (α) σε τεχνητά προσβεβλημένους καρπούς και (β) σε τεχνητή τροφή. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δυο σειρές πειραμάτων που αφορούσαν την αξιολόγηση της δράσης δύο συγκεντρώσεων του εντομοκτόνου κατά των αυγών και προνυμφών 1^{ου} σταδίου της μύγας της Μεσογείου. Στο πρώτο πείραμα αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα του acetamiprid κατά των αυγών και των προνυμφών που αναπτύσσονταν σε φυσικό ξενιστή (νεκταρίνια) και στο δεύτερο αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα του acetamiprid κατά των αυγών και προνυμφών 1^{ου} σταδίου που αναπτύσσονταν σε τεχνητή τροφή.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Συνθήκες εργαστηρίου και έντομα που χρησιμοποιήθηκαν

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Π.Θ. το καλοκαίρι του 2019, σε ειδικά εντομοδωμάτια ελεγχόμενων συνθηκών. Οι συνθήκες που επικρατούσαν κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν θερμοκρασία: $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, σχετική υγρασία (Σ.Υ): $65\pm 5\%$ και φωτοπερίοδος: 14:10 Φ:Σ, με έναρξη της φωτοφάσης στις 07:00 και λήξη στις 21:00. Στο εντομοδωμάτιο υπήρχε φυσικός φωτισμός που εισερχόταν από φεγγίτες της οροφής, καθώς και τεχνητός φωτισμός που προερχόταν από λάμπες φθορίου τοποθετημένες στα ράφια. Η ένταση του φωτός που υπήρχε στον χώρο του εντομοδωματίου κυμαινόταν μεταξύ 800-1000 Lux.

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν έντομα της φυλής Μπενάκειο. Η συγκεκριμένη φυλή διατηρείται σε συνθήκες εργαστηρίου σε τεχνητή εκτροφή για πάνω από 30 χρόνια. Επίσης, για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε μία άγρια φυλή της μύγας της Μεσογείου της γενιάς F₇, όπου προήλθε από νύμφες που συλλέχθηκαν από προσβεβλημένα μήλα στην Θεσσαλονίκη.

3.2 Έλεγχος αποτελεσματικότητας του acetamiprid σε φυσικό ξενιστή

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του Acetamiprid κατά των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου που αναπτύσσονταν σε φυσικούς ξενιστές, πραγματοποιήθηκε ελεγχόμενη προσβολή νεκταρινιών στο εργαστήριο. Για το σκοπό αυτό, 10 θηλυκά και 10 αρσενικά F₇ γενεάς της μύγας της Μεσογείου, μετά την έξοδο τους από το νυμφικό περίβλημα, τοποθετήθηκαν σε κλουβί Plexiglas (20*20*20 cm). Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 22 κλουβιά Plexiglas και 220 ενήλικα της μύγας της Μεσογείου που προήλθαν από την τεχνητή εκτροφή που διατηρείται στο Εργαστήριο Εντομολογίας (Εικόνα 2.1, 2.2, 2.3). Επιπλέον, σε κάθε κλουβί τοποθετήθηκε τροφή (μίγμα κρυσταλλικής ζάχαρης και υδρολυμένης μαγιάς σε αναλογία 4:1) και νερό. Τα ενήλικα παρέμειναν στο κλουβί για 10 ημέρες ώστε να ωριμάσουν αναπαραγωγικά και να συζευχθούν. Την 10^η μέρα τοποθετήθηκαν σε κάθε κλουβί Plexiglas 5 καρποί νεκταρινιών για δυο ώρες. Μέσα σε αυτό το διάστημα τα θηλυκά είχαν την δυνατότητα να ωοτοκήσουν στα νεκταρινία. Συνολικά

χρησιμοποιηθήκαν 220 νεκταρίνια (110 για την αξιολόγηση του σκευάσματος κατά των αυγών των αυγών και 110 για την αξιολόγηση κατά των προνυμφών πρώτου σταδίου της μύγας της μεσογείου) που προήλθαν από εμπορικό κατάστημα με πιστοποίηση απαλλαγής από υπολείμματα φυτοφαρμάκων.



Εικόνα 2.1: Κλουβί Plexiglas στο εσωτερικό του οποίου είχαν τοποθετηθεί 10 αρσενικά και 10 θηλυκά της μύγας της Μεσογείου, 5 νεκταρίνια, το τριβλίο με την τροφή και το φιαλίδιο με το νερό.



Εικόνα 2.2: Θηλυκό της μύγας της Μεσογείου τη στιγμή της ωοτοκίας σε καρπό νεκταρινιού.



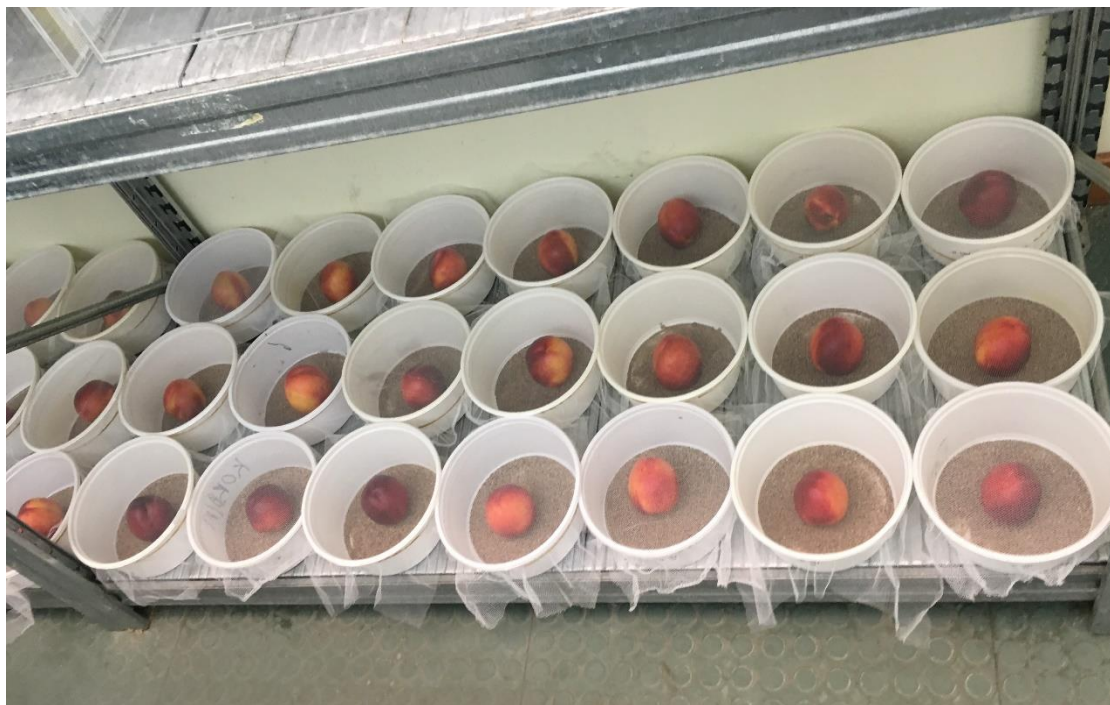
Εικόνα 2.3: Οι 22 επαναλήψεις (κλουβιά Plexiglas) του πειράματος αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας του Acetamiprid σε φυσικούς ξενιστές, μέσα το εντομοδομάτιο ελεγχόμενων συνθήκων του εργαστήριου Εντομολογίας.

Μετά το πέρας των δύο ωρών, οι καρποί απομακρυνθήκαν από τα κλουβιά Plexiglas και τοποθετήθηκαν ανά 5 σε γιαουρτόκουτα καλυμμένα με οργαντίνα. Την επόμενη ημέρα συγκεντρώθηκαν όλοι οι καρποί σε μεγάλα δοχεία και ακολούθησε η εμφάνιση τους σε διαλύματα δύο διαφορετικών συγκεντρώσεων acetamiprid σε νερό. Πενήντα τυχαία επιλεγμένα νεκταρίνια εμφαπτίστηκαν σε διάλυμα συγκέντρωσης 1 mL acetamiprid σε 1 L νερού (150 mL Profil ανά στρέμμα). Άλλα πενήντα νεκταρίνια εμφαπτίστηκαν σε διάλυμα συγκέντρωσης 1,34 mL acetamiprid σε 1 L νερού (200 mL Profil ανά στρέμμα). Τα υπόλοιπα δέκα νεκταρίνια εμφαπτίστηκαν σε νερό και αποτέλεσαν την μεταχείριση του μάρτυρα. Αμέσως μετά την εμφάνιση, τα νεκταρίνια τοποθετήθηκαν επάνω σε απορροφητικό χαρτί για μισή ώρα έως ότου στεγνώσουν (Εικόνα 2.4). Στην συνέχεια, οι καρποί τοποθετήθηκαν ατομικά σε γιαουρτόκουτα διαμέτρου 15 cm και βάθους 10 cm, πάνω σε στρώμα αποστειρωμένης άμμου και καλυφθήκαν με οργαντίνα ώστε να αποφευχθούν δευτερογενείς προσβολές από έντομα όπως *Drosophila* sp. Σε κάθε γιαουρτόκουτο δόθηκε η κατάλληλη σήμανση που αφορούσε τη συγκέντρωση του εντομοκτόνου και την ημέρα εμφάνισης του καρπού (πχ. 1mL-ID). Τα γιαουρτόκουτα διατηρήθηκαν σε σταθερές συνθήκες εντός του εντομοδοματίου ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, σχετική υγρασία $65\pm 5\%$, και φωτοπερίοδο 14Φ:10Σ) για 10 ημέρες (Εικόνα 2.5). Στο διάστημα αυτό είναι γνωστό ότι ολοκληρώνεται η προνυμφική ανάπτυξη της μύγας της Μεσογείου και νυμφώνεται το σύνολο των ατόμων. Έπειτα, καταγράφηκε ο αριθμός των νυμφών που εξήλθαν από κάθε καρπό. Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε με έκθεση των καρπών για φωτοκία και έπειτα διατήρηση τους σε προφυλαγμένο σημείο του εντομοδοματίου για τρεις ημέρες πριν την εμφάνιση τους στα διαλύματα του εντομοκτόνου. Με τον τρόπο αυτό ελέγχθηκε η αποτελεσματικότητα του εντομοκτόνου κατά της προνύμφης 1^{ου} σταδίου.

Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο των πειραμάτων και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του acetamiprid σε καρπούς νεκταρινιών, υπολογίστηκαν και τα επίπεδα φωτοκίας των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου σε νεκταρίνια. Για το σκοπό αυτό, τοποθετήθηκαν από πέντε νεκταρίνια σε δυο κλουβιά Plexiglas (20X20X20 cm) που περιείχαν 10 αναπαραγωγικά ώριμα θηλυκά και 10 αρσενικά της μύγας της Μεσογείου. Οι καρποί προσφέρθηκαν στα θηλυκά για 2 ώρες. Στην συνέχεια αφαιρέθηκαν από τα κλουβιά και καταμετρήθηκε ο αριθμός των νυγμάτων φωτοκίας σε κάθε καρπό και το σύνολο των αυγών εντός κάθε νύγματος φωτοκίας με την χρήση του στερεοσκοπίου.



Εικόνα 2.4: Νεκταρίνια που αποτελούσαν τον μάρτυρα πάνω σε απορροφητικό χαρτί μετά την εμφάπτισή τους σε νερό.



Εικόνα 2.5: Οι καρποί διατηρούνταν ατομικά σε γιαουρτόκουτα πάνω σε στρώμα αποστειρωμένης άμμου μέχρι την ολοκλήρωση της νόμφωσης.

3.3 Έλεγχος αποτελεσματικότητας του acetamiprid σε τεχνητή τροφή (gel)

Η αποτελεσματικότητα του εντομοκτόνου ελέγχθηκε επιπρόσθετα και κατά των αυγών και των προνυμφών 1^{ου} σταδίου της μύγας της Μεσογείου που αναπτύσσονταν σε τεχνητή τροφή. Η τεχνητή τροφή είχε τη μορφή gel και περιλάμβανε τα παρακάτω συστατικά: 61,2 gr μαγιά μύρας, 36,54 gr κρυσταλλική ζάχαρη, 600 mg νιπαγίνη, 6,9 gr κιτρικό οξύ, 3 gr άγαρ, 600 mg βενζοϊκό νάτριο, 0,6 ml wheat germ oil και 300 ml νερό. Η διαδικασία προετοιμασίας της τεχνητής τροφής περιλάμβανε την ανάμιξη των στερεών υλικών με την μισή ποσότητα νερού στο μπλέντερ, έως ότου να ομογενοποιηθούν επαρκώς. Η υπόλοιπη ποσότητα νερού θερμάνθηκε με το άγαρ σε φούρνο μικροκυμάτων για περίπου 2,5 λεπτά μέχρι το σημείο βρασμού. Στη συνέχεια το άγαρ προστέθηκε στο αρχικό μίγμα και τα υλικά αναμίχθηκαν ξανά στο μπλέντερ μέχρι το μίγμα να ομογενοποιηθεί. Η παραπάνω ποσότητα τροφής μοιράστηκε σε 15 γυάλινα τριβλία διαμέτρου 8 cm (Εικόνα 2.6).

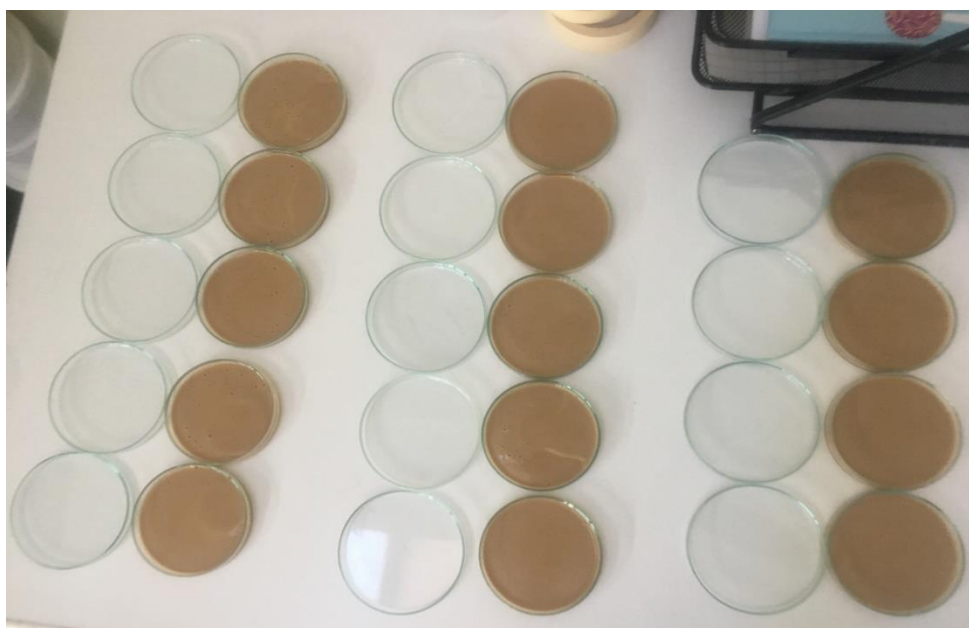
Στη συνέχεια, με τη βοήθεια μαλακού πινέλου απλώθηκαν σε κάθε τριβλίο 100 αυγά της μύγας της Μεσογείου (φυλή Μπενάκειο), που προήλθαν από την εκτροφή που διατηρείται στο Εργαστήριο. Για την παραγωγή των αυγών της φυλής Μπενάκειο ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Μετά την ολοκλήρωση της προετοιμασίας των τριβλίων με το gel, τοποθετήθηκε ένα κοίλο πλαστικό ημισφαίριο κόκκινου χρώματος (dome), διαμέτρου 5 cm και πάχους 1,5 mm σε ένα ξύλινο κλουβί εκτροφής της φυλής Μπενάκειο για 24 ώρες (Εικόνα 2.7). Το ημισφαίριο έφερε 40-50 οπές ωοτοκίας μέσα στις οποίες τα θηλυκά άτομα της μύγας της Μεσογείου τοποθετούσαν τον ωοθέτη τους και εναπέθεταν τα αυγά τους. Επίσης, τα ημισφαίρια βρίσκονταν πάνω σε ένα τριβλίο το οποίο περιείχε νερό και χυμό πορτοκαλιού, καθώς αυτά προσέφεραν την απαραίτητη υγρασία και το άρωμα εσπεριδοειδών που συνέβαλλαν στη διέγερση της ωοτοκίας των θηλυκών (Εικόνα 2.8, 2.9). Την επόμενη ημέρα, το κοίλο ημισφαίριο (dome), αφαιρέθηκε από το ξύλινο κλουβί εκτροφής (Εικόνα 2.10) και με την βοήθεια ενός μαλακού πινέλου πραγματοποιήθηκε η μεταφορά των αυγών στα τριβλία. Σε κάθε τριβλίο τοποθετήθηκαν 100 αυγά (Εικόνα 2.11). Συνολικά ετοιμάστηκαν 15 τριβλία τα οποία διατηρήθηκαν στις σταθερές συνθήκες του εντομοδοματίου για 24 ώρες.

Την επόμενη ημέρα σε 5 τριβλία εφαρμόστηκε 1 mL διαλύματος συγκέντρωσης 1 μL acetamiprid σε 1 mL νερού (150 mL Profil ανά στρέμμα), σε άλλα 5 τριβλία εφαρμόστηκε 1 mL διαλύματος συγκέντρωσης 1,34 μL acetamiprid σε 1 mL νερού (200 mL Profil ανά στρέμμα), και στα υπόλοιπα 5 τριβλία εφαρμόστηκε 1 mL νερού

και αποτέλεσαν τον μάρτυρα. Κάθε τριβλίο τοποθετήθηκε ατομικά σε γιαουρτόκουτο, πάνω σε λεπτό στρώμα αποστειρωμένης άμμου και μετά από 7 με 10 ημέρες καταγράφηκε ο αριθμός των νυμφών σε κάθε γιαουρτόκουτο (Εικόνα 2.12, 2.13). Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε με εφαρμογή του εντομοκτόνου 3 ημέρες μετά την απόθεση των αυγών στο Gel προκειμένου να αξιολογηθεί η δράση του σκευάσματος σε προνύμφες πρώτου σταδίου.

3.4 Στατιστική ανάλυση

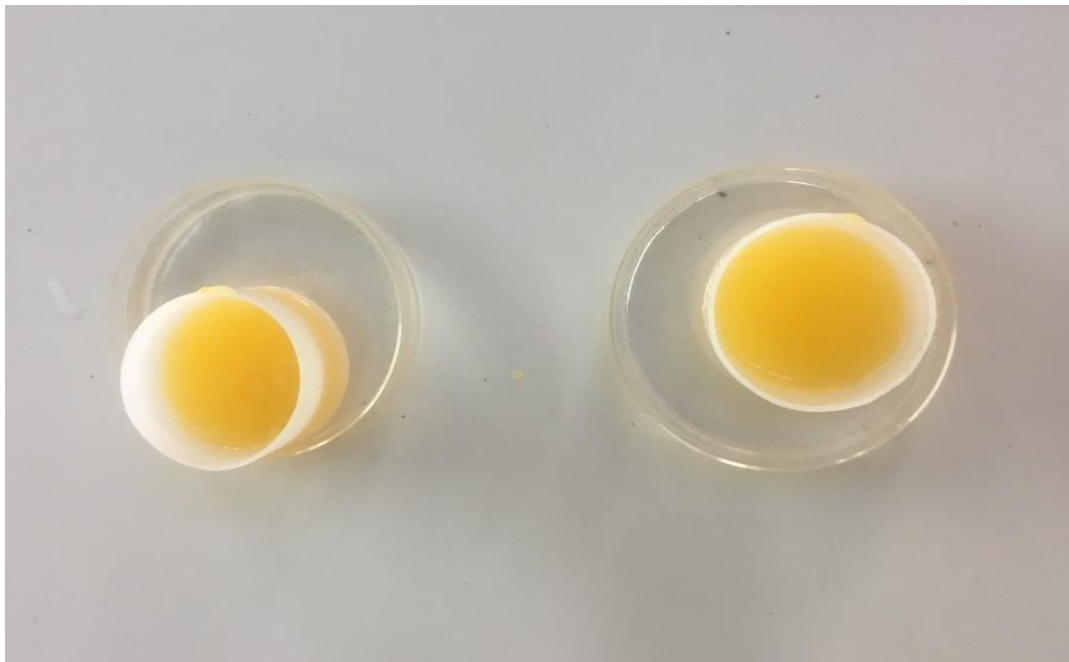
Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Η επίδραση του υποστρώματος ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων τη μύγας της Μεσογείου, της συγκέντρωσης του Acetamiprid, του χρονικού διαστήματος από την ωτοκία των θηλυκών έως την εφαρμογή του, καθώς και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων, στον αριθμό των νυμφών που εξήλθαν από τους καρπούς και από την τεχνητή τροφή, εξετάστηκε με τη μονοπαραγοντική Ανάλυση Παραλλακτικότητας (Two Way ANOVA). Οι ανά δύο συγκρίσεις του αριθμού των ατόμων που νυμφώθηκαν μετά την εφαρμογή των διαφορετικών συγκεντρώσεων του εντομοκτόνου και του μάρτυρα πραγματοποιήθηκε με το κριτήριο Tukey's HSD.



Εικόνα 2.6: Γυάλινα τριβλία στα οποία έχει τοποθετηθεί τεχνητή τροφή (gel).



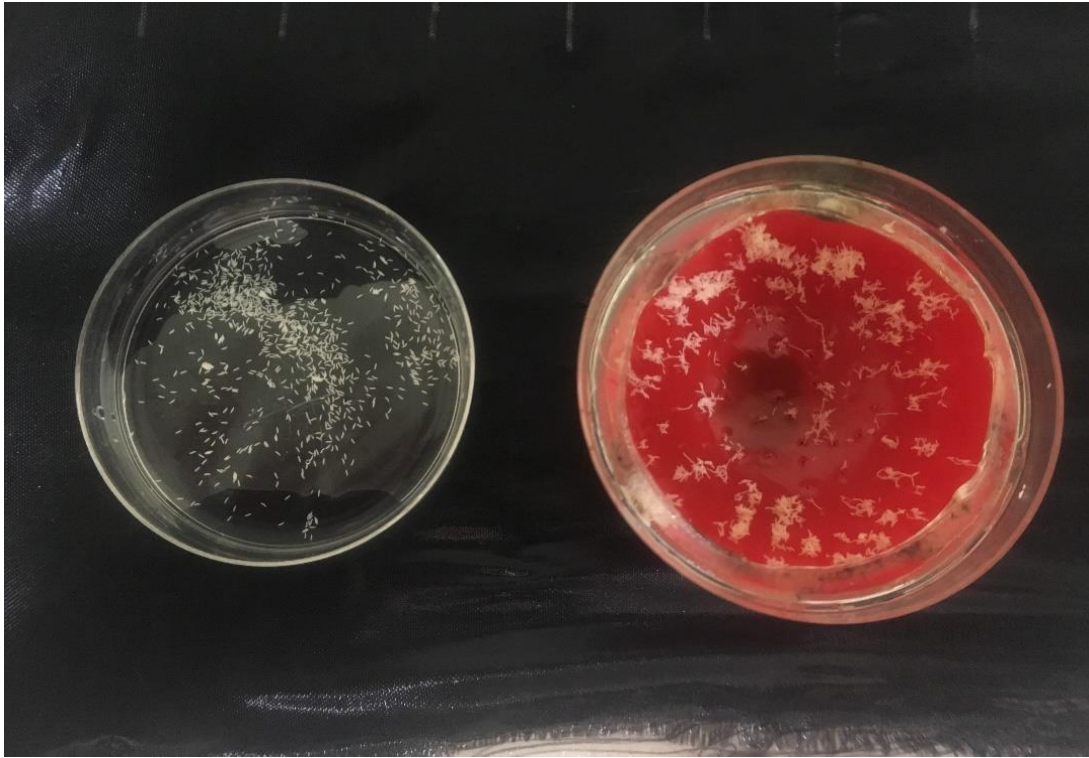
Εικόνα 2.7: Κοίλα διάτρητα πλαστικά ημισφαίρια κόκκινου χρώματος (dome) τοποθετημένα πάνω στα τριβλία.



Εικόνα 2.8: Χυμός πορτοκαλιού μέσα σε τριβλία με νερό.



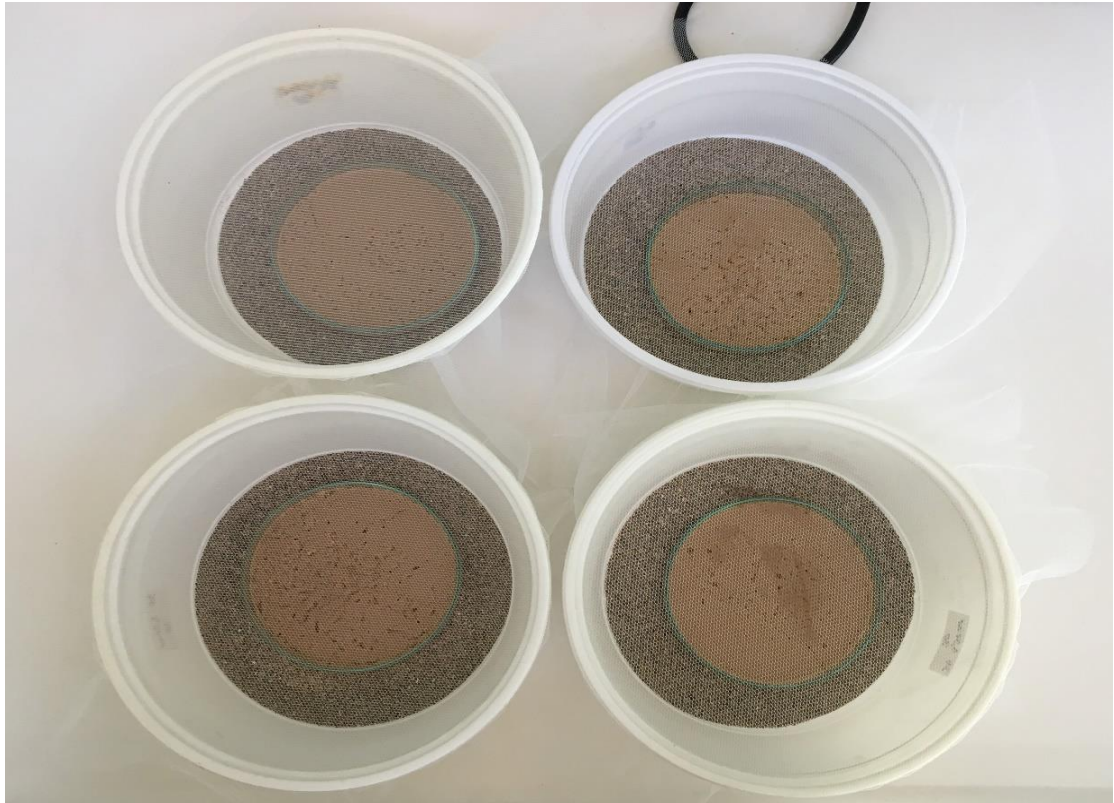
Εικόνα 2.9: Θηλυκό της μύγας της Μεσογείου τη στιγμή της ωοτοκίας στο κοίλο ημισφαίριο κόκκινου χρώματος που αποτελούσε το τεχνητό υπόστρωμα ωοτοκίας.



Εικόνα 2.10: Εσωτερικό του τεχνητού υποστρώματος φωτοκίας (dome) γεμάτο με αυγά της μύγας της Μεσογείου.



Εικόνα 2.11: 100 αυγά της μύγας της Μεσογείου απλωμένα στο τριβλίο με την τεχνητή τροφή.



Εικόνα 2.12: Τριβλία με τεχνητή τροφή όπου αναπτύσσονταν οι προνύμφες της μύγας της Μεσογείου τοποθετημένα ατομικά σε γαιουρτόκουτα.





Εικόνα 2.13: Διατροφή και ανάπτυξη προνυμφών της μύγας της Μεσογείου σε τριβλίο με τεχνητή τροφή (gel).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελεσματικότητα του acetamiprid σε φυσικό ξενιστή

4.1.1 Ωοτοκία των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου σε νεκταρίνια

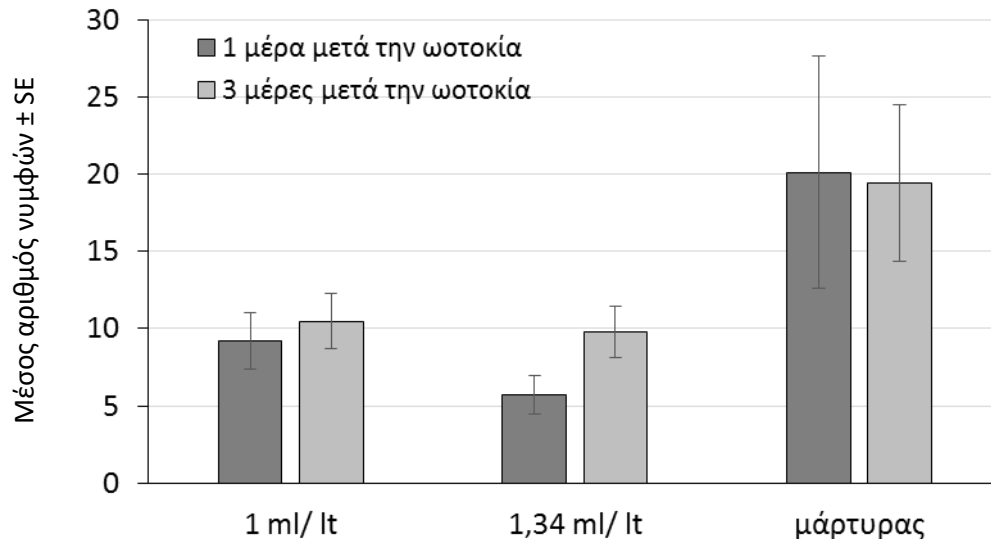
Στον Πίνακα 3 δίνεται ο μέσος αριθμός νυγμάτων ωοτοκίας ανά κάπρο, ο μέσος αριθμός αυγών ανά νύγμα ωοτοκίας και ο μέσος αριθμός αυγών ανά καρπό νεκταρινιών. Οι καρποί προσφέρθηκαν στα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου για δύο ώρες προκειμένου στη συνέχεια να εκτιμηθεί η δυναμική ωοτοκίας τους για το χρονικό διάστημα αυτό, στους συγκεκριμένους καρπούς. Στα πειράματα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας του acetamiprid, χρησιμοποιήθηκαν καρποί νεκταρινιών οι οποίοι προσφέρονταν στα θηλυκά της μύγας της Μεσογείου για το χρονικό διάστημα (2 ώρες).

Πίνακας 3: Μέσος αριθμός νυγμάτων ωοτοκίας ανά καρπό, αυγών ανά νύγμα ωοτοκίας και αυγών ανά καρπό νεκταρινιών με τα τυπικά σφάλματα.

Νύγματα/ καρπό \pm SE	Αυγά/ νύγμα \pm SE	Αυγά/ καρπό \pm SE
16,3 \pm 1,55	4,62 \pm 0,38	54,56 \pm 7,85

4.1.2 Αποτελεσματικότητα του acetamiprid στα νεκταρίνια

Στο Διάγραμμα 1 δίνεται ο μέσος αριθμός νυμφών που προήλθαν από νεκταρίνια τα οποία ωοτοκήθηκαν από θηλυκά της μύγας της Μεσογείου. Σε αυτά, εφαρμόστηκαν 2 διαφορετικές συγκεντρώσεις του εντομοκτόνου (1 mL/L και 1,34 mL/L) 1 και 3 ημέρες μετά την ωοτοκία. Η στατιστική ανάλυση (Univariate ANOVA) έδειξε ότι το εντομοκτόνο μείωσε σημαντικά τη νύμφωση στα νεκταρίνια, ανεξάρτητα από την συγκέντρωση η οποία εφαρμόστηκε και από το διάστημα που μεσολάβησε μετά την ωοτοκία στους καρπούς ($F = 7,49$, $df = 2, 219$, $P < 0,001$). Τα ποσοστά νύμφωσης δε διέφεραν όταν το εντομοκτόνο εφαρμόστηκε 1 ή 3 ημέρες μετά την ωοτοκία στους καρπούς ($F = 0,48$, $df = 1,219$, $P = 0,49$). Αναλυτικότερα, ο μέσος αριθμός ατόμων που κατάφεραν να νυμφωθούν από τα νεκταρίνια στα οποία εφαρμόστηκε συγκέντρωση εντομοκτόνου του 1mL/L ήταν 9,2 όταν η εφαρμογή έγινε την 1^η ημέρα μετά την ωοτοκία και 10,5 όταν η εφαρμογή έγινε 3 ημέρες μετά τη ωοτοκία των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου. Επιπλέον, ο μέσος αριθμός ατόμων που κατάφεραν να νυμφωθούν στα νεκταρίνια στα οποία εφαρμόστηκε συγκέντρωση εντομοκτόνου των 1,34 mL/L ήταν 5,7 όταν η εφαρμογή έγινε την 1^η ημέρα μετά την ωοτοκία και 9,8 όταν η εφαρμογή έγινε 3 ημέρες μετά την ωοτοκία των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου. Τέλος για τα νεκταρίνια που εμβολτίστηκαν με νερό και αποτέλεσαν το μάρτυρα, ο μέσος αριθμός ατόμων που κατάφεραν να νυμφωθούν ήταν 20,1 όταν η εμβόλιση έγινε 1 ημέρα μετά την ωοτοκία και 19,4 την 3^η ημέρα μετά την ωοτοκία των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου.

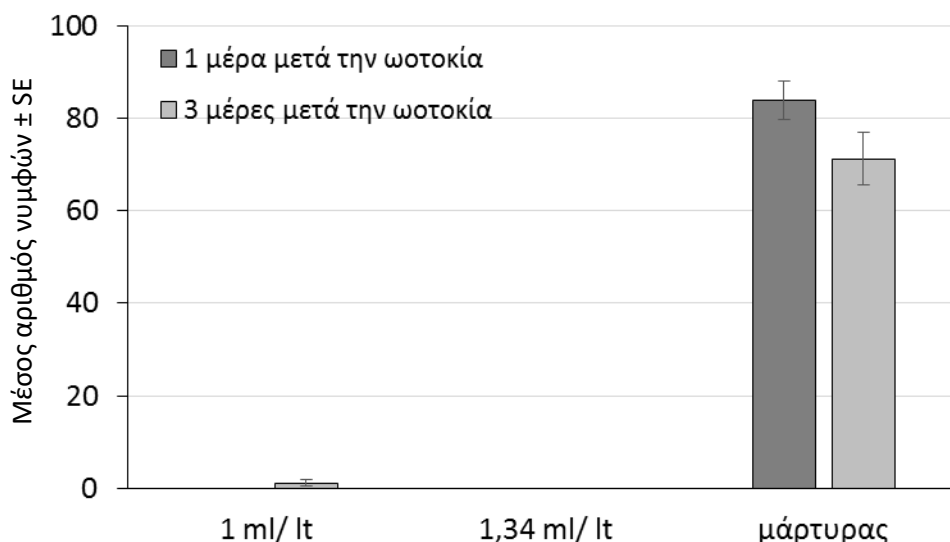


Διάγραμμα 1: Μέσος αριθμός νυμφών που εξήλθαν από νεκταρίνια στα οποία εφαρμόστηκε εντομοκτόνο σε συγκέντρωση 1 mL/ L και 1,34 mL/ L, 1 και 3 ημέρες μετά την ωοτοκία των θηλυκών της μύγας της Μεσογείου.

4.2 Αποτελεσματικότητα του acetamiprid σε τεχνητή τροφή

Στο Διάγραμμα 2 δίνεται ο μέσος αριθμός νυμφών που προήλθαν από τεχνητή τροφή στην οποία αποτέθηκαν 100 αυγά της μύγας της Μεσογείου και εφαρμόστηκαν 2 διαφορετικές συγκεντρώσεις (1,34 mL/L, 1 mL/L) του εντομοκτόνου, 1 και 3 ημέρες μετά την απόθεση των αυγών. Και σε αυτή την περίπτωση, η στατιστική ανάλυση (Univariate ANOVA) έδειξε ότι το εντομοκτόνο μείωσε σημαντικά τη νύμφωση στην τεχνητή τροφή, ανεξάρτητα από τη συγκέντρωση στην οποία εφαρμόστηκε και από το διάστημα που μεσολάβησε από την απόθεση των αυγών στην τροφή ($F = 488,33$, $df = 2,29$, $P < 0,001$). Τα ποσοστά νύμφωσης δε διέφεραν όταν το εντομοκτόνο εφαρμόστηκε 1 ή 3 ημέρες μετά την απόθεση των αυγών στην τεχνητή τροφή ($F = 2,66$, $df = 1,29$, $P = 0,17$). Αναλυτικότερα, καμία νύμφη δεν εξήλθε από την τεχνητή τροφή όπου εφαρμόστηκε εντομοκτόνο σε συγκέντρωση 1 mL/L την 1^η ημέρα μετά την απόθεση αυγών, ούτε και από την τεχνητή τροφή όπου εφαρμόστηκε εντομοκτόνο σε συγκέντρωση 1,34 mL/L, τόσο την 1^η ημέρα όσο και 3 ημέρες μετά την απόθεση των αυγών. Ο μέσος αριθμός ατόμων που κατάφεραν να νυμφωθούν στην τεχνητή τροφή όπου εφαρμόστηκε συγκέντρωση 1 mL/L εντομοκτόνου την 1^η ημέρα μετά την απόθεση των αυγών ήταν 1,2. Τέλος, στην τεχνητή τροφή που αποτελούσε το μάρτυρα

ο μέσος αριθμός νυμφών που εξήλθαν ήταν 83,8 και 71,2, αντίστοιχα για την εφαρμογή του νερού 1 και 3 ημέρες μετά την απόθεση αυγών.



Διάγραμμα 2: Μέσος αριθμός νυμφών που εξήλθαν από την τεχνητή τροφή όπου εφαρμόστηκε εντομοκτόνο σε συγκέντρωση 1mL/L και 1,34 mL/L, 1 και 3 ημέρες μετά την απόθεση των αυγών από θηλυκά της μύγας της Μεσογείου. Τα ζεύγη ράβδων που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν σημαντικά ($P < 0.05$).

4.3 Σύγκριση αποτελεσματικότητας acetamiprid σε φυσικούς ξενιστές και σε τεχνητή τροφή

Οι προνύμφες της μύγας της Μεσογείου που κατάφεραν να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους και να νυμφωθούν ήταν σημαντικά λιγότερες όταν το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε τεχνητή τροφή σε σχέση με τα νεκταρίνια ($F = 30,31$, $df = 1$, $P < 0,001$), ανεξάρτητα από τη συγκέντρωση του εντομοκτόνου που εφαρμόστηκε στα δύο υποστρώματα (τεχνητή τροφή, νεκταρίνια) και από το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την ωοτοκία / απόθεση των αυγών έως την εφαρμογή του εντομοκτόνου. Ακόμη, η αλληλεπίδραση ανάμεσα στη συγκέντρωση του εντομοκτόνου (1 mL/L και 1,34 mL/L) και στο υπόστρωμα εφαρμογής (νεκταρίνια, τεχνητή τροφή) ήταν επίσης σημαντική ($F = 72,29$, $df = 1$, $P < 0,001$) καταδεικνύοντας ότι οι διαφορές στα ποσοστά νύμφωσης μεταξύ των μεταχειρίσεων και του μάρτυρα ήταν πολύ μεγαλύτερες στην περίπτωση που η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε τεχνητή τροφή σε σχέση με τα νεκταρίνια. Τέλος,

παρατηρήθηκε υψηλή παραλλακτικότητα στον αριθμό των νυμφών που εξήλθαν από τα νεκταρίνια του μάρτυρα σε σχέση με τον αριθμό των νυμφών που προήλθαν από τα τριβλία με την τεχνητή τροφή που αποτελούσαν τον μάρτυρα (Διαγράμματα 1 και 2). Το γεγονός αυτό, οφείλεται στη μη σταθμισμένη ωτοκία των θηλυκών σε κάθε καρπό νεκταρινιού.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής διατριβής έδειξαν ότι το εντομοκτόνο PROFIL Extra 5 SL με δραστική ουσία το acetamiprid δρα ικανοποιητικά για τον έλεγχο των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου. Η θνησιμότητα αυγών και προνυμφών στην τεχνητή τροφή άγγιξε το 100% μετά από εφαρμογή και των δύο συγκεντρώσεων που ελέγχθηκαν, ενώ η νύμφωση στην τεχνητή τροφή που αποτελούσε το μάρτυρα κυμάνθηκε σε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα, ξεπερνώντας το 70%. Στην περίπτωση της εφαρμογής του εντομοκτόνου σε φυσικό ξενιστή (νεκταρίνι), με εμφάνιση του καρπού, τα επίπεδα αποτελεσματικότητας του acetamiprid ήταν χαμηλότερα σε σχέση με την τεχνητή τροφή. Ωστόσο, τα ποσοστά νύμφωσης στα νεκταρίνια όπου εφαρμόστηκε το εντομοκτόνο ήταν σημαντικά χαμηλότερα σε σχέση με αυτά των νεκταρινιών που αποτέλεσαν τον μάρτυρα. Τα παραπάνω αποδεικνύουν ότι το acetamiprid έχει διασυστηματική δράση και μπορεί να στοχεύσει τα ανήλικα στάδια της μύγας της Μεσογείου. Η αδυναμία του σκευάσματος να προκαλέσει καθολική θνησιμότητα στα ανήλικα στάδια του εντόμου εντός των νεκταρινιών ενδεχομένως να οφείλεται (α) στη μηχανική προφύλαξη που προσδίδει ο καρπός στα αυγά και στις προνύμφες που αναπτύσσονται εντός του και (β) στη μειωμένη διασυστηματική δράση του εντομοκτόνου σε καρπούς που έχουν απομακρυνθεί από το δέντρο.

Η εφαρμογή του εντομοκτόνου σε τριβλία με τεχνητή τροφή τα οποία στην επιφάνειά τους έφεραν αυγά ή προνύμφες πρώτου σταδίου της μύγας της Μεσογείου είχαν σαν συνέπεια την άμεση επαφή τους με το εντομοκτόνο και πιθανώς την πρόκληση οξείας τοξικότητας κατά την εφαρμογή. Το μικρό ποσοστό των ατόμων που κατάφεραν να νυμφωθούν στην περίπτωση εφαρμογής της αραιής συγκέντρωσης του σκευάσματος (1mL/L), τρεις ημέρες μετά την απόθεση των αυγών στο τεχνητό υπόστρωμα (gel) πιθανώς να οφείλεται στην αμεσότητα κάποιων από τις προνύμφες να εισχωρήσουν στο εσωτερικό του διατροφικού υποστρώματος με αποτέλεσμα την

αποφυγή της τοξικής δράσης του εντομοκτόνου. Αντίστοιχα, στην περίπτωση των νεκταρινιών η μηχανική προστασία που παρείχε το μέσο ανάπτυξης των προνυμφών, δηλαδή ο καρπός, ήταν σημαντικά εμφανέστερη αφού ένας μικρός αριθμός προνυμφών κατάφερε να ολοκληρώσει την ανάπτυξή του και να νυμφωθεί και στις δύο συγκεντρώσεις του εντομοκτόνου.

Κατά το στάδιο αύξησης και ωρίμασης του καρπού πραγματοποιείται η διόγκωση των ιστών του, με τη διαδικασία αυτή να περιλαμβάνει τη μεταφορά θρεπτικών συστατικών από τα φύλλα και άλλα όργανα του φυτού προς τον καρπό (Taiz and Zeiger, 2013). Κατά την παραπάνω περίοδο, κυριαρχεί συνεχής ροή υλικών στο εσωτερικό του καρπού μέσω ενεργητικής και παθητικής μεταφοράς από τα σημεία θρέψης του φυτού προς τον καρπό, αλλά και μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων του καρπού. Η διακοπή των φυσιολογικών διεργασιών ανάπτυξης και ωρίμανσης των καρπών μετά τη συγκομιδή, περιλαμβάνει τη μείωση των ρυθμών κυκλοφορίας των χυμών στο εσωτερικό τους και την έναρξη της γήρανσης (Taiz and Zeiger, 2013). Η διασυστηματική δράση του εντομοκτόνου μετά από την εμβάπτιση των καρπών, ενδεχομένως να ήταν μειωμένη στα νεκταρίνια που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα της παρούσας διατριβής. Οι καρποί που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονταν από εμπορικούς οπωρώνες και πιθανώς να είχαν συγκομιστεί από τον αγρό και διατηρηθεί πριν τη διάθεσή τους για αρκετό καιρό.

Μελλοντική διερεύνηση της αποτελεσματικότητας νεονικοτινοειδών και άλλων ομάδων εντομοκτόνων κατά των ανήλικων σταδίων της μύγας της Μεσογείου θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε πειράματα αγρού. Η μελέτη της αποτελεσματικότητάς τους με εφαρμογή σε καρπούς που βρίσκονται στο δέντρο, οι οποίοι μετά τον ψεκασμό θα συγκομίζονται και θα προσφέρονται σε θηλυκά της μύγας της Μεσογείου για ωοτοκία, πιθανόν να οδηγήσουν σε πολύ διαφορετικά ή/και ενθαρρυντικότερα αποτελέσματα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Ελληνική βιβλιογραφία

1. Ζιώγας Ν. Β. και Μαρκόγλου Ν. Α., 2017. Γεωργική Φαρμακολογία. Εκδόσεις Greenbooks Publications, Αθήνα.
2. Τζανακάκης Ε. Μ. και Κατσογιάννος Ι. Β., 1998, 2003. Έντομα καρποφόρων δέντρων και αμπέλου. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθηνά.
3. Τζανακάκης Ε. Μ., 1995. Εντομολογία. Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων και Περιοδικών, Θεσσαλονίκη.

6.2 Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

4. Buszewski B., Bukowska M., Ligor M., Staneczko-Baranowska I., 2019. A holistic study of neonicotinoids neuroactive insecticides-properties, applications, occurrence, and analysis. *Environmental Science and Pollution Research* 26:34723-34740.
5. Casida J. and Durkin A.K., 2013. Neuroactive Insecticides: Targets, Selectivity, Resistance, and Secondary Effects. *Annual Review of Entomology* 58(1):99-117.
6. Dyck A.V., Hendrichs J., Robinson S.A., 2005. Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management. Publisher Springer, Netherlands.
7. Enkerlin E, Garcia L, Lopez F, 1989. Mexico, Central and South America. In: Robinson AS, Hooper G, eds. Fruit Flies; Their Biology, Natural Enemies and Control. *World Crop Pests* 3(A). Publisher Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 83-90.
8. Fimiani P, 1989. Pest status: Mediterranean region. In: Robinson AS, Hooper G, eds. Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control. *World Crop Pests*, 3(A):37-50. Publisher Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
9. Gonzalez J. & Troncoso P., 2007. The fruit fly exclusion programme in Chile, pp. 641–651. In M.J.B. Vreysen, A.S. Robinson, and J. Hendrichs (eds.), *Area-wide control of insect pests: from research to field implementation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

10. Haniotakis G., Kozyakis T., Fitsakis T. and Antonidaki A., 1991. An effective mass trapping method for the control of *Dacus oleae* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 84-(2): 564-569.
11. Jeschke P. and Nauen R., 2008. Neonicotinoids-from zero to hero in insecticide chemistry. *Pest Management Science* 64:1084-1098.
12. Jeschke P., Nauen R., Schindler M., Elbert A., 2011. Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(7):2897-2908.
13. Katsoyannos P., 1996. Integrated Insect Pest Management for Citrus, In Northern Mediterranean Countries. Benakio Phytopathological Institute, Athens. Pp: 67.
14. Liburd E. O., Holler C. T., Moses L. A., 2004. Toxicity of Imidacloprid-Treated Spheres to Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) and Its Parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in the laboratory. *J. Econ. Entomol.* 97(2): 525-529.
15. Liquido NJ, Shinoda LA, Cunningham RT, 1991. Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): an annotated world review. *Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America*, 77:1-52.
16. Malacrida R. A., Guglielmino R. C., Gasperi G., Baruffi L., Milani R., 1992. Spatial and temporal differentiation in colonizing populations of *Ceratitis capitata*. *The Genetical Society of Great Britain. Heredity* 69, 101–111.
17. Matsuda K., Kanaoka S., Akamatsu M., Sattelle B. D., 2009. Diverse Actions and Target-Site Selectivity of Neonicotinoids: Structural Insights. *Molecular Pharmacology* 76:1-10.
18. Nakayama A., Sukekawa M., Eguchi Y., 1996. Stereochemistry and Active Conformation of a Novel Insecticide, Acetamiprid. *Pesticide Science* 51:157-164.
19. Nauen R. and Denholm I. 2005. Resistance of Insect Pests of Neonicotinoids Insecticides: Current Status and Future Prospects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 58:200-215.
20. Pang S., Lin Z., Zhang W., Mishra S., Bhatt. P., Chen. S., 2020. Insights Into the Microbial Degradation and Biochemical Mechanisms of Neonicotinoids. *Frontiers in Microbiology* 11:868.

21. Papadopoulos T. N., 2008. Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). In Encyclopedia of Entomology, Capinera L. J., Publisher Springer, Netherlands, pp. 2318– 2322.
22. Papadopoulos T. N., Katsoyannos I. B., Carey R. J., Koulousis A. N., 2001. Seasonal and Annual Occurrence of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in Northern Greece. Annals of the Entomological Society of America, Volume 94, Issue 1, 1 January 2001, Pages 41–50.
23. Radonjic S., Cizmovic M., Pereira R., 2013. Population Dynamics of the Mediterranean Fruit Fly in Montenegro. International Journal of Insect Science 5(1):2020.
24. Robinson S. A., 2002. Genetic Sexing Strains in the Medfly, *Ceratitis capitata*: Development, Mass Rearing and Field Application, Trends Entomol, 2: 81-104.
25. Rondeau G., Sanchez-Bayo F., Tennekes A. H., Decourtye A, Ramirez-Romero R., Desneux N., 2014. Delayed and time-cumulative toxicity of imidacloprid in bees, ants and termites. Scientific Reports 4(5566):8.
26. Prokopy R. J., Jacome I., Pinero J., Guillen L., Fleischer D. F., Hu. X., Aluja M., 2000 .Post-alighting responses of Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae) to different insecticides in paint on attractive spheres. Journal of Applied Entomology 124, 239-244.
27. Siebert, J. B. & Cooper, T. Embargo on California produce would cause revenue, job loss. Calif. Agric. 49, 7–12 (1995).
28. Szyniszewska A. and Tatem A., 2014. Global Assessment of Seasonal Potential Distribution of Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Plos One 9(11): e111582.
29. Taiz L. and Zeiger E., 2015. Plant Physiology. Εκδόσεις Utopia, Αθήνα.
30. Thomas C. M., Heppner B. J., Woodruff E. R., Weems V. H., Steck J. G., Fasulo R. T., 2001. Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Insecta: Diptera: Tephritidae). Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension.
31. Tomizawa M. and Casida E. J., 2004. Neonicotinoids Insecticide Toxicology: Mechanisms of Selective Action. Annual Reviews of Pharmacology and Toxicology 45:247-268.

32. Yamada T., Takahashi H., Halano R., 1999. A Novel Insecticide, Acetamiprid.
In: Yamamoto I. and Casida E. J. (eds), Nicotinoid Insecticides and the
Nicotinic Acetylcholine Receptor. Publisher Springer, Tokyo, pp 149-176.

6.3 Βιβλιογραφία από ιστοσελίδες

33. Profil extra SSL, 2017. <https://www.efthymiadis.gr/default.aspx?lang=el-GR&page=447&prodid=1968>.
34. PubChem [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2004-. PubChem Compound Summary for CID213021, Acetamiprid.
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetamiprid>. (Accessed October 2020).
35. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2019. Δελτίο Γεωργικών Προειδοποιήσεων Φυτοπροστασίας.
http://www.minagric.gr/images/stories/docs/nea/GEORGPPOEIDOPOIHSEI S/PATRA/2019/esperidoeidh_070520.pdf.