



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
& ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Διαχείριση ανθεκτικότητας της πράσινης αφίδας της ροδακινιάς,  
*Myzus persicae* (Sulzer) σε καλλιέργειες ροδακινιάς στη Β. Ελλάδα

**Νικόλαος Ν. Παπαθανασιάδης**

Επιβλέπων καθηγητής:  
Ιωάννης Βόντας, Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ 2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΑΣ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Διαχείριση ανθεκτικότητας της πράσινης αφίδας της ροδακινιάς,  
*Myzus persicae* (Sulzer) σε καλλιέργειες ροδακινιάς στη Β. Ελλάδα

Resistance management of the green peach aphid,  
*Myzus persicae* (Sulzer) in peach crops in N. Greece

**Νικόλαος Ν. Παπαθανασιάδης**

Εξεταστική επιτροπή:

Ιωάννης Βόντας, Καθηγητής Γ.Π.Α. (επιβλέπων)

Ιωάννης Μαργαριτόπουλος, Εντεταλμένος Ερευνητής ΕΛΓΟ - ΔΗΜΗΤΡΑ

Φωτεινή Φλουρή, Λέκτορας Γ.Π.Α.

**Διαχείριση ανθεκτικότητας της πράσινης αφίδας της ροδακινιάς, *Myzus persicae* (Sulzer) σε καλλιέργειες ροδακινιάς στη Β. Ελλάδα**

ΠΜΣ Ολοκληρωμένα Συστήματα Φυτοπροστασίας & Διαχείρισης του Περιβάλλοντος  
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής  
Εργαστήριο Φαρμακολογίας

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αφίδα *Myzus persicae* sl (Hemiptera: Aphididae) είναι σημαντικός εχθρός πολλών καλλιεργειών παγκοσμίως με πολύπλοκο βιολογικό κύκλο, ελέγχεται κυρίως από χημικά εντομοκτόνα και έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα / αντοχή σε πολλά από τα χρησιμοποιημένα εντομοκτόνα. Στην Ελλάδα, η αφίδα παρουσιάζει υψηλή γενετική παραλλακτικότητα και προσαρμοστικότητα και αποτελεί κλασικό παράδειγμα εξέλιξης.

Στην παρούσα διατριβή, αναφέρονται πληροφορίες για τη καλλιέργεια της ροδακινιάς στη χώρα μας. Τονίζεται η οικονομική της σημασία τόσο για τη χώρα μας όσο και για τους ίδιους τους ροδακινοπαραγωγούς. Υπάρχουν ενδεικτικοί πίνακες που απεικονίζουν με αριθμούς τον όγκο παραγωγής συμπύρηνου αλλά και επιτραπέζιου ροδάκινου. Οι εισφορές που αποφέρει στο κράτος είναι πολύτιμες οπότε και η διαχείρισή της καλλιέργειας θα πρέπει να γίνεται υπεύθυνα.

Παρουσιάζεται συνοπτικά το πρόγραμμα φυτοπροστασίας, το κατ' εκτίμηση κόστος αυτού ανά καλλιεργητική περίοδο και αναλύθηκαν οι σημαντικότεροι εχθροί και ασθένειες.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της αφίδας στην Ελλάδα και με τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας.

Έπειτα ακολουθεί το πειραματικό σκέλος της διατριβής, θα αναλυθούν τα υλικά και οι μέθοδοι των πειραμάτων. Συλλέχθηκαν δείγματα *M. persicae* από ροδακινιά από τη Βόρεια Ελλάδα (Ν. Πέλλας και Ν. Ημαθίας), με σκοπό να αναλυθεί ο βαθμός ανθεκτικότητας που έχουν αναπτύξει σε 4 εντομοκτόνα (flupyradifurone, sulfoxaflor, flonicamid και acetamiprid)

Οι επισκέψεις στα κτήματα ήταν συχνές, η εμφάνιση των αφίδων δεν άργησε. Τις πρώτες ημέρες του Ιουνίου, οι πρώτοι πληθυσμοί στους νέους τρυφερούς βλαστούς των δέντρων της ροδακινιάς ήταν πλέον αρκετά διακριτοί. Επόμενο στάδιο ήταν η συλλογή και η αποστολή των δειγμάτων στο Τμήμα Φυτοπροστασίας Βόλου του Ινστιτούτου Βιομηχανικών & Κτηνοτροφικών Φυτών του ΕΛΓΟ - ΔΗΜΗΤΡΑ όπου και πραγματοποιήθηκε και το εργαστηριακό μέρος της διατριβής.

Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών σε 4 κλώνους της αφίδας, έδειξαν πολύ χαμηλούς ως χαμηλούς Συντελεστές Ανθεκτικότητας (ΣΑ) στα εντομοκτόνα sulfoxaflor (1,3 - 1,8) , acetamiprid ( 2,6 - 6,0 ) και flonicamid (4,2 - 4,6). Το flupyradifurone έδειξε ΣΑ αρκετά υψηλότερο (32,4 - 55,4) από τα προηγούμενα εντομοκτόνα. Σημαντικό να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι, το συγκεκριμένο εντομοκτόνο, δεν έχει έγκριση στη καλλιέργεια της ροδακινιάς. Όμως, έχει στη καλλιέργεια του καπνού και στα λαχανικά. Η πράσινη αφίδα μεταναστεύει στις παραπάνω καλλιέργειες από τη ροδακινιά τέλη άνοιξης με αρχές καλοκαιριού και το φθινόπωρο επιστρέφει στη ροδακινιά. Για αυτό κρίθηκε σημαντικό να αναλυθεί και η συγκεκριμένη δραστική ουσία. Το *M. persicae* σύμφωνα με τις δημοσιευμένες

έως τώρα μελέτες, είναι εχθρός που ελέγχεται δύσκολα και αναπτύσσει πληθυσμούς με ανθεκτικότητα σε διάφορα εντομοκτόνα. Σε αυτό συμβάλλουν οι επτά μηχανισμοί ανθεκτικότητας που έχουν περιγραφεί ως τώρα, η πίεση επιλογής από εφαρμογές εντομοκτόνων, καθώς και ορισμένα χαρακτηριστικά της βιοοικολογίας του είδους όπως : (i) υψηλή γενετική παραλλακτικότητα, (ii) διασπορά/μετανάστευση μεταξύ καλλιεργειών και τοποθεσιών, (iii) πολλές γενιές ανά έτος και, (iv) σύνθετος κύκλος ζωής.

**Επιστημονική Περιοχή:** Ανθεκτικότητα *M. Persicae*

**Λέξεις κλειδιά:** *Myzus Persicae*, ανθεκτικότητα, ροδακινιά, εντομοκτόνα.

## Resistance management of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) in peach crops in N. Greece

*MSc Integrated Plant Protection And Environmental Management Systems*  
*Department of Plant Production Science*  
*Pharmacology Laboratory*

### ABSTRACT

The aphid *Myzus persicae* sl (Hemiptera: Aphididae) is an important enemy of many crops worldwide with a complex life cycle, is mainly controlled by chemical insecticides and has developed resistance / resistance to many of the insecticides used. In Greece, the aphid shows high genetic variability and adaptability and is a classic example of evolution.

In this thesis, information is reported on the cultivation of the peach tree in our country. Its economic importance is emphasized both for our country and for the peach producers themselves. There are indicative tables that illustrate with numbers the volume of core and table peach production. The contributions it brings to the state are valuable so the management of the crop should be done responsibly.

The plant protection program is briefly presented, its estimated cost per growing season and the most important enemies and diseases were analyzed.

Next, literature data on the effectiveness of the insecticides used to control the aphid in Greece and on resistance mechanisms are presented.

Then follows the experimental part of the thesis, the materials and methods of the experiments will be analyzed. *M. persicae* samples were collected from peach trees from Northern Greece (N. Pellas and N. Imathias), in order to analyze the degree of resistance they have developed to 4 insecticides (flupyradifurone, sulfoxaflor, flonicamid and acetamiprid) The visits to the estates were frequent, the appearance of aphids did not take long. In the first days of June, the first populations on the young tender shoots of the peach trees were now quite distinct. The next stage was the collection and sending of the samples to the Volos Plant Protection Department of the Institute of Industrial & Livestock Plants of ELGO - DIMITRA where the laboratory part of the thesis was also carried out.

The results of bioassays on 4 aphid clones showed very low to low Resistance Coefficients (SA) to the insecticides sulfoxaflor (1.3 - 1.8), acetamiprid (2.6 - 6.0) and flonicamid (4.2 - 4,6). flupyradifurone showed significantly higher SA (32.4 - 55.4) than the previous insecticides. It is important to emphasize at this point that this particular insecticide is not approved for peach cultivation. But it has in the cultivation of tobacco and vegetables. The green aphid migrates to the above crops from the peach tree in late spring to early summer and returns to the peach tree in the fall. For this reason, it was considered important to analyze the specific active substance as well. *M. persicae*, according to the studies published so far, is an enemy that is difficult to control and develops populations with resistance to various insecticides. The seven resistance mechanisms that have been described so far, the selection pressure from insecticide applications, as well as certain features of the species' bioecology such as: (i) high genetic variability, (ii) dispersal/migration between crops and locations, (iii) contribute to this ) many generations per year and, (iv) complex life cycle.

**Scientific area:** Resistance *M. Persicae*

**Keywords:** *Myzus persicae*, resistance, peach, insecticide.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	6
<b>Γενικό μέρος</b>	7
1. Καλλιέργεια της Ροδακινιάς στη Β. Ελλάδα	7
2. Εχθροί & Ασθένειες της καλλιέργειας	9
3. Πρόγραμμα φυτοπροστασίας - Μέθοδοι αντιμετώπισης	10
4. Κόστος / στρέμμα στο πρόγραμμα φυτοπροστασίας	13
5. Σκοπός της διατριβής	14
<b>Ειδικό μέρος</b>	15
1. Εισαγωγή	15
2. Βιολογία	15
3. Χημική καταπολέμηση	16
4. Αναφορά παλαιών ερευνών ανθεκτικότητας στη <i>M. persicae</i>	16
5. Υλικά & μέθοδοι	21
5.1. Πληθυσμός αφίδων	21
5.2. Βιοδοκιμές εμφάνισης φύλλων	21
5.3. Στατιστική ανάλυση	22
6. Αποτελέσματα	23
7. Συζήτηση	27
8. Πηγές - Βιβλιογραφία	30

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Στην υλοποίηση της παρούσας διατριβής συνέβαλαν άνθρωποι τόσο από το ακαδημαϊκό όσο και από το οικογενειακό μου περιβάλλον, τους οποίους νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση της εργασίας αλλά και για την ηθική συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου, τον κ. Ιωάννη Βόντα Καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών του Εργαστηρίου Φαρμακολογίας, για την πολύτιμη βοήθεια, τη διάθεση να μου ανοίξει νέους ορίζοντες στην επιστήμη μας και να μου γνωρίσει σπουδαίους συναδέλφους και νέες ευκαιρίες. Τον ευχαριστώ επίσης, για όσα μας δίδαξε κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους με τις πολύτιμες διαλέξεις του.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Δρ. Ιωάννη Τ. Μαργαριτόπουλο Κύριο Ερευνητή στο τμήμα Φυτοπροστασίας Βόλου του Ινστιτούτου Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών, για την καθοδήγηση του και για το πραγματικό ενδιαφέρον του όλο αυτό το διάστημα που διήρκησε το πειραματικό σκέλος της εργασίας αλλά και στο κομμάτι που αφορά τη δομή και συγγραφή της παρούσας διατριβής. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τις συμβουλές του και τη διάθεση του για κάθε είδους συζήτηση σχετική με την διατριβή μου, τις αφίδες αλλά και γενικότερα για το κλάδο της γεωπονίας.

Επίσης σημαντική ήταν η βοήθεια της υποψήφιας Διδάκτορα Φιλοθέης Παπαδημητρίου στην εκτέλεση των πειραματικών εργασιών.

Να ευχαριστήσω επίσης την κ. Ευαγγελία Μώρου για τη γραφειοκρατική υποστήριξή της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στην εξεταστική επιτροπή για τις υποδείξεις και διορθώσεις της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, τα αγαπημένα μου πρόσωπα και όσους ήταν δίπλα μου με κάθε τρόπο, συμβάλλοντας στην ολοκλήρωση ενός μεγάλου προσωπικού στόχου με κάθε κόστος. Τους είμαι ευγνώμων για την υπομονή τους, τη κατανόηση και τη συμπαράσταση σε όλη αυτή τη διαδρομή.

---

Με την άδειά μου η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το Ίδρυμα

## ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1. Καλλιέργεια της Ροδακινιάς στη Β. Ελλάδα

Η καλλιέργεια της ροδακινιάς είναι μια από τις σημαντικότερες της χώρας μας. Έχουν προέλθει από το είδος *Prunus persica* ενώ το είδος *P. davidiana*, διασταυρούμενο με άλλα είδη, έχει συμβάλει στην δημιουργία μερικών υποκειμένων της ροδακινιάς. Οι τρεις βασικές κατηγορίες ροδάκινων είναι, α) επιτραπέζια ροδάκινα (με χνούδι), β) νεκταρίνια (χωρίς χνούδι) και γ) ροδάκινα κατάλληλα για κονσερβοποίηση .

Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή), το έτος 2018 οι Έλληνες καλλιεργητές, που δραστηριοποιούνται στη Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, περιοχή που παράγει περισσότερο ροδάκινο από κάθε άλλη περιφέρεια της χώρας μας και συγκεκριμένα οι νομοί Πέλλα και Ημαθία, η παραγωγή των δύο περιοχών έφτασε 477.758 τόνους και το σύνολο της Ελλάδας είναι 630.170 τόνοι. Ο αριθμός των δέντρων είναι 15.419.500 στις παραπάνω περιοχές, όταν ο αριθμός σε όλη τη χώρα μας είναι 18.808.672 δέντρα.

**Πίνακας 1. Αριθμός δέντρων και παραγωγή δέντρων ροδακινιάς στη Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ ( 2018 )**

2018	Αριθμός Δέντρων	Παραγωγή σε τόνους
Σύνολο Ελλάδας	18.808.672	630.170
Θεσσαλονικής	25.829	976
<b>Ημαθίας</b>	<b>5.876.728</b>	<b>219.821</b>
Κιλκίς	17.846	646
Πέλλας	<b>9.542.772</b>	<b>257.937</b>
Πιερίας	70.911	3.672
Σερρών	25.142	614
Χαλκιδικής	11.935	218



Το έτος 2019, σύμφωνα πάντα με την ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή), οι εκτάσεις σε στρέμματα που εκμεταλλεύονται ανά την Ελλάδα οι ροδακινοπαραγωγοί είναι 394.037. Τα 333.146 στρέμματα ανήκουν στους νομούς Πέλλας και Ημαθίας.

Το έτος 2017 και 2018, σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή, οι εκτάσεις σε στρέμματα ήταν 304.622 και 333.146 αντίστοιχα.

Σημαντική ήταν η αύξηση τόσο των εκτάσεων όσο και των δενδρυλλίων μέσα σε 2 χρόνια, γεγονός που δείχνει τη τάση των γεωργών να συνεχίζουν να επενδύουν σε αυτή τη καλλιέργεια.

**Πίνακας 2. Εκτάσεις δέντρων ροδακινιάς σε στρέμματα στη Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ ( 2019 )**

<b>2019</b>	<b>Εκτάσεις σε στρέμματα</b>
Σύνολο Ελλάδας	394.037
Θεσσαλονικής	730
Ημαθίας	<b>146.921</b>
Κιλκίς	426
Πέλλας	<b>186.225</b>
Πιερίας	1.669
Σερρών	406
Χαλκιδικής	293

## 2. Εχθροί & Ασθένειες της καλλιέργειας

Είναι σημαντικό να αναγνωρίζονται οι εχθροί και ασθένειες στο ροδάκινο και ο τρόπος που αντιμετωπίζονται, διότι σε διαφορετική περίπτωση, η καλλιέργεια θα υποστεί σημαντική μείωση της παραγωγής έως και καταστροφή του οπωρώνα.

### i) Ασθένειες.

α) Εξώασκος (*Taphrina deformans*), μύκητας που προκαλεί έντονες παραμορφώσεις των φύλλων. Ακολουθεί φυλλόπτωση των έντονα προσβεβλημένων δέντρων.

β) Κορύνεο (*Stigmina carpophila*), μύκητας που προκαλεί ζημιές στο φύλλωμα (ανοίγει οπές) καθώς και έλκη στους βλαστούς.

γ) Ωίδιο (*Sphaerotheca pannosa*), μύκητας που προσβάλλει φύλλα, τρυφερούς βλαστούς, άνθη, καρπούς.

δ) Μονίλια (*Monilia laxa, fructicola, fructigena*), μύκητας που προσβάλλει άνθη και νεαρούς βλαστούς, καθώς και κοντά στη συγκομιδή τους σχεδόν ώριμους καρπούς.

ε) Ίωση Σάρκα, Ευλογιά ή Σάρκα των πυρηνοκάρπων (*Plum pox*). Ο καρπός αποκτά ανώμαλη επιφάνεια με πράσινους και κίτρινους κύκλους. Προσβάλλει φύλλα δημιουργώντας χλωρωτικές κηλίδες έως παραμόρφωση.

στ) Φυτόφθορα (*Phytophthora sp.*) μύκητας που προκαλεί ζημιά στο ριζικό σύστημα και λαιμό ροδακινιάς. Το υποκείμενο GF 677 είναι ευαίσθητο.

### ii) Εχθροί

α) Ανάρσια (*Anarsia lineatella*), βλαστορύκτης, λεπιδόπτερο που προκαλεί ζημιές σε νεοεκτυσσόμενους βλαστούς και αργότερα στους καρπούς. 2 γενιές / έτος.

β) Καρπόκαψα (*Grapholita molesta*), βλαστορύκτης, λεπιδόπτερο που προκαλεί ζημιές σε νεοεκτυσσόμενους βλαστούς και αργότερα στους καρπούς. 5-6 γενιές / έτος.

γ) Φυλλοδέτης (*Adoxophyes orana*), λεπιδόπτερο αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς των πυρηνοκάρπων. Έχει 3 γενιές το έτος.

δ) Κοκκοειδή. Ψώρα του San Jose και βαμβακάδα (*Pseudaulea caspis pentagona*). Αναπτύσσονται σε φύλλα, βλαστούς και καρπούς.

ε) Τετράνυχος (*Tetranychus urticae*), μυζούν χυμούς φύλλων.

στ) Οι νηματώδεις (*Meloidogyne spp.*) είναι μικροσκοπικοί οργανισμοί στο έδαφος που προκαλούν υπερτροφίες στις ρίζες και μειωμένη ανάπτυξη του δέντρου.

ζ) Θρίπας, είναι ιδιαίτερα επικίνδυνος για τα νεκταρίνια

η) Αφίδες (πράσινη αφίδα, *M. persicae*), ο κυριότερος εχθρός της ροδακινιάς στην Ελλάδα, με 5 και άνω γενιές το έτος. Προσβάλλουν κορυφές τρυφερών βλαστών και προκαλούν συστροφή φύλλων. Μεταφέρουν ιώσεις και δευτερευόντως αναπτύσσεται καπνιά στο μελίτωμα τους (Βασιλακάκης Μ., 2004, Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003).

### 3. Πρόγραμμα φυτοπροστασίας - Μέθοδοι αντιμετώπισης

Παρακάτω αναφέρονται ψεκασμοί και φυτοπροστατευτικά σκευάσματα που καταπολεμούν τους κυριότερους εχθρούς και ασθένειες στη καλλιέργεια της ροδακινιάς. Το πρόγραμμα φυτοπροστασίας αναλύεται με εκτίμηση κατά προσέγγιση, το οποίο πηγάζει από την εμπειρία μου, με την ενασχόλησή μου στο κλάδο της φυτοπροστασίας, συζητώντας με πολύπειρους παραγωγούς αλλά και αξιόλογους γεωπόνους στις περιοχές του Νομού Πέλλας και της Ημαθίας. Να σημειωθεί ότι, οι εδαφοκλιματολογικές συνθήκες και άλλοι παράγοντες μεταβάλλουν το πρόγραμμα φυτοπροστασίας ανά περιοχή. Οι παρακάτω ψεκασμοί αφορούν τις συγκεκριμένες περιοχές και δεν αποτελούν οδηγό για τα υπόλοιπα μέρη της Ελλάδας.

#### i) Φθινοπωρινοί - Χειμερινοί ψεκασμοί:

Αφού έχει ολοκληρωθεί η περίοδος συγκομιδής και στις όψιμες ποικιλίες ( ποικιλίες Σεπτεμβρίου ), αναμένεται τους επόμενους μήνες και η σταδιακή πτώση των φύλλων. Πριν το στάδιο αυτό να γίνει κατάλληλος ψεκασμός για την αντιμετώπιση του ανθονόμου.

Σημαντικό στάδιο για τα πυρηνόκαρπα, όπου συστήνεται ψεκασμός με χαλκούχο σκεύασμα ( υδροξείδιο, βορδιγάλειο ) με σκοπό τη προστασία από κορύνεο αλλά και του εξώασκου. Να σημειωθεί ότι ο εξώασκος μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο με προληπτικούς ψεκασμούς και για αυτό οι παραγωγοί αλλά και οι γεωπόνοι τον κατατάσσουν ως μία από τις σημαντικότερες ασθένειες. Ακόμα, η εφαρμογή χαλκού τη συγκεκριμένη περίοδο, λειτουργεί και ως 'απολύμανση' του δέντρου από πιθανές εστίες μόλυνσης παθογόνων της τρέχων καλλιεργητικής χρονιάς.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, στο στάδιο του ληθάργου, πραγματοποιείται το χειμερινό κλάδεμα στα ροδάκινα. Συστήνεται επαναληπτικός ψεκασμός με χαλκούχο σκεύασμα, αφού έχει ολοκληρωθεί το κλάδεμα, με σκοπό τη προστασία των δέντρων από τις παραπάνω ασθένειες αλλά και τη κάλυψη των τομών που έχουν δημιουργηθεί κατά τη διάρκεια του κλαδέματος, οι οποίες θεωρούνται πιθανές πηγές εισόδου για παθογόνα.

Τα τελευταία χρόνια, στο στάδιο τέλους ληθάργου, εφαρμόζεται σκεύασμα θειασβεστίου με σκοπό κατά κύριο λόγο τη προστασία των δέντρων από τον εξώασκο αλλά και την καταπολέμηση ορισμένων αυγών εντόμων.

#### ii) Ανοιξιάτικοι ψεκασμοί.

Ο λήθαργος έχει ολοκληρωθεί και η διόγκωση των οφθαλμών είναι πλέον ορατή. Η σταδιακή άνοδος της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την υψηλή σχετική υγρασία που επικρατεί στο

περιβάλλον, χρήσουν το στάδιο αυτό κρίσιμο για τον εξώασκο. Ανάλογα τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, συστήνονται δύο εφαρμογές κατάλληλων σκευασμάτων σε διαφορετικές ημερομηνίες για προστασία από εξώασκο ( πχ. dodine - dodine, dodine - ziram, ziram - ziram ).

Αμέσως επόμενο βλαστικό στάδιο είναι η ρόδινη κορυφή. Στο στάδιο αυτό, συστήνεται εφαρμογή με συνδυασμό εντομοκτόνων (πχ. flonicamid, pyriproxifen, lambda-cyhalothrin, raaffin oil) που θα καταπολεμά (λεπιδόπτερα, ακάρεα, κοκκοειδή, αφίδες). Εάν στο στάδιδιαχειμάζουσες μορφές αλλά και ωά εντόμων αυτό, επικρατούν καιρικές συνθήκες που ευνοούν τον εξώασκο, να προστεθεί σκεύασμα κατάλληλο για προστασία από εξώασκο ( *ziram, difenoconazole* κ.α. ).

Στην έναρξη της ανθοφορίας, αφού έχουν εμφανιστεί και τα πρώτα λουλούδια ( 40-50 % ), συστήνεται ψεκασμός με κατάλληλο σκεύασμα για την καταπολέμηση της φαιάς σήψης των ανθέων. (cyprodinil, boscalid-pyraclostrobin κ.α.). Εάν οι καιρικές συνθήκες ευνοούν το συγκεκριμένο μύκητα, να γίνει επαναληπτικός ψεκασμός στο 100 % της ανθοφορίας με κατάλληλο σκεύασμα ( να επιλεγθεί διαφορετική δραστική ουσία από τον πρώτο ψεκασμό ).

Να σημειωθεί ότι, στα νεκταρίνια, στο συγκεκριμένο στάδιο, να προστεθεί στο διάλυμα εντομοκτόνο σκεύασμα, φιλικό προς τις μέλισσες για την καταπολέμηση του θρίπα ( πχ. tau-fluvalinate ).

Στο στάδιο πτώση πετάλων, πρέπει να αντιμετωπιστούν οι διαχειμάζουσες μορφές εντόμων, οπότε πρέπει να επιλεγθεί και κατάλληλο εντομοκτόνο σκεύασμα (πχ. tau-fluvalinate, deltamethrin, lambda-cyhalothrin). Αφού γλιστρήσει και ο κάλυκας, θα πρέπει να εφαρμοστεί επαναληπτικός ψεκασμός εντομοκτόνου για τους παραπάνω εχθρούς αλλά και για την καταπολέμηση του κλεωνού στα νεκταρίνια. Επιπλέον, να επιλεγθεί κατάλληλο μυκητοκτόνο για τη καταπολέμηση ωιδίου και κλαδοσπορίου (πχ. trifloxystrobin, tebuconazole κ.α.).

Στο στάδιο ανάπτυξη του καρπιδίου να επιλεγθεί κατάλληλο σκεύασμα για την καταπολέμηση των παραπάνω ασθενειών και να γίνει επαναληπτικός ψεκασμός σε κτήματα νεκταρινιών για την αντιμετώπιση του κλεωνού.

### **iii) Καλοκαιρινοί ψεκασμοί.**

Στην έναρξη των πρώτων καλοκαιρινών ημερών, αναμένεται η πρώτη γενεά λεπιδοπτέρων. Θα πρέπει οι παραγωγοί σε συνεννόηση με τους τοπικούς γεωπόνους, να έχουν τοποθετήσει την Άνοιξη φερομονικές παγίδες και να γίνεται συστηματική καταμέτρηση των συλλήψεων. Επιπλέον, να ενημερώνονται από τις γεωργικές προειδοποιήσεις που δημοσιεύει το Υπουργείο Γεωργίας και να εφαρμόζουν κατάλληλο εντομοκτόνο σκεύασμα ανάλογα τον

τρόπο δράσης του. (ωοκτόνο δράση πχ. chlorantraniliprole, προνυμφοκτόνο δράση πχ. emamectin benzoate, spinetoram κ.α.). Επιπλέον να προστεθεί μυκητοκτόνο για την αντιμετώπιση του ωιδίου.

Ανάλογα με τη ποικιλία νεκταρινιάς και ροδακινιάς, να επαναλαμβάνεται ψεκασμός ανά 15 ημέρες έως τη συγκομιδή με σκοπό την αντιμετώπιση λεπιδοπτέρων (ανάρσια, καρπόκαψα), σε τυχόν παρουσία αφίδων να εφαρμόζεται κατάλληλο αφιδοκτόνο σκεύασμα (πχ. flonicamid, sulfoxaflor, acetamiprid, spirotetramat ), αλλά και για παρουσία τετράνυχου ( πχ. abamectin).

Ο παραπάνω ψεκασμός να συνδυαστεί και με μυκητοκτόνο. Ποικιλίες που θα συγκομιστούν σε περισσότερο από 30 ημέρες να επιλεγθεί σκεύασμα που καταπολεμά το ωίδιο (πχ. fluxapyroxad, tebuconazole, myclobutanil κ.α.) Ποικιλίες που θα συγκομιστούν σε λιγότερο από 30 ημέρες, συστήνεται ψεκασμός για προστασία από μονίλια (πχ. captan, tebuconazole, boscalid-pyraclostrobin κ.α.)

Τη περίοδο συγκομιδής, να επιλεγθούν κατάλληλα μυκητοκτόνα (Mefentrifluconazole 3\*, Fluopyram - tebuconazole 3\*) και εντομοκτόνα (emamectin benzoate 7\*, spinetoram 7\*, lambda-cyhalothrin 7\*, deltamethrin 7\*) σκευάσματα που το PhI τους συμφωνεί με τη περίοδο συγκομιδής.

#### 4. Κόστος / στρέμμα στο πρόγραμμα φυτοπροστασίας

Η καλλιέργεια της ροδακινιάς, δέχεται έντονο χημικό έλεγχο για τη καταπολέμηση ασθενειών αλλά και σημαντικών εχθρών. Το κόστος μεταβάλλει ανάλογα τη περίοδο συγκομιδής των ποικιλιών. Τα τελευταία έτη, έχει εισαχθεί μεγάλος αριθμός ποικιλιών τόσο σε επιτραπέζια ροδάκινα ( νεκταρίνια , με χνούδι ) όσο και συμπύρηνες. Πλέον, υπάρχουν διαθέσιμες ποικιλίες καθ'όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού ( Αρχές Μαΐου - Σεπτέμβριο ).

Οι όψιμες ποικιλίες ( Αυγούστου - Σεπτεμβρίου ), μπορεί να εφαρμόσουν τρεις ακόμα και τέσσερις ψεκασμούς παραπάνω, με αποτέλεσμα το κόστος φυτοπροστασίας να αυξηθεί σημαντικά.

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα ενδεικτικά και κατά εκτίμηση ποσά τα οποία πηγάζουν από την εμπειρία μου στην ενασχόλησή μου στο κλάδο της φυτοπροστασίας, συζητώντας με έμπειρους παραγωγούς και καταξιωμένους γεωπόνους που δραστηριοποιούνται στους Ν. Πέλλας και Ν. Ημαθίας, με σκοπό τη μελέτη του κόστους που πρέπει να δαπανήσει ένας παραγωγός ώστε η καλλιέργεια του να είναι απαλλαγμένη από εχθρούς και ασθένειες. Αξίζει να σημειωθεί ότι, το κόστος μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή και τα παρακάτω ποσά αφορούν τις αντίστοιχες περιοχές.

Ένας ροδακινοπαραγωγός που καλλιεργεί πρώιμες ποικιλίες ( Μάιο - Ιούνιο ) το κόστος / στρέμμα στο τομέα της φυτοπροστασίας θα είναι ενδεικτικά 65 ευρώ.

Το κόστος μεταβάλλεται σημαντικά σε έναν παραγωγό, όπου οι ποικιλίες που καλλιεργεί είναι μεσοπρώιμες (Ιουνίου - Ιουλίου). Πιο συγκεκριμένα, το κόστος θα φτάσει περίπου στα 100 ευρώ.

Τέλος, αγρότες που οι ημερομηνίες της συγκομιδής σημειώνονται τον Σεπτέμβριο, τότε το κόστος σημειώνει αισθητή αύξηση σε σύγκριση με τις ποικιλίες οι οποίες έχουν ολοκληρώσει τη συγκομιδή τους τον Ιούλιο και το κόστος του εκάστοτε παραγωγού θα ξεπεράσει ενδεικτικά τα 120 ευρώ.

## 5. Σκοπός της Διατριβής

Στη περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας και ειδικότερα στους Νομούς Πέλλας και Ημαθίας, η καλλιέργεια του ροδάκινου κυριαρχεί. Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να γνωρίσουμε καλύτερα τη καλλιέργεια ροδακινιάς και πόσο σημαντική είναι η παραγωγή της. Επίσης η εξέταση της ανάπτυξης ανθεκτικότητας από το *M. persicae* σε τέσσερα εντομοκτόνα (sulfoxaflor, acetamiprid, flonicamid και flupyradifurone). Ακόμη, να συζητηθούν μέτρα για τη διαχείριση ανθεκτικότητας σε εντομοκτόνα στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών σε καλλιέργειες ροδακινιάς στη Β. Ελλάδα. Η αφίδα είναι πολύ σημαντικός εχθρός, έχει προβληματίσει τα τελευταία χρόνια με τις οικονομικές ζημιές που προκαλεί και είναι επιτακτική η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη, διότι τα επόμενα χρόνια ο έλεγχός της θα είναι ακόμα πιο απαιτητικός. Πιο συγκεκριμένα, στη παρούσα διατριβή, θα αναδείξουμε με βάση τη βιβλιογραφία το θέμα της ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα από τον συγκεκριμένο εχθρό, καθώς και θα παρουσιαστούν και θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα της μελέτης.

## ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το είδος *Myzus persicae* (Sulzer) ανήκει στο Ζωικό Βασίλειο, στην κλάση: *Insecta*, υπόκλαση: Εξωπτερυγωτά, τάξη: Homoptera, υπεροικογένεια *Aphidoidea*, και οικογένεια *Aphididae*. Το κοινό όνομα του *M. persicae* είναι πράσινη αφίδα της ροδακινιάς.

Το *M. persicae* είναι είδος αφίδας με μεγάλη οικονομική σημασία για πολλές καλλιέργειες που προκαλεί άμεσες ζημιές με τη διατροφική του δραστηριότητα αλλά και έμμεσες λόγω της μετάδοσης ιών και της ανάπτυξης σαπροφυτικών μυκήτων στα μελιτώδη απεκκρίματά , που περιορίζουν τη φωτοσύνθεση και ρυπαίνουν την παραγωγή. Θεωρείται ο πιο σοβαρός φορέας ιών, καθώς μεταδίδει αποτελεσματικά περισσότερους από 100 ιούς των φυτών (Blackman & Eastop, 2017). Είναι πολυφάγο έντομο με παγκόσμια εξάπλωση. Πιθανώς προέρχεται από την Ασία όπως και ο πρωτεύων ξενιστής του η ροδακινιά. Σήμερα έχει εξαπλωθεί σε όλες τις ηπείρους.

### 2. ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Η κυκλική παρθενογένεση και η εναλλαγή ξενιστού (ετεροοικία) είναι τα πλέον σημαντικά γνωρίσματα της εξέλιξης του βιολογικού κύκλου των αφίδων, που τις επιτρέπουν να εκμεταλλεύεται τους διαθέσιμους πόρους, ιδιαίτερα τους ποώδεις ξενιστές με μικρή διάρκεια ζωής, όπως είναι οι περισσότερες καλλιέργειες. Η ικανότητα αυτή φαίνεται ότι είναι περισσότερο αναπτυγμένη στις αφίδες από ότι στα άλλα έντομα (Blackman & Eastop 1984). Επιπλέον, χαρακτηρίζεται από την εναλλαγή της φάσης της σεξουαλικής αναπαραγωγής με τη φάση όπου οι αφίδες αναπαράγονται παρθενογενετικά. Στα είδη με εναλλαγή ξενιστών, εμφανίζεται εποχική μετανάστευση μεταξύ δύο φυτών ξενιστών, του πρωτεύοντα ξενιστή (δένδρο ή θάμνος), όπου λαμβάνει χώρα η σεξουαλική αναπαραγωγή και του δευτερεύοντα (ποώδης, θαμνώδης), όπου οι αφίδες αναπαράγονται παρθενογενετικά για ορισμένο αριθμό γενεών. Το *M. persicae* έχει βιολογικό κύκλο τυπικό για τις αφίδες (κυκλική παρθενογένεση). Περιλαμβάνει μια σεξουαλική γενιά (σεξουαλική φάση βιολογικού κύκλου) στη ροδακινιά *Prunus persica* (L.) (*Rosaceae*) (πρωτεύων ξενιστής) το φθινόπωρο, όπου εναποθέτει τα διαχειμάζοντα αυγά, την οποία διαδέχεται αριθμός παρθενογενετικών γενεών (απομικτική



παρθενογένεση – παρθενογενετική φάση βιολογικού κύκλου) στη ροδακινιά την άνοιξη και σε διάφορους ποώδεις (δευτερεύοντες) ξενιστές το καλοκαίρι, όπου μεταναστεύει.

Το φθινόπωρο επιστρέφει στη ροδακινιά ( Blackman et. al., 2007 )

### 3. ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ

Το *M. persicae* αποτελεί στόχο εντατικών προγραμμάτων χημικής καταπολέμησης παγκοσμίως. Στην Ελλάδα η αφίδα καταπολεμείται σχεδόν αποκλειστικά με χημικά εντομοκτόνα, με τα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα να έχουν, έως πρόσφατα, το μεγαλύτερο μερίδιο στην αγορά και καλή αποτελεσματικότητα, από την πρώτη χρήση τους τη δεκαετία του 1990. Αρκετές ομάδες εντομοκτόνων έχουν χρησιμοποιηθεί τα τελευταία 50 έτη. Αναφέρουμε τις κυριότερες κατά σειρά παλαιότητας και τους Μηχανισμούς Δράσης (MoA) κατά IRAC: Καρβαμιδικά (MoA ομάδα 1 – αναστολείς της AChE, νευρικό σύστημα, Χημική ομάδα 1B), πυρεθρινοειδή (MoA ομάδα 3 – αναστολείς του διαύλου νατρίου, νευρικό σύστημα, Χημική ομάδα 3A), νεονικοτινοειδή (MoA ομάδα 4 – αγωνιστές του νικοτινικού υποδοχέα της ακετυλοχολίνης, nAChR, νευρικό σύστημα, Χημική ομάδα 4A), flonicamid (εντομοκτόνο της ομάδας των πυριδινοκαρβοξαμιδίων, MoA 29 – παρεμποδίζει τη λειτουργία χορδοτονικών οργάνων, άγνωστη η πρωτεΐνη στόχος, νευρικό σύστημα, Χημική ομάδα 29), spirotetramat (παράγωγο των τετραμικών οξέων, MoA ομάδα 23 – αναστολείς της Ακέτυλο-CoA καρβοξυλάσης, βιοσύνθεση λιπιδίων Χημική ομάδα 23), σουλφοξιμίνες (μοναδικό μέλος το sulfoxafloz, MoA ομάδα 4 – αγωνιστές του νικοτινικού υποδοχέα της ακετυλοχολίνης, nAChR, νευρικό σύστημα, Χημική ομάδα 4C) και βουτενολίδες (μοναδικό μέλος το flupyradifurone, MoA ομάδα 4 – αγωνιστές του νικοτινικού υποδοχέα της ακετυλοχολίνης, nAChR, νευρικό σύστημα, Χημική ομάδα 4D).

### 4. ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΑΛΑΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ *M. PERSICAE*

#### Νεονικοτινοειδή

##### i) imidacloprid

Η πρώτη μελέτη σε ελληνικούς πληθυσμούς διεξήχθη κατά την περίοδο 1998–2000 (Cox et al., 2004). Οι κλώνοι αφίδων που συλλέχθηκαν από ροδάκινα και καπνό από διάφορες περιοχές, εξετάστηκαν σε βιοδοκιμές με διαγνωστική δόση imidacloprid. Το 1998, όλοι οι

εξετασθέντες κλώνοι ήταν ευαίσθητοι στο imidacloprid ενώ το 1999–2000 οι μη ευαίσθητοι έφτασαν το 37,1%. Μη ευαίσθητοι κλώνοι θεωρήθηκαν αυτοί με θνησιμότητα <10%. Η εμφάνιση ανεκτικών πληθυσμών επαληθεύτηκε σε μεταγενέστερες μελέτες (Voudouris et al., 2016), με την ίδια μέθοδο βιοδοκιμής, σε κλώνους από ροδακινιά και καπνό από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Το ποσοστό των μη ευαίσθητων κλώνων ( σύμφωνα με το κριτήριο των Cox et al., 2004), ανήρθε σε 56,9 και 56,1 % το 2007 και το 2012, αντίστοιχα. Επιπλέον, διαγνώστηκε αύξηση της ανθεκτικότητας στο imidacloprid μεταξύ δειγμάτων της αφίδας που συλλέχθηκαν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους (Margaritoroulos et al., 2007: έρευνες το 2004–2006, Voudouris et al., 2017: έρευνες το 2007 και το 2015), με βιοδοκιμές απόκρισης, όπου υπολογίστηκαν οι τιμές LC<sub>50</sub> και οι Συντελεστές Ανθεκτικότητας (ΣΑ).

## ii) Acetamiprid

Οι Margaritoroulos et. al. (2021), εξέτασαν 24 κλώνους με βιοδοκιμές απόκρισης που συλλέχθηκαν από ροδακινιά και καπνό από διάφορες περιοχές της Ελλάδας το 2018 – 2019.

Το 33,3% των κλώνων έδειξε RF>15 και 16,7% υψηλές τιμές που κυμαίνονταν από 101,0 έως 128,2. Τα δεδομένα υποδηλώνουν ανάπτυξη αντοχής στο acetamiprid των πληθυσμών της αφίδας στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψη ότι σε έρευνα πριν από μια δεκαετία (2006–2007) το 14,5% από 55 δείγματα αγρού, που εξετάστηκαν με βιοδοκιμές απόκρισης έδειξε τιμές ΣΑ>15 με τιμές που κυμαίνονται από 3,7 έως 22,1 (Σκούρας, 2009).

Επιπλέον, ανιχνεύθηκε ανθεκτικότητα στο acetamiprid σε κλώνους που συλλέχθηκαν το 2019-2020 (Papadimitriou et al. 2022). Η ανάλυση ολόκληρου του συνόλου δεδομένων (54 κλώνοι που συλλέχθηκαν κατά την περίοδο 2017-2020) έδειξε ότι όλοι οι κλώνοι από καπνό είχαν ΣΑ < 7,5, ενώ το 55,3%, το 18,4% και το 26,3% των κλώνων από ροδακινιά εμφάνισαν χαμηλές (<12,0), μέτριες (20,0-40,0) και υψηλές (100–145) τιμές ΣΑ, αντίστοιχα.

## Μηχανισμοί ανθεκτικότητας στα νεονικοτινοειδή

### Μονοοξυγενάσες κυτοχρώματος P450

Αυτός ο μηχανισμός ανθεκτικότητας σχετίζεται με την υπερέκφραση του γονιδίου *CYP6CY3* που οδηγεί στην παραγωγή υψηλότερων ποσοτήτων του ενζύμου (μια μονοοξυγενάση του κυτοχρώματος P450) που μεταβολίζει τα μόρια εντομοκτόνου που εισέρχονται στο έντομο.

Ο μηχανισμός αυτός έχει εντοπιστεί και σε πληθυσμούς *M.persicae* στην Ελλάδα. Το 58,6 % των εξετασθέντων κλώνων που συλλέχθηκαν από ροδακινιά και καπνό το 2012-2013, έδειξαν υπερέκφραση του γονιδίου *CYP6CY3* (Voudouris et al., 2016).

Αυτός ο μηχανισμός ανθεκτικότητας φαίνεται να προσδίδει μέτρια επίπεδα ανθεκτικότητας στα νεονικοτινοειδή (Philippou et al., 2010; Ruinean et al., 2010; Bass et al., 2011). Θεωρείται, ότι τέτοια επίπεδα ανθεκτικότητας δεν επαρκούν για να θέσουν σε κίνδυνο την αποτελεσματικότητα των νεονικοτινοειδών στον αγρό, όταν εφαρμόζονται στις συνιστώμενες δόσεις (Bass et al., 2014). Ωστόσο, όταν προκύπτουν πληθυσμοί με υψηλές συχνότητες τέτοιων ανθεκτικών ατόμων από τη συνεχή πίεση επιλογής από τα νεονικοτινοειδή, πιθανόν να είναι δύσκολο να ελεγχθούν.

### R81T μεταλλαγή

Η μεταλλαγή R81T ανιχνεύθηκε για πρώτη φορά σε κλώνο *M. persicae* από ροδακινιά στη Ν. Γαλλία το 2009 οποίος βρέθηκε πολύ ανθεκτικός στα νεονικοτινοειδή (Bass et al., 2011). Η μεταλλαγή οδηγεί σε μειωμένη ευαισθησία του nAChR από νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα, εξαπλώθηκε αρκετά γρήγορα σε ευρωπαϊκές και βορειοαφρικανικές χώρες και καταγράφηκε σε μέτριες ως υψηλές συχνότητες (Bass et al., 2014, Margaritoropoulos et al., 2021). Στην Ελλάδα οι μελέτες για την ανίχνευση της μεταλλαγής ξεκίνησαν το 2012 σε πολλά δείγματα από διάφορους ξενιστές και περιοχές και ανιχνεύθηκε τα έτη 2015– 2016 και μόνο σε δείγματα από ροδακινιά, με συχνότητες του ανθεκτικού αλληλομόρφου που κυμάνθηκε από 10,6% ως 36,4%. Σε μεταγενέστερες μελέτες (2017-2021) όπου εξετάστηκαν δείγματα από καπνό και ροδακινιά, μόνο μια αφίδα από καπνό βρέθηκε να έχει τη μεταλλαγή σε ετεροζυγωτία το έτος 2018. Αντιθέτως, στα δείγματα από ροδακινιά η συχνότητα του ανθεκτικού αλληλομόρφου κυμάνθηκε από 12,2 ως 36,4. ( Papadimitriou et al. 2022 ).

### Πυρεθρινοειδή

Τα διαθέσιμα δεδομένα για τους ελληνικούς πληθυσμούς *M. persicae* προέρχονται από βιοδοκιμές με deltamethrin σε δείγματα αγρού, που συλλέχθηκαν την περίοδο 2005-2007, (Margaritoropoulos et al., 2007b; Skouras, 2009). Παρατηρήθηκε ανθεκτικότητα, καθώς η εκ νέου ανάλυση των δεδομένων (Margaritoropoulos et al., 2021) έδειξε ότι η πλειονότητα των δειγμάτων (90,8%) είχαν ( $\Sigma A > 15$ ). Πιο πρόσφατα δεδομένα από βιοδοκιμές σε ελληνικούς πληθυσμούς δεν είναι διαθέσιμα.

### Μηχανισμοί ανθεκτικότητας πυρεθρινοειδών

Υπάρχουν δύο ευρέως μηχανισμοί ανθεκτικότητας στο *M. persicae*. Οι μεταλλαγές *kdr* (L1014F) και *super-kdr* ( M918 T) που έχουν καταγραφεί παγκοσμίως (Anstead et al., 2007; Bass et al., 2014).

Στην Ελλάδα, η μεταλλαγή L1014F έχει καταγραφεί σε μέτριες ως υψηλές συχνότητες σε πληθυσμούς της αφίδας από ροδακινιά και καπνό τις δύο προηγούμενες δεκαετίες. Η μεταλλαγή M918 T έχει βρεθεί σε χαμηλότερες συχνότητες από την L1014F (Margaritopoulos et al., 2007b, Voudouris et al., 2016).

### Καρβαμιδικά

Το pirimicarb έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως αφιδοκτόνο στο παρελθόν. Ωστόσο, ένας μηχανισμός ανθεκτικότητας βρέθηκε σε πληθυσμούς *M. persicae* στην Ελλάδα το 1990. Ο μηχανισμός, ονομάζεται MACE (Modified AChE) (Moore et al., 1994; Nabeshima et al., 2003).

Κατά τη περίοδο 2004 - 2007, πραγματοποιήθηκαν βιοδοκιμές σε δείγματα αγρού με pirimicarb (Σκούρας, 2009). Υψηλές τιμές ΣΑ (20-122) παρατηρήθηκαν στο 70,4% των δειγμάτων σε σύγκριση με χαμηλές τιμές ΣΑ (<10) στο 11,2% των δειγμάτων.

Υψηλές συχνότητες ανθεκτικών δειγμάτων (ΣΑ>15) παρατηρήθηκαν σε όλα τα έτη. Το 2004, η συχνότητα ήταν 30,8% και αυξήθηκε σημαντικά τα επόμενα χρόνια (81,6% το 2005, 97,1% το 2006 και 100% το 2007).

### Spirotetramat

Το Spirotetramat είναι ένα σχετικά νέο εντομοκτόνο που χρησιμοποιείται κατά των αφίδων και άλλων μυζητικών φυτοφάγων εντόμων. Το διαφορετικό MoA του (Ομάδα 23) από άλλα κλασικά αφιδοκτόνα και η χαμηλή τοξικότητα προς τα ωφέλιμα είναι σημαντικά πλεονεκτήματά (Naue n et al., 2008; Brück et al., 2009; Wang et al., 2016). Η πρώτη μελέτη για διερεύνηση ανθεκτικότητας στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε από τους Voudouris et al., (2017). Στη μελέτη δε παρατηρήθηκε ανθεκτικότητα σε 60 κλώνους *M. persicae*, με τις τιμές ΣΑ να κυμαίνονται από 1,0 έως 3,2.

### Fonicamid

Το fonicamid ανήκει στην ομάδα των πυριδινοκαρβοξαμιδίων και είναι δραστικό κατά των νυμφών και των ενήλικων αφίδων. Προκαλεί ταχεία και μη αναστρέψιμη αναστολή της διατροφής. Το fonicamid δρα στο νευρικό σύστημα των αφίδων, διαταράσσοντας τη λειτουργία χορδοτονικών οργάνων, αν και η θέση στόχος δεν έχει ακόμη καθοριστεί. Επιπλέον, το fonicamid είναι ένα εκλεκτικό εντομοκτόνο με μηδενική έως χαμηλή τοξικότητα για τα ωφέλιμα αρθρόποδα (Jansen et al., 2011; Morita et al., 2014). Λόγω της αντιτροφοδοτικής του δράσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προστασία από τους ιούς των

φυτών που μεταδίδονται από αφίδες. Ο μηχανισμός δράσης του *flonicamid*, όντας νέος, δεν επηρεάζεται από τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας που έχουν ήδη περιγραφεί στο *M. persicae*. Δεν έχουν υπάρξει αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία για ανάπτυξη ανθεκτικότητας στη *flonicamid* από *M. persicae* ή άλλα είδη αφίδων.

Το *flonicamid* χρησιμοποιείται στην Ελλάδα κατά του *M. persicae* από το 2010.

Τα δεδομένα από προγενέστερη μελέτη (Margaritoroulos et al., 2021) που αφορούσαν σε βιοδοκιμές με >50 κλώνοι, από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, έδειξαν ότι οι ελληνικοί πληθυσμοί δεν έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στο *flonicamid*. Ωστόσο, η παρακολούθηση της ανθεκτικότητας είναι απαραίτητη.

### Sulfoxaflor

Διασυστηματικό εντομοκτόνο με κίνηση μέσω των ξυλωδών αγγείων και με διελασματική κίνηση εντός των φυτικών ιστών.

Σε προγενέστερη μελέτη (Margaritoroulos et. al., 2022), βιοδοκιμές κλώνων με *sulfoxaflor* που συλλέχθηκαν από ροδακινιά από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, έδειξαν ότι το 80,6% των κλώνων είχε χαμηλές τιμές ΣΑ (<5) και μόνο 9,7% των κλώνων τιμές ΣΑ 9–12. Επίσης, και σε άλλες χώρες δεν έχουν αναφερθεί υψηλές τιμές ΣΑ (Mezei et. al., 2020)

### Flupyradifurone

Είναι διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου για την καταπολέμηση μυζητικών και μασητικών εντόμων σε υπαίθριες και θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

Σε προγενέστερη μελέτη, πραγματοποιήθηκαν βιοδοκιμές με *flupyradifurone*, ώστε να εξεταστεί η αποτελεσματικότητά του έναντι μεγάλου αριθμού κλώνων *M. persicae*

(Papadimitriou et al. 2022). Στη συγκεκριμένη έρευνα παρατηρήθηκε διακύμανση στην απόκριση στο *flupyradifurone* μεταξύ των 43 κλώνων που εξετάστηκαν με τις τιμές ΣΑ να κυμαίνονται από 9,7 ως 1913,6,

Μόνο το 6,977% των κλώνων που εξετάστηκαν εμφάνισαν χαμηλές τιμές ΣΑ, ενώ το 60,465% και το 32,558% έδειξαν μέτριες και υψηλές τιμές, αντίστοιχα.

## 5. ΥΑΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 5.1 Πληθυσμοί αφίδων

Συλλέχθηκαν δείγματα φύλλων ροδακινιάς προσβεβλημένα από *M. persicae* από τη περιοχές (Μαυροβούνι και Μελίκη) της Β. Ελλάδας, τη περίοδο Μαΐου - Ιουνίου 2021. Στο εργαστήριο δημιουργήθηκαν κλώνοι από ένα ενήλικο άπτερο θηλυκό από κάθε δείγμα, οι οποίοι εκτράφηκαν σε φύλλα πατάτας *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae) σε κουτιά Blackman (Blackman, 1971) στους 18 °C και L16:D8 h.

Μία δυσκολία που συναντάται συχνά στις μελέτες είναι ότι στους πληθυσμούς της αφίδας στους ποώδης ξενιστές μπορεί να κυριαρχούν λίγοι γενότυποι που πολλαπλασιάζονται παρθενογενετικά. Αυτό, μπορεί να οδηγήσει σε επαναλαμβανόμενη δειγματοληψία ενός ή λίγων κυρίαρχων κατ'εξοχήν παρθενογενετικών γενότυπων. Ως εκ τούτου, ο ανεπαρκής σχεδιασμός δειγματοληψίας ή η έλλειψη πληροφοριών σχετικά με τους διακριτούς γενότυπους που εξετάζονται μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα. Για αυτό το λόγο συλλέξαμε δείγματα αφίδων από ροδάκινα, όπου κλώνοι των αφίδων από διαφορετικά δέντρα προέρχονται από διαφορετικά αυγά (προϊόντα σεξουαλικής αναπαραγωγής) και συνεπώς αποτελούν διαφορετικούς γενότυπους.

### 5.2 Βιοδοκιμές εμβάπτισης φύλλων

Τέσσερις κλώνοι πράσινου χρώματος εξετάστηκαν σε βιοδοκιμές απόκρισης με τα εντομοκτόνα flupyradifurone, acetamiprid, sulfoxaflor και flonicamid, με τη μέθοδο της εμβάπτισης φύλλου.

Νεαρά φύλλα λάχανου, *Brassica oleracea* L. βυθίστηκαν για 10 δευτερόλεπτα σε διαφορετικές συγκεντρώσεις (δόσεις) του εντομοκτόνου ( συμπεριλαμβανομένου του μάρτυρα, νερό), στέγνωσαν για 30 λεπτά και τοποθετήθηκαν σε petri (διαμέτρου 3,5 cm) με άγαρ 1,1% (Voudouris et al. 2016).

Οι κορυφές των petri καλύφθηκαν με λεπτή μουσελίνα για να επιτρέπεται ο αερισμός.

Περίπου 20 αφίδες ανά κλώνο δοκιμάστηκαν σε κάθε δόση του εντομοκτόνου, συμπεριλαμβανομένου του μάρτυρα.

Οι αφίδες διατηρήθηκαν στους  $23 \pm 1$  °C με φωτοπερίοδο 16 h:8 h. Οι νεκρές και οι ζωντανές αφίδες, μετρήθηκαν 72 ώρες μετά την εφαρμογή για τα εντομοκτόνα acetamiprid, sulfoxaflor και flupyradifurone και 7 ημέρες μετά την εφαρμογή του flonicamid.

### 5.3 Στατιστική ανάλυση

Η μέση θανατηφόρα συγκέντρωση ( $LC_{50}$ ) και τα όρια εμπιστοσύνης 95% για κάθε κλώνο και εντομοκτόνο υπολογίστηκαν με ανάλυση probit. Οι Συντελεστές Ανθεκτικότητας (  $\Sigma A$ , Resistance Factors ) υπολογίστηκαν ως  $LC_{50}$  κλώνου που προήλθε από δείγμα αγρού /  $LC_{50}$  ευαίσθητου κλώνου. Οι τιμές  $LC_{50}$  του ευαίσθητου κλώνου παραχωρήθηκαν από τον Δρα Μαργαριτόπουλο για να καθιστεί δυνατός ο υπολογισμός των  $\Sigma A$ .

## 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Βιοδοκιμές με flupyradifurone.

Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών με το *flupyradifurone* παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Σε όλες τις βιοδοκιμές, τα δεδομένα ταιριάζουν με το μοντέλο probit (μη σημαντικές τιμές  $\chi^2$ ,  $P = 0.847-0.957$ ). Μικρές ήταν οι διακυμάνσεις μεταξύ των 4 κλώνων που εξετάστηκαν, με τιμές  $LC_{50}$  να κυμαίνονται από  $9,26 \text{ mgL}^{-1}$  από ένα κλώνο στη περιοχή της Μελίκης έως και  $15,83 \text{ mgL}^{-1}$  από κλώνο στη περιοχή του Μαυροβουνίου.

Οι τιμές των ΣΑ κυμάνθηκαν σε μέτρια επίπεδα από 32,4 έως 55,4 αντίστοιχα.

**Πίνακας 3.** Απόκριση ( $LC_{50}$  σε  $\text{mgL}^{-1}$ ) κλώνων *Myzus persicae* στο flupyradifurone με βιοδοκιμή εμβάπτισης φύλλου.

Κλώνος	Έτος	Περιοχή	Τοποθεσία	Ξενιστής	Χρώμα	N	n	$LC_{50}$	95% FL		ΣΑ
Mr4	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μαυροβούνι, Πέλλας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	15,83	10,98	23,63	55,4
Mr6	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μαυροβούνι, Πέλλας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	12,61	9,17	17,55	44,1
Mr7	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μελίκη, Ημαθίας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	9,26	6,84	12,53	32,4
Mr8	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μελίκη, Ημαθίας	Ροδακινιά	Πράσινο	200	10	15,38	11,11	21,41	53,8

N: αριθμός εξετασθέντων ενήλικων αφίδων, n: αριθμός δόσεων εντομοκτόνου, FL: όρια εμπιστοσύνης, τα δεδομένα των βιοδοκιμών ταιριάζουν στο μοντέλο probit ( $P = 0.847-0.957$ ), ΣΑ: συντελεστής ανθεκτικότητας (resistance factor) που υπολογίστηκε με βάση την  $LC_{50}$  ευαίσθητου κλώνου (παραχωρήθηκε από Δρα Μαργαριτόπουλο).



### Βιοδοκιμές με acetamiprid

Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών με το acetamiprid παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Σε όλες τις βιοδοκιμές, τα δεδομένα συμφωνούν με το μοντέλο probit (μη σημαντικές τιμές  $\chi^2$ ,  $P = 0.819-0.969$ ). Μικρές ήταν οι διακυμάνσεις μεταξύ των 4 κλώνων που εξετάστηκαν, με τις τιμές  $LC_{50}$  να κυμαίνονται από  $4,42 \text{ mgL}^{-1}$  από ένα κλώνο στη περιοχή της Μελίκης έως και  $10,48 \text{ mgL}^{-1}$  επίσης από τη περιοχή της Μελίκης.

Οι αντίστοιχες τιμές του ΣΑ ήταν σχετικά χαμηλές από 2,5 ως 6,0.

**Πίνακας 4.** Απόκριση ( $LC_{50}$  σε  $\text{mgL}^{-1}$ ) κλώνων *Myzus persicae* στο acetamiprid με βιοδοκιμή εμφάνισης φύλλου.

Κλώνος	Έτος	Περιοχή	Τοποθεσία	Ξενιστής	Χρώμα	N	n	$LC_{50}$	95% FL		ΣΑ
Μρ4	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μαυροβούνι, Πέλλας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	4,92	3,53	6,89	2,8
Μρ6	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μαυροβούνι, Πέλλας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	5,28	3,86	7,27	3,0
Μρ7	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μελίκη, Ημαθίας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	4,42	3,24	6,03	2,5
Μρ8	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μελίκη, Ημαθίας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	10,48	7,76	14,22	6,0

N: αριθμός εξετασθέντων ανήλικων αφίδων, n: αριθμός δόσεων εντομοκτόνου, FL: όρια εμπιστοσύνης, τα δεδομένα των βιοδοκιμών ταιριάζουν στο μοντέλο probit ( $P = 0.819-0.969$ ), ΣΑ: συντελεστής ανθεκτικότητας (resistance factor) που υπολογίστηκε με βάση την  $LC_{50}$  ευαίσθητου κλώνου (παραχωρήθηκε από Δρα Μαργαριτόπουλο).

### Βιοδοκιμές με sulfoxaflor

Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών απόκρισης με το sulfoxaflor παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Σε όλες τις βιοδοκιμές, τα δεδομένα απόκρισης ταιριάζουν με το μοντέλο probit (μη σημαντικές τιμές  $\chi^2$ ,  $P = 0.709-0.986$ ). Μικρές ήταν οι διακυμάνσεις μεταξύ των 4 κλώνων που εξετάστηκαν, με τιμές  $LC_{50}$  να κυμαίνονται από  $1,56 \text{ mgL}^{-1}$  από ένα κλώνο από τη περιοχή του Μαυροβουνίου έως  $2,20 \text{ mgL}^{-1}$  σε έναν κλώνο από την ίδια περιοχή.

Οι τιμές των ΣΑ ήταν αρκετά χαμηλές, από 1,3 ως 1,8.

**Πίνακας 5.** Απόκριση ( $LC_{50}$  σε  $\text{mgL}^{-1}$ ) κλώνων *Myzus persicae* στο sulfoxaflor με βιοδοκιμή εμβάπτισης φύλλου.

Κλώνος	Έτος	Περιοχή	Τοποθεσία	Ξενιστής	Χρώμα	N	n	$LC_{50}$	95% FL		ΣΑ
Μp4	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μαυροβούνι, Πέλλας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	1,56	1,11	2,16	1,3
Μp6	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μαυροβούνι, Πέλλας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	2,20	1,65	3,11	1,8
Μp7	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μελίκη, Ημαθίας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	2,19	1,55	3,10	1,8
Μp8	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μελίκη, Ημαθίας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	1,99	1,46	2,70	1,6

N: αριθμός εξετασθέντων ανήλικων αφίδων, n: αριθμός δόσεων εντομοκτόνου, FL: όρια εμπιστοσύνης, τα δεδομένα των βιοδοκιμών ταιριάζουν στο μοντέλο probit ( $P = 0.709-0.986$ ), ΣΑ: συντελεστής ανθεκτικότητας (resistance factor) που υπολογίστηκε με βάση την  $LC_{50}$  ευαίσθητου κλώνου (παραχωρήθηκε από Δρα Μαργαριτόπουλο).

### Βιοδοκιμές με flonicamid

Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών με το flonicamid παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Σε όλες τις βιοδοκιμές, τα δεδομένα ταιριάζουν με το μοντέλο probit (μη σημαντικές τιμές  $\chi^2$ ,  $P = 0.871-0.973$ ). Μικρές ήταν οι διακυμάνσεις μεταξύ των 4 εξετασθέντων κλώνων, με τις τιμές  $LC_{50}$  να κυμαίνονται από  $4,52 \text{ mgL}^{-1}$  σε ένα κλώνο από τη Μελίκης έως και  $5,06 \text{ mgL}^{-1}$  σε κλώνο από την ίδια περιοχή.

Οι αντίστοιχες τιμές των ΣΑ ήταν σχετικά χαμηλές από 4,2 ως 4,6 αντίστοιχα.

**Πίνακας 6.** Απόκριση ( $LC_{50}$  σε  $\text{mgL}^{-1}$ ) κλώνων *Myzus persicae* στο flonicamid με βιοδοκιμή εμφάνισης φύλλου.

Κλώνος	Έτος	Περιοχή	Τοποθεσία	Ξενιστής	Χρώμα	N	n	$LC_{50}$	95% FL		ΣΑ
Μρ4	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μαυροβούνι, Πέλλας	Ροδακινιά	Πράσινο	160	8	5,01	3,75	6,72	4,6
Μρ6	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μαυροβούνι, Πέλλας	Ροδακινιά	Πράσινο	160	8	5,01	3,75	6,72	4,6
Μρ7	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μελίκη, Ημαθίας	Ροδακινιά	Πράσινο	160	8	4,52	4,52	6,01	4,2
Μρ8	2021	Βόρεια Ελλάδα	Μελίκη, Ημαθίας	Ροδακινιά	Πράσινο	180	9	5,06	3,71	6,85	4,6

N: αριθμός εξετασθέντων ανήλικων αφίδων, n: αριθμός δόσεων εντομοκτόνου, FL: όρια εμπιστοσύνης, τα δεδομένα των βιοδοκιμών ταιριάζουν στο μοντέλο probit ( $P = 0.871-0.973$ ), ΣΑ: συντελεστής ανθεκτικότητας (resistance factor) που υπολογίστηκε με βάση την  $LC_{50}$  ευαίσθητου κλώνου (παραχωρήθηκε από Δρα Μαργαριτόπουλο).

## 7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στη παρούσα διατριβή αναφέρθηκαν δεδομένα μελετών που έχουν υλοποιηθεί τα τελευταία έτη, σχετικά με την ανθεκτικότητα των ελληνικών πληθυσμών του *M. persicae* σε εντομοκτόνα διαφόρων χημικών ομάδων. Η εκτενής βιβλιογραφία σε αυτό το πεδίο, δείχνουν ότι η αφίδα είναι ένας εχθρός που ελέγχεται δύσκολα, αναπτύσσοντας ανθεκτικούς πληθυσμούς (Bass et al. 2015, Sparks & Nauen 2015, van Emden & Harrington 2017, Singh et al. 2021). Σε αυτό συμβάλλει η συνεχής πίεση επιλογής από εφαρμογές εντομοκτόνων, καθώς και ορισμένα χαρακτηριστικά της βιοοικολογίας του είδους όπως: 1) υψηλή γενετική παραλλακτικότητα και προσαρμοστικότητα, 2) διασπορά/μετανάστευση μεταξύ καλλιεργειών και τοποθεσιών, 3) πολλές γενιές ανά έτος και, 4) σύνθετος κύκλος ζωής συμπεριλαμβανομένων ολοκυκλικών (ικανότητα σεξουαλικής αναπαραγωγής το φθινόπωρο) και λειτουργικών παρθενογενετικών γενότυπων (γενότυποι που αναπαράγονται παρθενογενετικά όλο ο έτος, αλλά έχουν δυνατότητα παραγωγής λίγων σεξουαλικών ατόμων).

Όπως προαναφέρθηκε, η αφίδα είναι ένας σημαντικός εχθρός που μπορεί να προκαλέσει σοβαρή οικονομική ζημιά στην καλλιέργεια της ροδακινιάς, οπότε πρέπει να ληφθούν με υπευθυνότητα όλα τα δεδομένα για τη σωστή διαχείρισή της. Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής, συγκριτικά και με προγενέστερες εργασίες (Margaritoropoulos et al., 2021, Paradimitriou et al., 2022), έδειξαν ότι οι κλώνοι από τη Β. Ελλάδα που εξετάστηκαν, δεν έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα sulfoxaflor, acetamiprid και flonicamid, καθώς οι ΣΑ ήταν πολύ ως σχετικά χαμηλοί (< 6,0). Αντιθέτως στο flupyradifurone, βρέθηκαν μέτριοι ΣΑ (32,4 έως 55,4), γεγονός που προβληματίζει. Να σημειωθεί ακόμα μία φορά ότι, το συγκεκριμένο εντομοκτόνο δεν έχει έγκριση για τη καλλιέργεια της ροδακινιάς, αλλά έχει στους υπόλοιπους ξενιστές της αφίδας (πχ. λαχανικά, καπνός κ.α.), όπου μεταναστεύει κατά της διάρκεια του καλοκαιριού και επιστρέφει προς το τέλος σε δέντρα ροδακινιάς.

Το flonicamid χρησιμοποιείται στην Ελλάδα κατά του *M. persicae* από το 2010.

Τα δεδομένα από >50 κλώνους που συλλέχθηκαν από διάφορες περιοχές της Ελλάδας από ροδακινιά και καπνό τα έτη 2017 - 2019 (Margaritoropoulos et al. 2021), όπου οι πληθυσμοί των αφίδων βρίσκονται υπό έντονο χημικό έλεγχο, έδειξαν ότι οι ελληνικοί πληθυσμοί δεν έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στο flonicamid. Οι τιμές των ΣΑ ήταν χαμηλές, κυμαινόμενες από 1,0 έως 5,7. Ωστόσο, η παρακολούθηση της ανθεκτικότητας είναι σημαντική.

Όπως σημειώθηκε και παραπάνω, το acetamiprid μετά την απαγόρευση του *imidacloprid*, ενεργοποίησε το ενδιαφέρον των ερευνητών ώστε να μελετηθεί η αποτελεσματικότητά του στη χώρα μας. Οι Margaritoroulos et al., (2021) μελέτησαν το συγκεκριμένο εντομοκτόνο πάνω από μια δεκαετία. Οι κλώνοι ροδακινιάς έδειξαν το 55,3%, το 18,4% και το 26,3% των κλώνων από ροδακινιά εμφάνισαν χαμηλές (<12,0), μέτριες (20,0-40,0 ) και υψηλές (100–145) τιμές ΣΑ, αντίστοιχα (Papadimitriou et. al., 2022).

Όσον αφορά το sulfoxaflor, τα αποτελέσματα της παρούσης διατριβής είναι σε συμφωνία με τα ευρήματα προγενέστερης μελέτης (Margaritoroulos et. al., 2022), καθώς οι τιμές των ΣΑ κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα.

Τέλος, οι Papadimitriou et. al., (2021), πραγματοποίησαν βιοδοκιμές με flupyradifurone.

Οι τιμές ΣΑ που παρατηρήθηκαν χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες: 10–14, χαμηλή. 19–89, μέτρια και 104–1914, υψηλή. Μόνο το 6,977% των κλώνων που εξετάστηκαν εμφάνισαν χαμηλές τιμές ΣΑ, ενώ το 60,465% και το 32,558% έδειξαν μέτριες και υψηλές τιμές, αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των κλώνων που εξετάστηκαν στη παρούσα διατριβή δε μπορεί να ληφθούν ως γενικό συμπέρασμα. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στους πίνακες αφορούν τους συγκεκριμένους κλώνους από τις συγκεκριμένες περιοχές. Επιπλέον, η ανθεκτικότητα είναι ένα δυναμικό φαινόμενο που μπορεί να μεταβάλλεται από έτος σε έτος και από περιοχή σε περιοχή, κάτι που σημαίνει ότι, η διαχείριση των δραστικών ουσιών που έχουμε αυτή τη στιγμή στα χέρια μας θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με επιστημονικά κριτήρια και με συνεχή παρακολούθηση του φαινομένου.

Βασικό στοιχείο της Διαχείρισης Ανθεκτικότητας σε εντομοκτόνα (IRM), στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών είναι η εναλλαγή εντομοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης (MoA) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Αν και τα διαθέσιμα εντομοκτόνα για τον έλεγχο και τη διαχείριση της ανθεκτικότητας των αφίδων έχουν μειωθεί, οι αγρότες στην Ελλάδα εξακολουθούν να έχουν επαρκή αριθμό αφιδοκτόνων (όπως π.χ. flonicamid, acetamiprid, spirotetramat, flupyradifurone, sulfoxaflor και πυρεθρινοειδή) και με συνετή χρήση, σε στρατηγικές εναλλαγής, μπορεί να διατηρήσουν την αποτελεσματικότητά τους. Ένας βασικός παράγοντας, που συχνά αγνοείται στην εφαρμογή των στρατηγικών φυτοπροστασίας, σε περιοχές όπου το *M. persicae* επενδύει στη σεξουαλική αναπαραγωγή, είναι η μετανάστευση από τη ροδακινιά στις ποώδεις καλλιέργειες και αντίστροφα, και η εμφάνιση αρκετών παρθενογενετικών γενεών και στις δύο καλλιέργειες. Οι πρακτικές φυτοπροστασίας που εφαρμόζονται στους οπωρώνες ροδάκινων επηρεάζουν τους πληθυσμούς στις ποώδεις καλλιέργειες και αντίστροφα. Ο στόχος είναι, να δίνεται ιδιαίτερη

προσοχή στην τοποθέτηση κάθε εντομοκτόνου στις εφαρμογές καθ'όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, (άνοιξη έως φθινόπωρο) και όχι σε κάθε καλλιέργεια ξεχωριστά.

Οι ενδιαφερόμενοι που εμπλέκονται στη φυτοπροστασία πρέπει να είναι σε εγρήγορση για πρώιμη έναρξη της ανθεκτικότητας για να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν έγκαιρα και αποτελεσματικά μέτρα αντιμετώπισης. Η ανθεκτικότητα είναι ένα διαχρονικό πρόβλημα και η συνεχής παρακολούθηση είναι απαραίτητη, ειδικά σε καλλιέργειες και περιοχές υπό έντονο χημικό έλεγχο.

## 8. Πηγές - Βιβλιογραφία

1. Βασιλακάκης Μ,. 2004 Γενική και Ειδική Δενδροκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, Ελλάς. Ε.Υ. Εχθροί και ασθένειες ροδακινιάς σελ. 379-381
2. Ιωάννης Θ. Μαργαριτόπουλος, Διδακτορική διατριβή, Νέα Ιωνία, Μαγνησίας 2001 «Μελέτη της βιολογίας πληθυσμών του συμπλόκου είδους *Myzus Persicae*», *M. Persicae* σελ 52-55.
3. Μαργαριτόπουλος, Ι.Τ., Παπαδημητρίου, Φ., Ηλίας, Α., Φώλια, Μ. Παπαπέτρου, Π., Σκούρας, Π.Ι., Ροδιτάκης, Ε. & Βοντας, Ι. (2022) Ανθεκτικότητα ελληνικών πληθυσμών της αφίδας *Myzus persicae* (Sulzer) σε εντομοκτόνα. Περίληψεις ανακοινώσεων, 19<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο, 23 – 27 Μαΐου 2022, Αγρίνιο.
4. Τζανακάκης & Κατσόγιαννος (2003). Έντομα καρποφόρων δέντρων και αμπέλου.
5. Anstead JA, Mallet J and Denholm I (2007) Temporal and spatial incidence of alleles conferring knockdown resistance to pyrethroids in the peach potato aphid, *Myzus Persicae* (Hemiptera: Aphididae), and their association with other insecticide resistance mechanisms. *Bulletin of entomological research* 97, 243–252.
6. Bass C, Puinean AM, Andrews M, Cutler P, Daniels M, Elias J et al., Mutation of a nicotinic acetylcholine receptor  $\psi$  subunit is associated with resistance to neonicotinoid insecticides in the aphid *Myzus persicae*. *BMC Neurosci* 12:51 (2011).
7. Bass C, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP, Gutbrod O, Nauen R, Slater R and Williamson MS (2014) The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 51, 41–51.
8. Bass C, Denholm I, Williamson MS and Nauen R, The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pest Biochem Physiol* 121:78–87 (2015)
9. Blackman, R.L. and Eastop, V.F. (1984) *Aphids on the World's Crops: Identification and Information Guide*. John Wiley Sons, London, 476 p.
10. Blackman RL and Eastop VF, Taxonomic issues, in *Aphids as Crop Pests*, ed. by van Emden HF and Harrington R. CAB International, Wallingford, pp. 1–36 (2017).
11. Blackman RL, Malarky G, Margaritopoulos JT and Tsitsipis JA, Distribution of common genotypes of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) in Greece, in relation to life cycle and host plant. *Bull Entomol Res* 97:253–263 (2007).
12. Brück E, Elbert A, Fischer R, Krueger S, Kühnhold J, Klueken AM, Nauen R, Niebes J-F, Reckmann U, Schnorbach H-J, Steffens R and van Waetermeulen X (2009)

- Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: biological profile and field performance. *Crop Protection* 28, 838–844.
13. Cox D, Denholm I and Devonshire A (2004) Monitoring of insecticide resistance in *Myzus persicae* from Greece. In Simon J-C, Dedryver CA, Rispe C and Hullé M (eds), *Aphids in A new Millennium*. Paris: INRA Editions, pp. 275–280.
  14. Despina Philippou, Linda Field, Graham Moores (2010). Metabolic enzyme(s) confer imidacloprid resistance in a clone of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) from Greece
  15. Fenton B, Margaritopoulos JT, Malloch GL and Foster SP, Microevolutionary change in relation to insecticide resistance in the peach–potato aphid, *Myzus persicae*. *Ecol Entomol* 35:131–146 (2010).
  16. Fillothei Papadimitriou, Maria Folia, Aris Ilias, Polyxeni Papapetrou, Emmanouil Roidakis, Chris Bass, John Vonta and John T Margaritopoulos. Flupyradifurone resistance in *Myzus persicae* populations from peach and tobacco in Greece (2022)
  17. Imre Mezeia, Pablo Bielzab, Melissa W. Siebertc, Maria Torned, Luis E. Gomezc, Pablo Valverde-Garciac, Ana Belandob, Inmaculada Morenob, Carolina Grávalosb, Dina Cifuentesb, Thomas C. Sparksc (2020). Sulfoxaflor efficacy in the laboratory against imidacloprid-resistant and susceptible populations of the green peach aphid, *Myzus persicae*: Impact of the R81T mutation in the nicotinic acetylcholine receptor
  18. Jansen JP, Defrance T and Warnier AM (2011) Side effects of flonicamide and pymetrozine on five aphid natural enemy species. *BioControl* 56, 759–770.
  19. Margaritopoulos JT, Malarky G, Tsitsipis JA and Blackman RL, Microsatellite DNA and behavioural studies provide evidence of hostmediated speciation in *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Biol J Linn Soc* 91:687–702 (2007).
  20. Margaritopoulos JT, Skouras PJ, Nikolaidou P, Manolikaki J, Maritsa K, Tsamandani K et al., Insecticide resistance status of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) populations from peach and tobacco in mainland Greece. *Pest Manag Sci* 63:821–829 (2007).
  21. Margaritopoulos JT, Tsitsipis JA, Goudoudaki S and Blackman RL, Life cycle variation of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) in Greece. *Bull Entomol Res* 92:309–319 (2002).
  22. Margaritopoulos JT, Kati AN, Voudouris CC, Skouras PJ and Tsitsipis JA, Long-term studies on the evolution of resistance of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) to insecticides in Greece. *Bull Entomol Res* 111:1–16 (2021).



23. Margaritopoulos JT, Kasprowicz L, Malloch GL and Fenton B, Tracking the global dispersal of a cosmopolitan insect pest, the peach potato aphid. *BMC Ecol* 9:13 (2009).
24. Moores GD, Devine GJ and Devonshire AL (1994) Insecticide-insensitive acetylcholinesterase can enhance esterase-based resistance in *Myzus Persicae* and *Myzus nicotianae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 49, 114–120.
25. Morita M, Yoneda T and Akiyoshi N (2014) Research and development of a novel insecticide, flonicamid. *Journal of Pesticide Science* 39, 179–180.
26. Nabeshima T, Kozaki T, Tomita T and Kono Y (2003) An amino acid substitution on the second acetylcholinesterase in the pirimicarb-resistant strains of the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 307, 15–22.
27. Nauen R, Reckmann U, Thomzik J and Thielert W (2008) Biological profile of spirotetramat (Movento®) – a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer Crop Science Journal* 61, 245–278
28. Nauen R, Jeschke P, Velten R, Beck ME, Ebbinghaus-Kintscher U, Thielert W et al., Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. *Pest Manag Sci* 71:850–862 (2015).
29. Puinean AM, Foster SP, Oliphant L, Denholm I, Field LM, Millar NS et al., Amplification of a cytochrome P450 gene is associated with resistance to neonicotinoid insecticides in the aphid *Myzus persicae*. *PLoS Genet* 6:e1000999 (2010).
30. Skouras P, Study on the bio-ecology, the population genetics and the insecticide resistance of the aphid *Myzus persicae* and its natural enemies. PhD Thesis, University of Thessaly, Volos, Greece (2009)
31. Voudouris CC, Kati AN, Sadikoglou E, Williamson M, Skouras PJ, Dimotsiou O et al., Insecticide resistance status of *Myzus persicae* in Greece: long-term surveys and new diagnostics for resistance mechanisms. *Pest Manag Sci* 72:671–683 (2016).
32. Voudouris CC, Williamson MS, Skouras PJ, Kati AN, Sahinoglou AJ and Margaritopoulos JT, Evolution of imidacloprid resistance in *Myzus persicae* in Greece and susceptibility data for spirotetramat. *Pest Manag Sci* 73:1804–1812 (2017).
33. Wang Z-H, Gong Y-J, Jin G-H, Zhu L and Wei S-J (2016) Effects of spirotetramat on development and reproduction of *Myzus Persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Austral Entomology* 55, 235–241.