

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. 140
Ημερομηνία 16-10-2006

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ**  
**ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΛΗΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ**  
**ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ**

**Πτυχιακή Διατριβή**

**ΜΠΡΑΝΙΩΤΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

**Μελέτη της ανθεκτικότητας της αφίδας *Myzus persicae*  
(Hemiptera: Aphididae) στο εντομοκτόνο imidacloprid.**

**ΝΕΑ ΙΩΝΙΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2006**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5750/1

Ημερ. Εισ.: 27-08-2007

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ

2006

ΜΠΡ

## **ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Ι.ΤΣΙΤΣΙΠΗΣ:** Καθηγητής Εντομολογίας

**Π. ΛΟΛΑΣ:** Καθηγητής Ζιζανολογίας

**Ν. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ:** Επικ. Καθηγητής Εντομολογίας

Στην οικογένεια μου

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον υπεύθυνο επιβλέποντα καθηγητή κ. Ι Τσιτσιπή για τη δυνατότητα που μου έδωσε για την υπόδειξη του συγκεκριμένου θέματος καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Ι. Μαργαριτόπουλο και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Π. Σκούρα, προσωπικό του Εργαστηρίου Εντομολογίας, για την πολύτιμη συμβολή τους στην καθοδήγηση και διεξαγωγή των πειραμάτων και τη βοήθεια τους σε φάσεις της εργασίας. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους μεταπτυχιακούς φοιτητές καθώς και τους προπτυχιακούς συμφοιτητές μου Μ. Παπαγιάννη, Σ. Σωτηρίου και Ι.Μανωλικάκη του εργαστηρίου Εντομολογίας για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράστασή τους.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	1
Σκοπός της εργασίας.....	3
Περίληψη.....	4
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1. Αφίδες.....	7
1.1.1. Συστηματική κατάταξη-Περιγραφή.....	7
1.1.2. Βιολογικός κύκλος αφίδων.....	9
1.1.2.1. Ζημιές.....	12
1.1.2.2. Φυσιικοί εχθροί.....	12
1.1.2.3. Καταπολέμηση.....	13
1.1.3. <i>Myzus persicae</i> (Sulzer).....	14
1.1.3.1. Περιγραφή.....	14
1.1.3.2. Ξενιστές.....	14
1.1.3.3. Βιολογία – Ζημιές.....	15
2. Ανθεκτικότητα.....	16
2.1. Παρουσία ανθεκτικών εντόμων στις καλλιέργειες.....	16
2.2. Ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα.....	17
2.3. Είδη ανθεκτικότητας.....	17
2.4. Πως αναπτύσσεται η ανθεκτικότητα.....	18
2.5. Γιατί υπάρχει ανησυχία ως προς τον έλεγχο της ανθεκτικότητας;.....	18
2.6. Τακτικές διευθέτησης ανθεκτικότητας.....	19
2.7. Προβλήματα ανθεκτικότητας των εντόμων στα εντομοκτόνα στην Ελλάδα.....	20
2.7.1. <i>M. persicae</i> .....	22
2.7.2. <i>Myzus nicotianae</i> .....	22
2.8. Μηχανισμοί ανθεκτικότητας.....	23
2.8.1. Αυξημένη αποικοδόμιση εντομοκτόνων.....	23
2.8.2. Μείωση της ευαισθησίας του στόχου δράσης των εντομοκτόνων.....	24
2.8.3. Παρεμπόδιση του εντομοκτόνου να φτάσει στο στόχο.....	25
2.8.4. Αλλαγή του στόχου δράσης.....	26
2.9. Ανίχνευση ανθεκτικότητας.....	27
2.9.1. Βιοδοκιμές ανίχνευσης ανθεκτικότητας με την μέθοδο της τοπική εφαρμογής με την χρήση μικροσυρίγγων (Hamilton).....	27
2.9.2. Βιοδοκιμές ανίχνευσης ανθεκτικότητας με την μέθοδο της Στιγμαΐας Εμβάπτισης (Rapid Dip Test) FAO και MACE.....	27
2.9.3. Βιοδοκιμές ανίχνευσης ανθεκτικότητας με μέτρηση της Ενζυματικής Δράσης Ολικής Εστεράσης (Total esterase Activity Test).....	28
3. Καλλιέργειες.....	29
3.1. Καπνός.....	29
3.1.1. Ιστορικά δεδομένα.....	29
3.1.2. Παγκόσμια σημασία του καπνού.....	29
3.1.3. Σημασία του καπνού στην Ελλάδα.....	31
3.1.4. Μορφολογία και ταξινόμηση.....	32
3.1.4.1. Γενική ταξινόμηση.....	32
3.1.4.2. Μορφολογία του <i>N. tabacum</i> L.....	32
3.1.4.3. Ταξινόμηση του <i>N. tabacum</i> .....	34
3.1.5. Εχθροί και ασθένειες.....	35
3.2. Ροδακινιά.....	37
3.2.1. Οικονομική σημασία της καλλιέργειας για την Ελλάδα.....	37
3.2.2. Συστηματική Κατάταξη – Γενικά χαρακτηριστικά.....	38
3.2.3. Ιστορία – Γεωγραφική κατανομή – Καλλιεργητικές συνθήκες.....	38
3.2.4. Ποικιλίες ροδακινιάς.....	39
3.2.5. Εχθροί και ασθένειες της ροδακινιάς.....	40
Ασθένειες.....	40
Εχθροί.....	40
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	42
Εισαγωγή.....	43
4. Υλικά και Μέθοδοι.....	44

4.1. Πειραματικό Υλικό.....	44
4.2. Μέθοδος δειγματοληψίας.....	44
4.3. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.....	45
4.4. Πειραματική διαδικασία.....	46
4.5. Στατιστική ανάλυση.....	48
4.6. Τρόπος δημιουργίας διαλύμάτων.....	48
4.7. Διαλύματα.....	48
5. Αποτελέσματα.....	50
6. Συζήτηση.....	54
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>57</b>
Abstract.....	62

## Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της ανάπτυξης ανθεκτικότητας της αφίδας *Myzus persicae* σε εντομοκτόνα. Το εντομοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε καλύπτει την ομάδα των νεονικοτινοειδών με την ονομασία imidacloprid μιας και έχει το πλεονέκτημα του ελέγχου της αφίδας αυτή τη στιγμή και ενώ είναι γνωστό ότι έχει αναπτύξει ισχυρή ανθεκτικότητα στις ομάδες των Ορς, καρβαμιδικών και πυρεθροειδών. Οι κλώνοι που χρησιμοποιήθηκαν συλλέχθηκαν από τον κύριο ξενιστή, τη ροδακινιά, από περιοχές της Μελίκης, Κατερίνης, Βελεστίνου και Λεχωνίων. Επίσης, κλώνοι συλλέχθηκαν και από την καλλιέργεια του καπνού από τις περιοχές της Κρύας Βρύσης, Μελίκης, Κατερίνης, Καρδίτσας, Αμφίκλειας και Ναυπλίου.

Η μελέτη της ανάπτυξης ανθεκτικότητας μας δίνει τη δυνατότητα να ελέγχουμε σε πιο βαθμό το έντομο έχει αναπτύξει μηχανισμούς ανθεκτικότητας και ανάλογα να μας κατευθύνει όσον αφορά τις τακτικές διεύθεσης που πρέπει να ακολουθηθούν. Άλλωστε, η ανεξέλεγκτη χρήση εντομοκτόνων θα καταστήσει την αντιμετώπιση των εντόμων αδύνατη και η αξία των φαρμάκων θα εκμηδενιστεί.



## Περίληψη

Η αφίδα *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera, Aphididae) είναι έντομο που έχει αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς ανθεκτικότητας σε εντομοκτόνα εδώ και πολλά χρόνια. Η υψηλή ικανότητα αναπαραγωγής των αφίδων και ο σύντομος βιολογικός τους κύκλος (επιτρέποντας μεγάλο αριθμό γενεών ετησίως), σε συνδυασμό με την ανάγκη διατήρησης του πληθυσμού κάτω από το επίπεδο οικονομικής ζημίας που επιτάσσει το μεγάλο αριθμό εφαρμογών, δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για ανάπτυξη ανθεκτικότητας καθώς και αποτυχία ελέγχου τους (Welling *et al* 1989). Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη ανίχνευσης ανθεκτικότητας στο εντομοκτόνο imidacloprid και ο βαθμός στον οποίο αυτή εμφανίζεται. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι της «τοπικής εφαρμογής»

Ένα σύνολο 54 κλώνων αφίδων συλλέχθηκαν από καλλιέργεια καπνού *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) και ροδακινιάς *Prunus persica* (Rosaceae) και εξετάστηκαν. Σχετικά με την καλλιέργεια του καπνού συλλέχθηκαν έξι κλώνοι από την Κρύα Βρύση, πέντε από τη Μελίκη, τέσσερις από την Κατερίνη, πέντε από την Αμφίκλεια, έξι από την Καρδίτσα και τέσσερις από το Ναύπλιο. Όσον αφορά τη ροδακινιά συλλέχθηκαν έξι κλώνοι από τη Μελίκη, ένας από την Κατερίνη, επτά από το Βελεστίνο και τέλος εννέα από τα Λεχώνια. Οι δόσεις που εφαρμόστηκαν ποικίλουν. Μετά τη μεταχείριση, τα έντομα διατηρούνταν σε θερμοκρασία 17°C και φωτοπερίοδο L16:D8. Η θνησιμότητα υπολογιζόταν με την παρέλευση 24, 48 και 72 ωρών.

Τα αποτελέσματα του πειράματος επιβεβαίωσαν για ακόμη μία φορά την ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα νεονικοτινοειδή. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή imidacloprid είναι αρκετά ενδιαφέροντα αφού ο παράγων ανεκτικότητας RR λαμβάνει τιμές από 1.3 έως 8.61 στη ροδακινιά και 1 έως 13.09 στον καπνό.

## **ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

---

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστά 4000 είδη αφίδων τα οποία τρέφονται από τους χυμούς των φυτών. Τα χαρακτηριστικά που τα διακρίνουν από τα άλλα έντομα είναι η ιδιομορφία του βιολογικού τους κύκλου, η στενή τους σχέση με το φυτό ξενιστή, ο πολυμορφισμός τους (η εμφάνιση εντός του είδους διαφορετικών μορφών) και η ικανότητά τους να αναπαράγονται αγενώς και εγγενώς.

Το *M. persicae* είναι κοσμοπολίτικο είδος και συναντάται σε όλες τις περιοχές του πλανήτη. Έχει μεγάλη οικονομική σημασία για πολλές καλλιέργειες λόγω των άμεσων και έμμεσων ζημιών που προκαλεί. Οι πυκνοί συνήθως πληθυσμοί τους, ο μεγάλος αριθμός γενεών το έτος, που συχνά ξεπερνά τις 10, και η μετάδοση ιών στα φυτά, κατατάσσουν τις αφίδες ανάμεσα στους πιο βλαβερούς εχθρούς των καλλιεργούμενων φυτών.

Σημαντικός περιοριστικός παράγοντας των πληθυσμών των αφίδων είναι οι φυσικοί εχθροί, και σε αρκετές περιπτώσεις τους ελέγχουν ικανοποιητικά. Ανάμεσα στους φυσικούς εχθρούς είναι αρπακτικά: Δίπτερα (Syrphidae, Cecidomyiidae), Νευρόπτερα (Hemeroptera, Chrysopidae), Κολεόπτερα (Coccinellidae, Carabidae, Staphylinidae), παρασιτοειδή: Υμενόπτερα (Proctotrupidae, Chalcididae, Braconidae) και εντομοπαθογόνοι μύκητες των γενών όπως *Empusa* (Zygomycota), *Entomophthora* (Zygomycota), *Verticillium* (Hyphomycetes) κ.ά.

Ωστόσο, η χημική καταπολέμηση αποτελεί το σημαντικότερο τρόπο αντιμετώπισης των αφίδων κυρίως κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο όπου ο πληθυσμός είναι ιδιαίτερα αυξημένος (Τζανακάκης 1980). Δυστυχώς όμως, τα τελευταία χρόνια σημειώνεται ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε πολλά από τα εντομοκτόνα με αποτέλεσμα να επιβιώνουν μετά την εφαρμογή. Οι μηχανισμοί ανθεκτικότητας είτε εμποδίζουν τα εντομοκτόνα να φθάσουν στο στόχο μέσα στο έντομο (αυξημένη ποσότητα ενζύμου εστεράσης E4) ή αλλάζουν τη σύνθεση του στόχου (MACE, Kdr).

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν 54 κλώνοι του *M. persicae*, που συλλέχθηκαν από δύο ξενιστές (ροδακινιά, καπνός) και περιοχές της Μακεδονίας, Κεντρικής Ελλάδας (Θεσσαλία) και Νότιας Ελλάδας (Στερεά Ελλάδα, Πελοπόννησο) με στόχο τη διαπίστωση ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε νεονικοτινοειδή (imidacloprid). Η μελέτη έγινε με τη βοήθεια της μεθόδου «τοπικής εφαρμογής» σε ενήλικα θηλυκά παρθενογενετικά άτομα.

## 1.1. Αφίδες

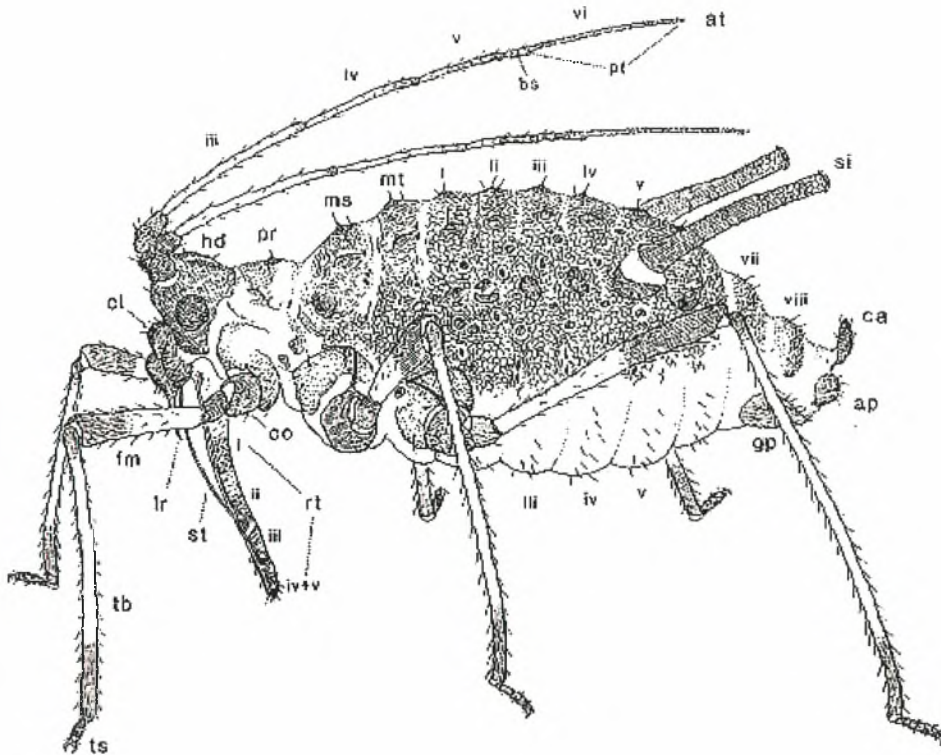
### 1.1.1. Συστηματική Κατάταξη – Περιγραφή

Οι αφίδες είναι έντομα που εμφανίζονται συχνά και σε πολλές καλλιέργειες και είναι γνωστές με τα κοινά ονόματα μελίγκρα, ψύλλοι και ψείρες. Ανήκουν στην υπεριοικογένεια Aphidoidea στη σειρά Sternorrhyncha της τάξης Homoptera, στην οποία έχουν περιγραφεί περίπου 4000 είδη.

Για τη συστηματική κατάταξη των αφίδων έχουν προταθεί δύο συστήματα ταξινόμησης. Ο Heie (1980) κατατάσσει τις αφίδες σε δύο υπεριοικογένειες: Phylloxeroidea και Aphidoidea. Στην πρώτη τοποθετεί τις οικογένειες Adelgidae, Phylloxeridae και στη δεύτερη τις: Mindaridae, Hormaphididae, Phloeomyzidae, Thelaxidae, Anoecilidae, Pemphigidae, Drepanosiphidae, Greenideidae, Aphididae και Lachnidae. Οι Remaudière & Stroyan (1984) ταξινομούν τις αφίδες σε μια υπεριοικογένεια, την Aphidoidea, στην οποία τοποθετούν τρεις οικογένειες: Adelgidae, Phylloxeridae και Aphididae. Στην οικογένεια Aphididae εντάσσονται 20 υποοικογένειες: Pemphiginae, Mindarinae, Hormaphidinae, Tamaliinae, Neophyllaphidinae, Phloeomyzinae, Lizeriinae, Greenideinae, Anoecilinae, Thelaxinae, Phyllaphidinae, Saltusaphidinae, Macropodaphidinae, Drepanosiphinae, Israelaphidinae, Chaitophorinae, Lachninae, Pterocommatinae, Parachaitophorinae και Aphidinae. Ορισμένοι συγγραφείς ακολουθούν την ταξινόμηση των Remaudière και Stroyan, όπως οι Blackman & Eastop (1984) και άλλοι (Ilharco & Van Harten 1987) αυτή του Heie.

Οι αφίδες είναι έντομα μικρού μεγέθους με μαλακό σώμα, γενικό σχήμα ωοειδές και μήκος 1-10 mm. Τα κυριότερα μορφολογικά χαρακτηριστικά που διακρίνουν τις αφίδες από τα άλλα έντομα είναι: (1) Η βάση του ρύγχους βρίσκεται μεταξύ και εμπρός από τα ισχία του πρώτου ζεύγους ποδιών (2) Η κεραία αποτελείται από δύο βασικά άρθρα (σκάπος και ποδίσκος) και το σχετικά λεπτό μαστίγιο, που συνήθως έχει τέσσερα άρθρα. Το τελευταίο άρθρο της κεραίας αποτελείται από το βασικό τμήμα, και την τελική απόληξη (3) Κάτω από κάθε σύνθετο οφθαλμό υπάρχει ένας οπτικός λοβός με τρία οματίδια (τριοματίδιο) (4) Ο ταρσός αποτελείται από 2 άρθρα (5) Οι πτέρυγες έχουν μόνο ένα χαρακτηριστικό επίμηκες νεύρο (6) Στη ραχιαία πλευρά του πέμπτου κοιλιακού άρθρου υπάρχει ένα ζεύγος από σιφώνια ή κεράτια

(τα σιφώνια είναι εκφορητικοί αγωγοί αδένων που παράγουν φερομόνες συναγερμού)  
(Dixon 1998).



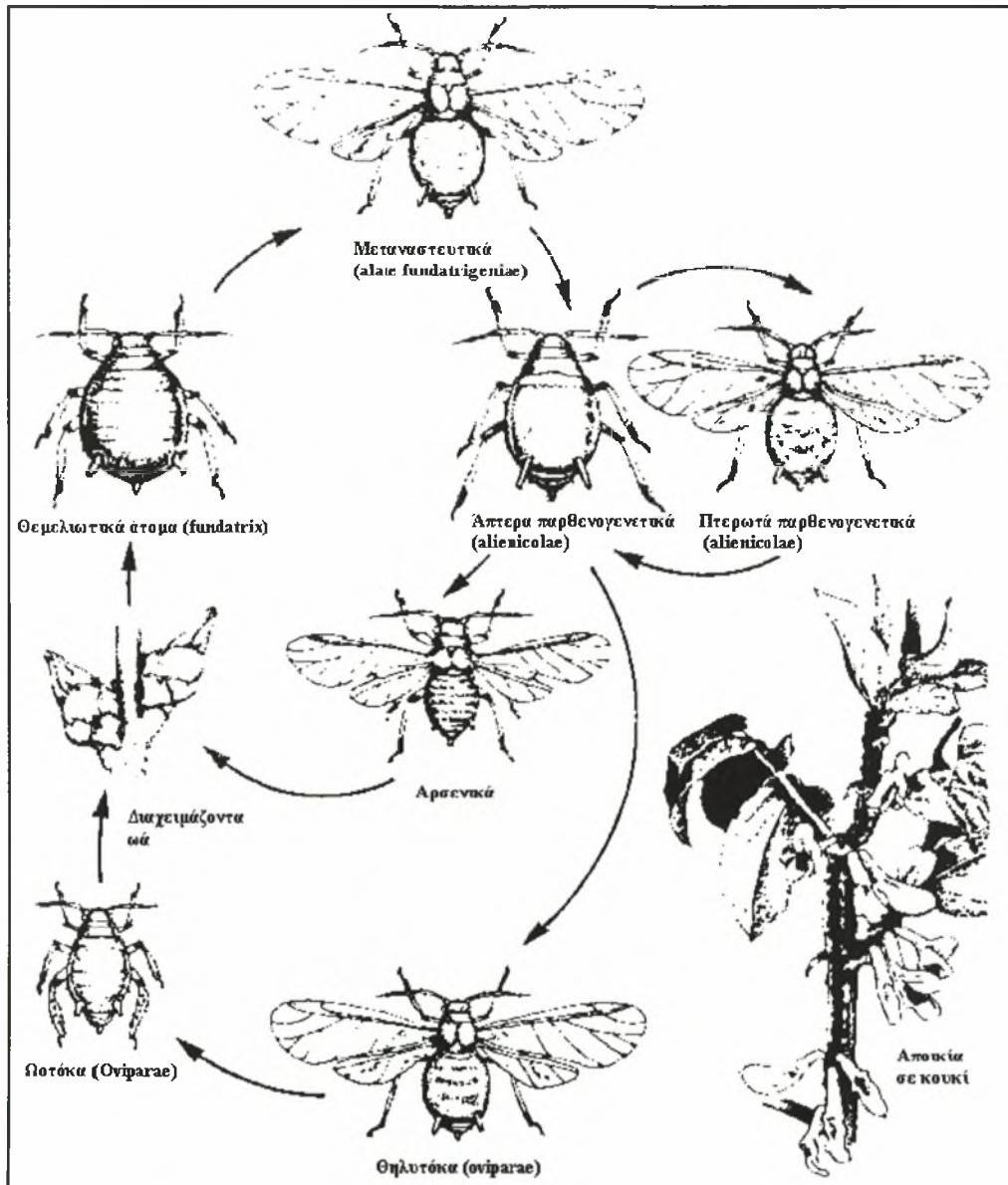
**Σχήμα 1.** Πλευρική όψη άπτερου παρθενογενετικού θηλυκού του *Macromyzus woodwardiae* (Takahashii). ap: εδρική πλάκα, at: κεραία, bs: βασικό τμήμα του τελευταίου άρθρου της κεραίας, ca: ουρίτσα, cl: επιστόμιο co: ισχύον, fm: μηρός, gp: γενετική πλάκα, hd: κεφαλή, lr: άνω χείλος ms: μεσοθώρακας, mt: μεταθώρακας, pr: προθώρακας, pt: τελικό τμήμα του τελευταίου άρθρου της κεραίας, rt: ρύγχος, si: σιφώνια, st: στιλέτα, tb: κνήμη, ts: ταρσός . Οι Λατινικοί αριθμοί υποδηλώνουν τον αριθμό του άρθρου (τροποποιημένο από Miyazaki 1987).

Οι αφίδες ζουν συνήθως σε τρυφερούς βλαστούς και τρυφερά φύλλα διαφόρων φυτών. Μερικά είδη είναι ριζόβια ή φυλλόβια και ριζόβια και αρκετά είναι κηκιδόβια, ζουν δηλαδή μέσα σε κηκίδες στο φύλλωμα των φυτών-ξενιστών τους, που δημιουργούνται από την αντίδραση του φύλλου στις αφίδες. Ζουν συνήθως σε ομάδες η μια κοντά στην άλλη και οι αποικίες τους μπορεί να σκεπάσουν σε ορισμένα φυτά ολόκληρο το κορυφαίο μέρος των νέων βλαστών.

### 1.1.2. Βιολογικός κύκλος αφίδων

Ο διαχωρισμός των αφίδων σε σχέση με το βιολογικό τους κύκλο γίνεται σε δύο ομάδες με βάση την εναλλαγή ή τη μη εναλλαγή ξενιστή, στις μονόοικες (μη μεταναστευτικές) και στις ετερόοικες (μεταναστευτικές) αφίδες. Τα μονόοικα είδη τρέφονται στο ίδιο πολυετές ή ποώδες φυτό κατά τη διάρκεια του έτους. Τα ετερόοικα είδη μεταναστεύουν μεταξύ του πρωτεύοντος ξενιστή, που είναι κυρίως δένδρο και παραμένουν από το φθινόπωρο ως το τέλος της άνοιξης και το καλοκαίρι σε ένα ή περισσότερα είδη δευτερευόντων ξενιστών, που είναι κυρίως ποώδη φυτά. Περίπου 10 % των αφίδων είναι ετερόοικες, όπως για παράδειγμα η αφίδα των μηλοειδών *Dysaphis plantaginea* Passerini (Homoptera, Aphididae), η οποία έχει ως πρωτεύοντα ξενιστή τη μηλιά *Pyrus malus* L. (Rosaceae) και ως δευτερεύοντα ξενιστή το αυτοφυές *Plantago lanceolata* L. (πεντάνευρο) (Plantaginaceae), η μαύρη αφίδα των κουκιών *Aphis fabae* Scopoli (Homoptera, Aphididae) έχει ως πρωτεύοντα ξενιστή το ευώνυμο *Euonimus europaeus* L. (Celasteraceae) και δευτερεύοντες ξενιστές τα κουκιά *Vicia faba* L. (Papilionaceae) τα λάπαθα *Rumex* sp. (Polygonaceae) και άλλα ποώδη φυτά.

Στα ετερόοικα είδη τα χειμερινά ωά γεννιούνται το φθινόπωρο στο φλοιό του κύριου ξενιστή. Την άνοιξη τα ωά εκκολάπτονται και δίνουν άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά, που ονομάζονται θεμελιωτικά ή ιδρυτικά άτομα (fundatrix). Ακολουθούν παρθενογενετικές γενιές με άπτερα που παρουσιάζουν προοδευτική μεταβολή στη μορφολογία τους (Lees, 1966). Έπειτα από ορισμένο αριθμό γενεών, γεννιούνται τα πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά (alatae) που διασπείρονται σε φυτά του ίδιου είδους με τον κύριο ξενιστή ή μεταναστεύουν στους δευτερεύοντες ποώδεις ξενιστές. Την άνοιξη και το καλοκαίρι στους δευτερεύοντες ξενιστές η μία παρθενογενετική γενιά διαδέχεται την άλλη. Εκτός από άπτερες μορφές παράγονται πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά (alptere και alate) που μεταναστεύουν σε άλλα φυτά και συνεχίζουν την παρθενογενετική αναπαραγωγή. Το φθινόπωρο, καθώς η διάρκεια της ημέρας μειώνεται, στα Aphididae παράγονται στο δευτερεύοντα ξενιστή θηλυτόκα πτερωτά (gynoparae) και αρσενικά, που θα μεταναστεύσουν στον κύριο ξενιστή. Εκεί τα θηλυτόκα θα γεννήσουν τα θηλυκά (oviparae), που εναποθέτουν τα χειμερινά ωά μετά από σύζευξη με τα αρσενικά. Στα ετερόοικα είδη άλλων οικογενειών π.χ. Pemphigidae παράγονται στους δευτερεύοντες ξενιστές μόνο μια μεταναστευτική μορφή, που είναι πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά και ονομάζονται φυλογόνα



Σχήμα 2. Βιολογικός κύκλος του ετερόοικου είδους *Aphis fabae* Scopoli (Γροποποιημένο από Blackman & Eastop 1984).

(sexuparae). Τα φυλογόνα γενούν στον πρωτεύοντα ξενιστή άπτερα αρσενικά και ωοτόκα θηλυκά. Τα πτερωτά θηλυκά που επιστρέφουν στον πρωτεύοντα ξενιστή, συχνά παρουσιάζουν μορφολογικές διαφορές από αυτά που μεταναστεύουν την άνοιξη στους δευτερεύοντες ξενιστές (Blackman & Eastop 2000).

Στα μονόοικα είδη αφίδων ο παραπάνω ετήσιος κύκλος συμπληρώνεται σε έναν ξενιστή, στο ίδιο φυτό ή σε φυτά του ίδιου είδους. Το φθινόπωρο άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά (φυλογόνα) θα γεννήσουν ωοτόκα και αρσενικά. Τα αρσενικά συνήθως είναι άπτερα γιατί δεν χρειάζεται να μεταναστεύσουν για να

ολοκληρωθεί ο βιολογικός τους κύκλος. Σε ορισμένα είδη παράγονται πτερωτά και άπτερα αρσενικά.

Διάφορες κατηγορίες βιολογικού κύκλου είναι γνωστές μεταξύ των αφίδων (Lampel 1968). Για το είδος *M. persicae* καθώς και για άλλα είδη, όπως το *Rhopalosiphum padi* L. (Homoptera, Aphididae), *Sitobion avenae* f (Homoptera, Aphididae) και *A. Faba* (Scorol), έχουν περιγραφεί τέσσερις κατηγορίες βιολογικού κύκλου: ο ολοκυκλικός, ο ανολοκυκλικός, ο ανδροκυκλικός και οι ενδιάμεσοι. Οι ολοκυκλικοί κλώνοι αναπαράγονται σεξουαλικά καθώς κατά το φθινόπωρο, με τη μείωση της διάρκειας της ημέρας, παράγουν αρσενικά και ωτόκα που θα συζευχθούν και θα δώσουν τα διαπαύοντα ωά. Τα ωά παράγονται στον πρωτεύοντα ξενιστή, στον οποίο και διαχειμάζουν (κυκλική παρθενογένεση). Οι ανολοκυκλικοί κλώνοι δεν έχουν τη δυνατότητα παραγωγής σεξουαλικών μορφών και διαχειμάζουν και αναπαράγονται με παρθενογενετικές μορφές σε αυτοφυή φυτά ή σε χειμερινές καλλιέργειες.



**Εικόνα 1.** Αποικία αφίδων.

Οι ανδροκυκλικοί κλώνοι παράγουν το φθινόπωρο παρθενογενετικά θηλυκά καθώς και αρσενικά τα οποία μπορούν να συζευχθούν με θηλυκά των ολοκυκλικών κλώνων (Blackman 1971, 1972, Simon 1991). Οι ενδιάμεσοι κλώνοι κατά την ίδια περίοδο παράγουν παρθενογενετικά άτομα και μικρό αριθμό αρσενικών και ωτόκων.

Οι διάφορες κατηγορίες βιολογικού κύκλου καθώς και οι διάφορες μορφές ατόμων, αποτελούν σημαντικό παράγοντα της εξέλιξης των αφίδων. Στα εύκρατα κλίματα οι συνθήκες διαβίωσης των αφίδων στα δέντρα και σε ποώδη φυτά είναι ευνοϊκές την άνοιξη αλλά παύουν να είναι ευνοϊκές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με τη μείωση της ανάπτυξης των βλαστών και την ωρίμανση των



φύλλων. Επομένως, η εξέλιξη των αφίδων συσχετίζεται με το συγχρονισμό του βιολογικού κύκλου του ξενιστή και του εντόμου, με την ποικιλία μορφών, τρόπου διαχείμασης, εναλλαγή ξενιστή και εξειδίκευση διατροφής με αποτέλεσμα τα διάφορα είδη των αφίδων να μπορούν και αποφεύγουν τις δυσμενείς για την επιβίωσή τους συνθήκες και συντείνουν στην επιβίωση και διαίωνισή τους (Shaposhnikov 1985).

#### 1.1.2.1. Ζημίες

Οι αφίδες αφαιρούν μεγάλη ποσότητα χυμού από τα φυτά και το νύγμα πολλών ειδών προκαλεί συστροφή των φύλλων, πράγμα που τις προστατεύει από το ψεκαστικό υγρό και δυσκολεύει την καταπολέμησή τους, όταν δεν γίνει έγκαιρα. Τα άφθονα μελιτώδη αποχωρήματα ορισμένων ειδών ρυπαίνουν το φυτό και τους καρπούς και ευνοούν την ανάπτυξη καπνιάς και τα μυρμήγκια που προστατεύουν τις αφίδες διώχνοντας τα αφιδοφάγα έντομα. Οι αφίδες είναι η κυριότερη κατηγορία εντόμων που μεταδίδει φυτοπαθογόνους ιούς. Μεταδίδουν μη-έμμοτους, ημι-έμμοτους και έμμοτους ιούς. Οι συνήθως πυκνοί πληθυσμοί των αφίδων, ο μεγάλος αριθμός γενεών το έτος, που συχνά ξεπερνά τις 10 και η μετάδοση ιών στα φυτά, κατατάσσουν τις αφίδες ανάμεσα στους πιο βλαβερούς εχθρούς των καλλιεργούμενων φυτών. Το ότι με φυσικές συνθήκες οι αφίδες δεν καταστρέφουν τη φυτική παραγωγή, οφείλεται κατά μέγα μέρος στους πολλούς και αποτελεσματικούς φυσικούς εχθρούς τους (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος 1998).

#### 1.1.2.2. Φυσικοί εχθροί

Ανάμεσα στους αποτελεσματικούς φυσικούς εχθρούς των αφίδων είναι αρπακτικά Neuroptera των οικογενειών Chrysopidae και Hemerobiidae, αρπακτικά Coleoptera της οικογένειας Coccinellidae, όπως *Adalia bipunctata* (L.) και *Coccinella septempunctata* (L.), αρπακτικά Diptera της οικογένειας Syrphidae και παρασιτοειδή Hymenoptera των οικογενειών Braconidae, Chalcididae και Proctotrypidae. Είδη της υποοικογένειας Aphidiinae είναι κοινά και μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη θνησιμότητα σε αφίδες όπως οι *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), *Aphis gossypii* (Glover) και *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe). Εντομοπαθογόνοι μύκητες του γένους *Entomophthora* είναι αποτελεσματικοί σε συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας, αλλά όχι στο ύπαιθρο στις παραμεσόγειες περιοχές (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος 1998).

### 1.1.2.3. Καταπολέμηση

Η πλέον συνηθισμένη μέθοδος για τον έλεγχο των πληθυσμών του εντόμου αυτού, είναι η χρήση εντομοκτόνων. Πριν από τον Β' παγκόσμιο πόλεμο, ο κύριος τρόπος χημικής καταπολέμησης ήταν η χρήση νικοτίνης και ορισμένων αρσενικούχων σκευασμάτων. Αυτά σκότωναν τις αφίδες όταν ψεκάζονταν πάνω στην καλλιέργεια αλλά δεν είχαν καμιά διασυστηματική ή υπολειμματική δράση. Αργότερα, συντέθηκε το DDT καθώς και άλλοι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, όπως το lindane. Τα σκεύασματά αυτά εμφάνιζαν υπολειμματική δράση αλλά όχι διασυστηματική. Λόγω προβλημάτων όμως που επέφεραν στο περιβάλλον, όπως η βιοσυσσώρευση τους, αποσύρθηκαν από την αγορά. Τα διασυστηματικά οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, έπειτα, έδωσαν νέα προοπτική για τον έλεγχο των αφίδων, κυρίως στο θέμα της μετάδοσης ιώσεων λόγω της αυξημένης υπολειμματικής τους δράσης, όπως π.χ. σε καλλιέργειες πατάτας. Αργότερα, η σύνθεση των καρβαμιδικών και των πυρεθροειδών αύξησε τις δυνατότητες αντιμετώπισης των εντόμων αυτών ενώ τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται κυρίως νεονικοτινοειδή σκεύασματά, όπως το imidacloprid καθώς και αντιτροφικά, π.χ. pymetrozine, το οποίο θεωρείται κατάλληλο για πολλά μυζητικά έντομα (Foster *et al.* 2002).

Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ενός αφιδοκτόνου σκευάσματος είναι η εκλεκτική τοξικότητα του για τους οργανισμούς στόχους, να έχει διασυστηματική δράση, να έχει ικανοποιητική υπολειμματική δράση, να δρα ταχέως και να έχει μικρή τοξικότητα. Τα αφιδοκτόνα, πρέπει να μην έχουν καμιά επίδραση πάνω στα αρπακτικά και τα παρασιτοειδή των αφίδων. Επίσης, δεν πρέπει να επηρεάζουν τους επικονιαστές των καλλιεργούμενων φυτών, όπως π.χ. τους βομβίνους και τις μέλισσες. Επιπλέον, δεν πρέπει να είναι τοξικά σε άλλα ζώα (θηλαστικά, πουλιά). Η διασυστηματική ιδιότητά τους είναι πολύ σημαντική τόσο ως προς την μείωση του αριθμού των επεμβάσεων όσο και ως προς την προστασία των φυτών από τις αφιδομεταδιδόμενες φυτονόσους. Όσον αφορά την προστασία των καλλιεργειών από τους αφιδομεταδιδόμενους ιούς, σημαντική είναι η ταχεία δράση του σκευάσματος όπως επίσης και η υπολειμματική του διάρκεια. Τέλος, δεν πρέπει τα σκεύασματά αυτά να είναι φυτοτοξικά.

### 1.1.3. *Myzus persicae* (Sulzer)

#### 1.1.3.1. Περιγραφή

Το ακμαίο άπτερο θηλυκό έχει σώμα ωοειδές, χρώμα πράσινο-κίτρινο ή ρόδινο, μακριές κεραίες, λίγο μικρότερες του μήκους του σώματος του, που φύονται από χαρακτηριστικό λοβοειδές φυμάτιο στο μέτωπο. Τα σιφώνια είναι λεπτά και μακριά (περίπου 4mm) αλλά δεν ξεπερνούν την άκρη της κοιλίας και έχουν χρώμα πράσινο, ενώ η cauda είναι μικρή, στενόμακρη (περίπου 0,2mm), ανοιχτού χρώματος και έχει 3 ζευγάρια τριχών.

Στο ακμαίο πτερωτό η κεφαλή και ο θώρακας είναι μαύρου χρώματος, οι κεραίες σκούρες καστανές ισομεγέθεις με το σώμα, τα σιφώνια είναι υπόμαυρα έως καστανά, ελαφρά διογκωμένα στο μέσον, η cauda είναι σκοτεινή και οι πτέρυγες καλά αναπτυγμένες (Blackman & Eastop 2000).

Πιθανότατα, προέρχεται από την Ασία, καθώς από εκεί προέρχεται ο κύριος ξενιστής του.

#### 1.1.3.2. Ξενιστές

Είναι εξαιρετικά πολυφάγο έντομο που προσβάλλει πάνω από 400 διαφορετικούς ξενιστές. Από τα καλλιεργούμενα προσβάλλει είδη των Rosaceae, Rutaceae, Solanaceae, Papilionaceae και Cruciferae. Τα χειμερινά αυγά γεννιούνται κυρίως στη ροδακινιά και δευτερευόντως σε άλλα πυρηνόκαρπα (βερικοκιά, δαμασκηνιά, κερασιά, αμυγδαλιά) που αποτελούν τους κύριους ξενιστές. Εκτός από πολλά καρποφόρα δέντρα, η αφίδα αυτή προσβάλλει και πολλά ποώδη καλλιεργούμενα φυτά, όπως καπνό, πατάτα (*Solanum tuberosum*, Solanaceae), τομάτα (*Lycopersicon esculentum*, Solanaceae), μαρούλι (*Lactuca sativa*, Asteraceae), σιτάρι (*Avena sativa*, Graminae), καρότο (*Daucus carota*, Umbelliferae), κουκιά (*Vicia faba*, Papilionaceae), κ.α. (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος 1998).

### 1.1.3.3. Βιολογία – Ζημιές

Διαχειμάζει ως χειμερινό αυγό στην βάση των οφθαλμών ή λεπτών κλάδων του πρωτεύοντα ξενιστή του. Την άνοιξη (Μάρτιο), εκκολάπτεται το αυγό σε θεμελιωτική μορφή (fundatrices) που πηγαίνει στα εκπτυσσόμενα φύλλα και τρέφεται. Γεννά παρθενογενετικά 50-60 άτομα (άπτερα παρθενογενετικά, fundatrigeniae). Μετά από δύο με τρεις γενιές, πτερωτά άτομα (migrantes) μεταναστεύουν σε ποώδη φυτά (δευτερεύοντες ξενιστές), όπου κατά τη διάρκεια της περιόδου βλάστησης των φυτών η μια παρθενογενετική γενεά (alienicolae) διαδέχεται την άλλη. Το φθινόπωρο ή στις αρχές του χειμώνα, παράγονται στους δευτερεύοντες ξενιστές πτερωτά θηλυκά άτομα (θηλυγόνα, sexuparae) που μεταναστεύουν στον πρωτεύοντα ξενιστή. Εκεί τα θηλυγόνα άτομα γεννούν θηλυκά (sexuales) που συζευγνύονται με τα αρσενικά (sexuales) και στη συνέχεια γεννούν τα χειμερινά (διαχειμάζοντα) αυγά. Σε περιοχές με ζεστό χειμώνα, το έντομο αναπαράγεται παρθενογενετικά (αγενώς) όλες τις εποχές του έτους, χωρίς να χρειάζεται να γεννηθούν χειμερινά αυγά (Blackman & Eastop 2000).

Το *Myzus persicae* είναι ανθεκτικό στο κρύο και μπορεί να αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 5°C και 30°C. Προσβάλλει κατά προτίμηση τις κορυφές τρυφερών βλαστών και τρυφερά φύλλα, που συστρέφονται εξαιτίας της προσβολής. Εκτός από την αξιόλογη άμεση ζημιά στα φυτά, η αφίδα αυτή είναι σημαντικότερος φορέας σοβαρών ιών σε πολλά φυτά και ιδίως σε είδη τη οικογένειας Solanaceae. Επίσης, τα μελιτώδη αποχωρήματα της, όπως και των άλλων αφίδων, ρυπαίνουν το φύλλωμα και τους καρπούς και προκαλούν την ανάπτυξη των μυκήτων της καπνιάς (Blackman & Eastop 2000).

Εκτός από την αξιόλογη άμεση ζημιά που προκαλεί στα φυτά, θεωρείται ο πιο σοβαρός φορέας ιών, αφού μπορεί να μεταδώσει αποτελεσματικά περισσότερους από 100 ιούς φυτών (Kennedy et al. 1962). Μερικοί από τους έμμονους ιούς που μεταδίδει είναι ο ιός του ήπιου κιτρινίσματος των τεύτλων (BMV), της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού (TVD), του καρουλιάσματος των φύλλων του πιτσιλιού (PLR) και του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας (PLRV) (Blackman & Eastop 2000). Επίσης, το είδος μεταδίδει αποτελεσματικά και πολλούς μη έμμονους ιούς. Μερικοί από τους οποίους είναι: ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV), ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV), ο ιός της κίτρινης στιγμάτωσης της κολοκυθιάς (ZYFV), ο ιός του Υ της πατάτας (PVY), ο ιός

του Α της πατάτας (PVA), ο ιός του μωσαϊκού της μηδικής (AMV) (Brunt *et al.* 1996).

## 2. Ανθεκτικότητα

Η δραματική αύξηση του προβλήματος της ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα τα τελευταία 20 χρόνια οδήγησε τους επιστήμονες, γεωπόνους και τις βιομηχανίες παραγωγής αγροχημικών στο να συνειδητοποιήσουν την αναγκαιότητα της ορθολογικής χρήσης των εντομοκτόνων και να διαφυλάξουν την αποτελεσματικότητα των πολύτιμων χημικών προϊόντων.

Προκειμένου να μελετηθεί η έκταση του προβλήματος της ανθεκτικότητας, είναι απαραίτητο να διερευνηθούν οι μηχανισμοί που είναι υπεύθυνοι. Επίσης, για να γίνει σωστός έλεγχος των πληθυσμών των εντόμων είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν σωστές τακτικές, μερικές από τις οποίες θα αναφερθούν παρακάτω

Μέχρι το 1990 υπήρχαν πάνω από 500 είδη αρθρόποδων στα οποία αναφέρθηκε ανθεκτικότητα σε τουλάχιστον μια χημική ομάδα. Περίπου το 40% αυτών των ειδών είναι είδη υγειονομικού και κτηνιατρικού ενδιαφέροντος και το υπόλοιπο 60% αφορά σε έντομα των γεωργικών καλλιεργειών. Από τα είδη αρθρόποδων για τα οποία έχει αναφερθεί ανθεκτικότητα το 88% είναι έντομα (κλάση Insecta) και το 12% είναι ακάρεα και αραχνίδια (κλάση Arachnida, τάξη Acarina). Το 92% των ανθεκτικών ειδών εντόμων ανήκουν στις 4 τάξεις εντόμων τις εξής: Coleoptera (σκαθάρια), Diptera (μύγες), Heteroptera (αφίδες, βρωμούσες, ακρίδες και αλευρώδεις) και Lepidoptera (νυχτοπεταλούδες) (Soderlund *et al.* 1990; Denholm & Rowland 1992; Georgiou 1983).

### 2.1. Παρουσία ανθεκτικών εντόμων στις καλλιέργειες

Οι περισσότερες μεγάλες καλλιέργειες, παγκοσμίως, απειλούνται μέχρι κάποιο σημείο από τα έντομα που έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα. Τα πιο έντονα προβλήματα συνδέονται με το βαμβάκι (αφίδες, αλευρώδεις, ακάρεα) ρύζι (ακρίδες), φυλλοβόλα οπωροφόρα και ξινά (σκώροι, ψύλλες, ακάρεα αραχνών), λαχανικά (δορυφόρος, ακάρεα, αλευρώδης και αφίδες) και αποθηκευμένοι σπόροι (σκαθάρια).

## 2.2. Ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα

Αν και πρακτικώς όλα τα εντομοκτόνα επηρεάζονται από την ανθεκτικότητα, η εξάπλωσή της ποικίλει έντονα ανάμεσα στα είδη. Αν και από την ανθεκτικότητα επηρεάζονται περισσότερο τα παλαιότερα και πιο διαδεδομένα εντομοκτόνα, υπάρχει μια ανησυχητική αύξηση της ανθεκτικότητας και στα πιο καινούρια εντομοκτόνα. Για μερικά έντομα η ανθεκτικότητα εκτείνεται σε λίγες συγγενείς ουσίες της ίδιας ομάδας. Μπορεί δε να είναι αδύνατη και περιορισμένη σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή. Στο άλλο άκρο, κάποια πολύ δημοφιλή έντομα όπως η *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera, Yponomeutidae), ο δορυφόρος της πατάτας *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera, Chrysomelidae), η αφίδα της ροδακινιάς *M. persicae*, ο αλευρώδης του βαμβακιού *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera, Aleurodidae) είναι σε πάρα πολλά ή μάλλον σχεδόν σε όλα τα διαθέσιμα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμησή τους ανθεκτικά (Denholm *et al.* 1998b; Dennehy & Williams 1997; Horowitz 1994).

## 2.3. Είδη ανθεκτικότητας

Ένα σοβαρό βήμα στην αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας είναι ο προσδιορισμός της διασταυρούμενης ανθεκτικότητας που δίνει ο μηχανισμός που είναι παρών. Ο ορισμός **διασταυρούμενη ανθεκτικότητα** αναφέρεται στην ικανότητα ενός μηχανισμού να δίνει ανθεκτικότητα σε μια σειρά εντομοκτόνων, συνήθως (αλλά όχι πάντα) της ίδιας χημικής ομάδας. Ο προσδιορισμός κατηγοριών διασταυρούμενης ανθεκτικότητας είναι ουσιώδης για τη χρήση εντομοκτόνων κατά τέτοιο τρόπο (π.χ. εναλλαγή), ώστε να αποφεύγεται η συνεχής επιλογή του ίδιου ανθεκτικού μηχανισμού και χρήση εντομοκτόνων τα οποία επηρεάζονται λιγότερο από αυτόν τον μηχανισμό όταν είναι παρών. Ατυχώς η διαδικασία για την αντιμετώπιση ανθεκτικότητας μπορεί να γίνει περίπλοκη από την **πολλαπλή ανθεκτικότητα**, δηλαδή την παρουσία στο έντομο δύο ή περισσότερων μηχανισμών, ο καθένας με συγκεκριμένο τύπο διασταυρούμενης ανθεκτικότητας (Devonshire *et al.*; Field *et al.* 1997)

## 2.4. Πως αναπτύσσεται η ανθεκτικότητα

Όταν γίνει εφαρμογή με εντομοκτόνο αρχίζουν ν' αυξάνουν σε συχνότητα. Κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων της επιλογής, η ανθεκτικότητα μπορεί να έχει μικρή επίπτωση στο βαθμό αντιμετώπισης των εντόμων, παρά του ότι μπορεί να ανιχνευθεί με λεπτομερές βιοδοκιμές. Τελικώς, η συχνότητα των γονιδίων ανθεκτικότητας θα φθάσει σε τέτοιο στάδιο, ώστε οι δυσκολίες αντιμετώπισης να είναι φανερές. Το πόσο γρήγορα αυξάνεται η ανθεκτικότητα και το κατά πόσο μπορεί να γίνει ανεκτή εξαρτάται από ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων στους οποίους συμπεριλαμβάνονται το είδος της ζημιάς, το μέγεθος της καταστροφής, η ισχύς των μηχανισμών ανθεκτικότητας, η συχνότητα χρήσης των εντομοκτόνων και ένας μεγάλος αριθμός βιολογικών παραγόντων οι οποίοι πρέπει να μελετηθούν. Το κλειδί της επιτυχίας στον έλεγχο της ανθεκτικότητας βρίσκεται στο να αναγνωρισθούν όσο το δυνατό περισσότεροι παράγοντες προτού η ανθεκτικότητα φθάσει σε επίπεδα οικονομικής καταστροφής (Roush 1989).

Η ανθεκτικότητα αναπτύσσεται μέσω της επιλογής των γονιδίων ανθεκτικότητας, τα οποία υπάρχουν από τη φύση ανάμεσα στους πληθυσμούς των εντόμων. Προτού της χρήσης των συγκεκριμένων εντομοκτόνων, αυτά τα γονίδια απαντώνται σε χαμηλές συχνότητες και κατ' ουσία είναι αδύνατο ν' ανιχνευθούν με τις διαθέσιμες τεχνικές.

## 2.5. Γιατί υπάρχει ανησυχία ως προς τον έλεγχο της ανθεκτικότητας;

Υπάρχουν δύο βασικοί λόγοι ώστε να επιχειρηθεί να αντιμετωπισθεί η *ανθεκτικότητα* όσο πιο νωρίς γίνεται:

- Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας εμποδίζει την επιτυχή αντιμετώπιση. Η συνεχής επιλογή των γονιδίων ανθεκτικότητας οδηγεί σε μειωμένη αποτελεσματικότητα του ελέγχου και τελικώς στην εκμηδένιση της αξίας των εντομοκτόνων.
- Το να βρεθούν εντομοκτόνα με νέο τρόπο δράσης γίνεται ολοένα δυσκολότερο διότι είναι πολύ δαπανηρό να δημιουργηθούν και να πάρουν άδεια.

### ***Βασικοί κανόνες για ρεαλιστική και επιτυχή μεταχείριση:***

◇ Ο ευκολότερος τρόπος αντιμετώπισης της ανθεκτικότητας είναι η παύση εντελώς της χρήσης εντομοκτόνων, ωστόσο για το εγγύς μέλλον, ο έλεγχος των περισσότερων

βασικών εντόμων, θα συνεχίσει να βασίζεται ουσιαστικά στα εντομοκτόνα, παρά του ότι υπάρχει δυνατότητα επιλογής για ανθεκτικότητα.

◊ Σε πολλές περιπτώσεις η έλλειψη νέων ουσιών μπορεί να απαιτήσει τη συνεχή χρήση χημικών που ήδη απειλούνται με ανθεκτικότητα. Τότε πρέπει να δοθεί έμφαση στην όσο πιο καθυστερημένη εξάπλωση τέτοιας ανθεκτικότητας καθώς και στην ελαχιστοποίηση επιπτώσεων πάνω στην ποιότητα αντιμετώπισης.

Το πιο σημαντικό απ' όλα είναι ότι όποια μέτρα και αν προταθούν για τη διαχείριση της ανθεκτικότητας, πρέπει να κρατηθούν οι αριθμοί των εχθρών κάτω από τα όρια οικονομικής καταστροφής. Οι στρατηγικές που δεν μπορούν να το επιτύχουν δεν αξίζει να μελετηθούν (Georgiou 1983).

## 2.6. Τακτικές διευθέτησης ανθεκτικότητας

- **Μετριασμός στο χειρισμό.** Σκοπεύει να μειώσει την επιλογή για ανθεκτικότητα διατηρώντας τα ευαίσθητα έντομα μέσα στον πληθυσμό χρησιμοποιώντας χαμηλότερες εφαρμοζόμενες δόσεις και τις λιγότερο συχνές εφαρμογές, χρησιμοποιώντας σκευάσματα χαμηλής υπολειματικότητας και αφήνοντας μικρές απέκαστες περιοχές.

Οι χαμηλότερες δόσεις εφαρμογής μπορούν να βοηθήσουν κάτω από πολύ ειδικές συνθήκες χωρίς να θυσιάζουν την αποτελεσματικότητα της αντιμετώπισης σε σημαντικό βαθμό.

- **Διευθέτηση με κορεσμό,** η μέθοδος αυτή σκοπεύει να αντιμετωπίσει την ανθεκτικότητα χρησιμοποιώντας δόσεις επαρκώς υψηλές, ώστε να σκοτώσουν ακόμη και ανθεκτικά έντομα και χρήση σκευασμάτων για τα οποία ελάχιστα έχει αναφερθεί ανθεκτικότητα. Σε κάποιες περιπτώσεις οι στρατηγικές «υψηλών δόσεων» προτείνονται, αρχικώς ως μέσο για πρόληψη εμφάνισης ανθεκτικότητας, μέσω εξάλειψης των ετεροζύγων-ανθεκτικών ατόμων. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος πολύ πιθανό να είναι εφαρμόσιμη σε περιπτώσεις στις οποίες η έκθεση των εντόμων σε εντομοκτόνα να είναι σχετικά ομοιόμορφη και να μπορεί να ελεγχθεί ακριβώς, π.χ. η εμβάπτιση των βοοειδών σε ακαρεοκτόνο, καπνισμός κατά των εντόμων αποθηκών και η χρήση διαγονιδιακών καλλιεργειών ανθεκτικών σε έντομα.

- **Διευθέτηση με πολλαπλή επίθεση,** περιλαμβάνει τη χρήση δύο ή περισσότερων μη συγγενών εντομοκτόνων με τρόπο ώστε να μειωθεί η επιλογή ανθεκτικότητας σε οποιοδήποτε από τα χημικά. Τα σκευάσματα μπορεί να εφαρμόζονται ταυτόχρονα



σαν μείγματα, εναλλασσόμενα στο χρόνο ή να εφαρμόζονται σε πιο σύνθετους συνδυασμούς γνωστούς ως μωσαϊκά (Georghiou 1983)

## **2.7. Προβλήματα ανθεκτικότητας των εντόμων στα εντομοκτόνα στην Ελλάδα**

Η ανθεκτικότητα που έχουν αναπτύξει τα έντομα στα εντομοκτόνα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα στην Ελλάδα. Για τα έντομα μεγάλου γεωργικού ενδιαφέροντος λόγω της ανθεκτικότητας που έχουν αναπτύξει είναι δύσκολη ως ανέφικτη η καταπολέμησή τους. Στο ενδεχόμενο ανθεκτικότητας όλα τα προγράμματα αντιμετώπισης των εχθρών ανατρέπονται και χρειάζονται ειδικές στρατηγικές διευθέτησης της ανθεκτικότητας. Ο δορυφόρος της πατάτας έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σχεδόν σε όλες τις κατηγορίες εντομοκτόνων και είναι ένας από τους πιο σοβαρούς εχθρούς της πατάτας. Οξύτατο πρόβλημα αποτελεί η αντιμετώπιση των αφίδων και ειδικότερα η *Myzus nicotianae* (Homoptera, Aphididae) στον καπνό, η *M. persicae* σε οπωρώνες ροδακινιάς και η *A. gossypii* στο βαμβάκι και σε άλλες καλλιέργειες.

Η ανθεκτικότητα μπορεί να εμφανίζεται τοπικά ή γενικά. Χρειάζεται προσοχή στην εξαγωγή συμπερασμάτων, διότι μπορεί να υπάρχουν ανθεκτικοί πληθυσμοί σε μια περιοχή και όχι σε άλλη. Το ίδιο συμβαίνει και μεταξύ των χωρών. Κατά κανόνα η εμφάνιση κάποιας ανθεκτικότητας, σημαίνει κίνδυνο εξάπλωσης και εμφάνισης αυτής και σε άλλες περιοχές όπου χρησιμοποιούνται τα ίδια σκευάσματα και κατ'επανάληψη. Είναι δύσκολο να προβλέψουμε τις προσβολές των περισσότερων λεπιδοπτέρων, διότι μεταναστεύουν και κινούνται καλύπτοντας μεγάλες αποστάσεις, οπότε στις καλλιέργειες μπορεί να εγκαθίστανται ήδη ανθεκτικοί πληθυσμοί προερχόμενοι από το Νότο. Χρειάζεται έγκαιρη διάγνωση, γρήγορος προσδιορισμός και άμεση επέμβαση (Ruppel *et al.* 1982).

### Πιθανή Ανθεκτικότητα

Έντομο	Κοινό όνομα	Τάξη	Οικογένεια
<i>Adoxophyes orana</i>		Lepidoptera	Tortricidae
<i>Archips rosanus</i>		Lepidoptera	Tortricidae
<i>Aspidiotus hederae</i>	Άσπιρη στρογγυλή ψώρα	Homoptera	Diaspididae
<i>Pseudococcus citri</i>	Ψευδόκοκος των εσπεριδοειδών	Homoptera	Pseudococcidae
<i>Sphaerolecanium prunastri</i>		Homoptera	Coccidae
<i>Rhagoletis cerasi</i>	Σκουλήκι του κερασιού	Diptera	Taphritidae
<i>Saissetia oleae</i>	Λεκάνιο της ελιάς	Homoptera	Coccidae

### Ισχυρές ενδείξεις για Ανθεκτικότητα

Έντομο	Κοινό όνομα	Τάξη	Οικογένεια
<i>Bemisia tabaci</i>	Αλευράδης	Homoptera	Aleurodidae
<i>Ceratitis capitata</i>	Μύγα Μεσογειου	Diptera	Tephritidae
<i>Helicoverpa armigera</i>	Πράσινο σκουλήκι	Lepidoptera	Noctuidae
<i>Lithocolletis blancardella</i>	Νάρκη των γιγοτόκωπων	Lepidoptera	Gracilariidae
<i>Lobesia botrana</i>	Ευδεμίδα της Αμπέλου	Lepidoptera	Tortricidae
<i>Lyonetia clerkella</i>	Φυλλορύκτες της μηλιάς	Lepidoptera	Lyonetiidae
<i>Phthorimaea operculella</i>	Φθορμιμία της πατάτας	Lepidoptera	Gelechiidae
<i>Pieris brassicae</i>	Πιερίδα των λαχάνων	Lepidoptera	Pieridae
<i>Pectinophora gossypiella</i>	Ρόδινο σκουλήκι βαμβακιού	Lepidoptera	Gelechiidae
<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>	Ψώρα του san jose	Homoptera	Diaspididae
<i>Spodoptera exigua</i>	Αγρότιδα	Lepidoptera	Noctuidae
<i>Thrips tabaci</i>	Θρίπας καπνού	Thysanoptera	Thripidae

### Πιστοποιημένη Ανθεκτικότητα

Έντομο	Κοινό όνομα	Τάξη	Οικογένεια
<i>Aphis fabae</i>	Μαύρη αφίδα	Homoptera	Aphididae
<i>Aphis gossypii</i>	Αφίδα βαμβακιού	Homoptera	Aphididae
<i>Frankliniella occidentalis</i>	Θρίπας της Καλλιφόρνια	Thysanoptera	Thripidae
<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Δορυφόρος της πατάτας	Coleoptera	Chrysomelidae
<i>Mamestra brassicae</i>		Lepidoptera	Noctuidae
<i>Myzus persicae</i>	Πράσινη αφίδα ροδακινιάς	Homoptera	Aphididae
<i>Myzus nicotianae</i>	Αφίδα καπνού	Homoptera	Aphididae
<i>Pseudaulacaprism pentagona</i>	Άσπιρη ψώρα ροδακινιάς	Homoptera	Diaspididae
<i>Cacopsylla pyri</i>	Ψύλλα αχλαδιάς	Homoptera	Psyllidae
<i>Cacopsylla pyricola</i>	Ψύλλα αχλαδιάς	Homoptera	Psyllidae
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Αλευράδης θερμοκηπίου	Homoptera	Aleurodidae
<i>Cydia pomonella</i>	Καρπόκαπτα της μηλιάς	Lepidoptera	Tortricidae

Πίνακας 1. Έντομα με πιθανή ανθεκτικότητα και με ισχυρές ενδείξεις για ανθεκτικότητα και πιστοποιημένη ανθεκτικότητα αντίστοιχα (Field *et al.* 1997)

### 2.7.1. *Myzus persicae* s.str

Η *M. persicae* στην Ελλάδα αποτελεί πολύ σοβαρό εχθρό. Προσβάλλει αρκετές καλλιέργειες και έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε πολλά εντομοκτόνα. Τη δεκαετία του '80 άρχισε η εκτεταμένη χρήση των πυρεθρινών σε πολλές καλλιέργειες με αποτέλεσμα σήμερα το κόστος εξ αιτίας της ανθεκτικότητας να είναι υψηλό, λόγω των περισσότερων εφαρμογών, υψηλών δόσεων φυτοφαρμάκων, αλλαγής χρήσης φυτοφαρμάκων τα οποία συνήθως είναι πιο ακριβά. Τα πιο διαδεδομένα είναι τα νικοτινοειδή με κύριο εκπρόσωπο στην Ελλάδα το imidacloprid.

Η *M. persicae* εκτός από τον κύριο μηχανισμό ανθεκτικότητας, της αυξημένης δράσης της εστεράσης E4/FE4 έχει αναπτύξει και άλλους μηχανισμούς όπως μειωμένη ευαισθησία του ενζύμου ακετυλχολινεστεράση (MACE) και το μηχανισμό Kdr (Ioannidis *et al.* 1991).

### 2.7.2. *Myzus persicae nicotianae*

Αυτή η αφίδα έχει θεωρηθεί σαν νέο είδος. Στις ανθεκτικές αφίδες *Myzus nicotianae* προσδιορίστηκε ο ίδιος μηχανισμός ανθεκτικότητας όπως στη *Myzus persica*. Οι τελευταίες πληροφορίες αναφέρουν για διαφορετικούς βιότυπους του ίδιου είδους.

Σε βιοδοκιμές σε εργαστήριο στην Ελλάδα προσδιορίστηκε ανθεκτικότητα σε pirimicarb, methamidophos, triazamate, μέχρι 939, 19, και 20 φορές, αντίστοιχα στο carbosulfan παρατηρείται από 37 μέχρι 178 φορές ανθεκτικότητα (Ioannidis *et al.*, 1992).

Στο imidacloprid παρατηρείται από 8 έως 12 φορές ανεκτικότητα επειδή το imidacloprid έχει και μια αντιτροφική δράση στις αφίδες εκτός από τη θνησιμότητα πιθανόν ο συνδυασμός αυτών των δύο στην πράξη να δίνει έλεγχο (Devine *et al.* 1996). Όλα όμως τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει μια τάση για ανάπτυξη ανθεκτικότητας της αφίδας του καπνού στο imidacloprid και θα πρέπει να αναπτυχθεί μια στρατηγική στην εφαρμογή των προϊόντων αυτών για να διατηρήσουν το μεγάλο πλεονέκτημα που έχουν στον έλεγχο της αφίδας του καπνού.

## 2.8. Μηχανισμοί ανθεκτικότητας

Οι πιο σημαντικοί μηχανισμοί ανθεκτικότητας αφορούν είτε στην αυξημένη ικανότητα των εντόμων να αποικοδομούν τα εντομοκτόνα, είτε τη δομική μεταβολή των στόχων που δρουν τα εντομοκτόνα μέσα στο έντομο.

Άλλοι πιθανοί μηχανισμοί περιλαμβάνουν μειωμένη διείσδυση των εντομοκτόνων μέσω της επιδερμίδας των εντόμων και ιδιαιτερότητα συμπεριφοράς που καθιστούν ικανούς τους εχθρούς, ώστε να μειώνουν ή να αποφεύγουν την έκθεση σε τοξίνες.

Αρκετοί μηχανισμοί ανθεκτικότητας έχουν ανιχνευθεί σε διαφορετικά είδη αφίδων. Το 2004 σε μια εργασία των Toda et al. έγινε αναφορά για παρουσία στην *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae), τροποποιημένης ακετυλοχολινεστεράσης. Συγκεκριμένα εφαρμόζοντας μοριακές μεθόδους, οι παραπάνω επιστήμονες εντόπισαν αντικαταστάσεις δυο αμινοξέων στο ένα γονίδιο της AChE που προσδίδουν ανθεκτικότητα στο έντομο σε οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα και στο pirimicarb.

Μια άλλη αφίδα που έχει απασχολήσει αρκετά τους επιστήμονες για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας είναι η *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). Η αφίδα αυτή παρουσίασε ανθεκτικότητα σε οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, με αποτέλεσμα η αντιμετώπισή της να παρουσιάζει αποτυχίες. Οι Ono et al. (1999) με τη βοήθεια μοριακών μεθόδων ανακάλυψαν ότι ο υπεύθυνος μηχανισμός ήταν η υπερπαραγωγή εστερασών, οι οποίες ταξινομούνται σε δύο τύπους (Τύπος 1 και Τύπος 2) και παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα με τα γονίδια των εστερασών E4 και FE4 που είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας στο *M. persicae*.

### 2.8.1. Αυξημένη αποικοδόμηση εντομοκτόνων

Οι τρεις γνωστοί τύποι αποικοδόμησης εντομοκτόνων που εμπλέκονται στην ανθεκτικότητα είναι οι εξής (Denholm et al., 1998):

- Αυξημένος οξειδωτικός μεταβολισμός των εντομοκτόνων από το κυτόχρωμα P450 **μονοοξυγενάσης**. Αυτό μπορεί να προκαλέσει ανθεκτικότητα σε όλες τις σημαντικές ομάδες εντομοκτόνων, εκτός από τα κυκλοδιένια. Ωστόσο τα περισσότερα στοιχεία γι' αυτό τον μηχανισμό είναι έμμεσα και βασίζονται στην

ικανότητα του βουτοξειδίου του πυπερονιλίου (Piperonyl Butoxide) ή συγγενών ουσιών, που είναι γνωστές ως αναχαιτιστές του κυτοχρώματος P450 της μονοοξυγενάσης να καταστέλλουν την ανθεκτικότητα όταν χρησιμοποιούνται ως συνεργιστές σε βιοδοκιμές.

- Αυξημένη δραστηριότητα του ενζύμου **γλουταθειόνη-τρανσφεράση** το οποίο καταλύει την γλουταθειόνη σε μια ποικιλία αντιδρώντων υποστρωμάτων. Ο μηχανισμός αυτός είναι ουσιαστικά σοβαρός για την ανθεκτικότητα στα οργανοφωσφορικά. Για βιοχημικές αιτίες είναι απίθανο να προκαλεί ανοχή των εντόμων στις πυρεθρίνες.
- Η υδρόλυση ή δέσμευση των εντομοκτόνων από **εστεράσες**, είναι σπουδαίος παράγοντας στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα οργανοφωσφορικά και πυρεθρίνες. Ανθεκτικότητα που οφείλεται στην αυξημένη δραστηριότητα των εστερασών, μπορεί να προκύψει ή με ποιοτική αλλαγή του ενζύμου, αυξάνοντας την ικανότητα του ενζύμου να δεσμεύει τα εντομοκτόνα, ή ποσοτική αλλαγή στην παραγωγή ενός ενζύμου το οποίο ήδη υπάρχει στα ευαίσθητα άτομα (Field *et al.* 1997)

### 2.8.2. Μείωση της ευαισθησίας του στόχου δράσης των εντομοκτόνων

Δύο από τους πιο κατανοητούς- αλλαγής στόχου δράσης- μηχανισμούς, είναι αυτοί που προκαλούν ανθεκτικότητα στα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά στην πρώτη περίπτωση και στις πυρεθρίνες στην άλλη.

- Οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά θανατώνουν τα έντομα με τη δέσμευση του ενζύμου **ακετυλοχολινεστεράσης**, (acetylcholinesterase –Ache-). Έτσι διακόπτουν τη μεταφορά των νευρικών παλμών στη σύναψη.

Η ανθεκτική AChE, προσδίδει στο *M. persicae* ανθεκτικότητα στο pirimicarb και το triazamate. Πρόκειται για δυο αποτελεσματικά αφιδοκτόνα, που ανήκουν στην οικογένεια των διμεθυλοκαρβαμιδικών. Λόγω όμως της ανθεκτικότητας που έχει αναπτυχθεί δεν μπορούν να χρησιμοποιούνται πλέον με αποτελεσματικότητα. Παρατηρήθηκε ότι άτομα με το γονίδιο της ανθεκτικής AChE, δεν είναι ανθεκτικά σε ένα μεγάλο εύρος οργανοφωσφορικών και μεθυλο-καρβαμιδικών εντομοκτόνων. Το χαρακτηριστικό λοιπόν που προάγει την ανθεκτικότητα είναι η παρουσία δυο διπλών δεσμών αζώτου στα μόρια των εντομοκτόνων (Devonshire *et al.* 1998).

- Ο κύριος τρόπος δράσης των πυρεθρινών είναι στα μέρη του νευρικού άξονος που γίνεται η ανταλλαγή ιόντων Na, πύλες νατρίου (sodium channel). Ο μηχανισμός

καθιστά ανθεκτικότητα του στόχου στις πυρεθρίνες με αλλαγή της πρωτεΐνης της διόδου νατρίου στις κυτταρικές μεμβράνες και ονομάζεται **knockdown resistance** ή **Kdr** (Field *et al.* 1997).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο μηχανισμός με τις αυξημένες εστεράσες προσδίδει και αυτός ανθεκτικότητα στα πυρεθροειδή αλλά είναι δευτερεύουσας σημασίας σε σχέση με την Kdr. Η Kdr ανθεκτικότητα ανιχνεύτηκε πρόσφατα στο *M. persicae* και το γεγονός ότι μπορεί να συνυπάρχει με το μηχανισμό των ενισχυμένων εστερασών οφείλεται στη στενή τους σχέση, σε κάποιους κλώνους (Martinez-Torres *et al.* 1999, Devonshire *et al.* 1998).

### 2.8.3. Παρεμπόδιση του εντομοκτόνου να φθάσει στο στόχο

Για πολλά χρόνια ο μοναδικός μηχανισμός ανθεκτικότητας, που είχε αναγνωριστεί στο *M. persicae*, ήταν η παραγωγή μεγάλης ποσότητας εστερασών οι οποίες αποτοξινώνουν τα εντομοκτόνα. Αυτή η μορφή ανθεκτικότητας παρουσιάστηκε πρώτη φορά την δεκαετία του '60 και όλες οι ανθεκτικές φυλές του εντόμου μπορούσαν να υδρολύουν το υπόστρωμα των εστερασών, που είναι το 1-*ναφθυλ*-υδροξείδιο. Αργότερα διαπιστώθηκε, με ηλεκτροφόρηση, ότι η ανθεκτικότητα των ατόμων οφείλεται σε μεγάλη παραγωγή δυο ειδών εστερασών, της E4 και της FE4. Αυτές οι εστεράσες αποτελούν το 1% των συνολικών πρωτεϊνών της αφίδας και το αποτέλεσμα της υδρόλυσης και της δέσμευσης των μορίων είναι η ανθεκτικότητα σε ένα ευρύ φάσμα εντομοκτόνων όπως οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά και πυρεθροειδή. Παρά το γεγονός ότι η FE4 υδρολύει πιο γρήγορα από την E4 τα εντομοκτόνα, η υπερπαραγωγή οποιασδήποτε από τις δυο μορφές προσδίδει υψηλή ανθεκτικότητα. Η ανθεκτικότητα με την αυξημένη παραγωγή εστερασών, αποτελεί δευτερεύοντα μηχανισμό ανθεκτικότητας των αφίδων στα πυρεθροειδή, εφόσον ο βασικός μηχανισμός ανθεκτικότητας σε αυτά τα εντομοκτόνα είναι η αλλαγή του στόχου δράσης (Devonshire *et al.* 1998).

Οι αφίδες μπορεί να παράγουν διαφορετική ποσότητα του ενζύμου **E4**, έτσι μερικές είναι πιο ανθεκτικές από άλλες. Αυτές μπορεί να ταξινομηθούν σαν ευαίσθητες (S), μετρίως ανθεκτικές (R1), ανθεκτικές (R2) και πολύ ανθεκτικές (R3) με βάση το επίπεδο της εστεράσης **E4** (Devonshire *et al.* 1986).

#### 2.8.4. Αλλαγή του στόχου δράσης

Δυο νέοι τύποι ανθεκτικότητας έχουν ανακαλυφθεί στη *Myzus persicae* από το έτος 1990, modified acetylcholinesterase (MACE) (Τροποποιημένη ακετυλχολινεστεράση) και knockdown (Kdr) μηχανισμός ανθεκτικότητας. Και στους δύο μηχανισμούς η πρωτεΐνη στόχος όπου επιδρούν τα εντομοκτόνα τροποποιείται έτσι οι αφίδες δεν είναι ευαίσθητες στη δράση των εντομοκτόνων.

Οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα επιδρούν στην ακετυλοχολινεστεράση, αυτό το ένζυμο ρυθμίζει τη μετάδοση του χημικού μηνύματος, δια μέσου του κενού (σύναψη) των νευρικών κυττάρων. Αυτή η αποδιοργάνωση του νευρικού συστήματος οδηγεί στο θάνατο τα έντομα. Στις αφίδες που φέρουν το μηχανισμό MACE το ένζυμο τροποποιείται ειδικά και είναι απρόσβλητο από τα διθειοκαρβαμιδικά, pirimicarb και triazameit.

Οι πυρεθρίνες δρουν σε ένα άλλο στόχο του νευρικού συστήματος στο ονομαζόμενο δίοδο Νατρίου πρωτεΐνη, η οποία είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά των σημάτων κατά μήκος των νεύρων. Τα εντομοκτόνα κρατούν τις διόδους ανοιχτές, έτσι το νευρικό σύστημα γίνεται υπερδιεγερτικό οδηγώντας στο θάνατο τα έντομα. Αφίδες με Kdr έχουν μια τροποποιημένη πρωτεΐνη δίοδου Νατρίου η οποία είναι απρόσβλητη ειδικά και από τις πυρεθρίνες (Devonshire & Moores 1982).

Μετά από ανάλυση κλώνων της αφίδας, που είχαν συλλεχθεί πριν από πολλά χρόνια και διατηρούνταν στο εργαστήριο, βρέθηκε ότι ο μηχανισμός της τροποποιημένης δίοδου νατρίου υπήρχε πολύ καιρό πριν αλλά ανιχνεύτηκε με την εξέλιξη των μοριακών μεθόδων. Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας Kdr οφείλεται σε μια μετάλλαξη, όπου το αμινοξύ λευκίνη αντικαταστάθηκε από το αμινοξύ φαινυλανίνη στην περιοχή της IIS6 μεταμεμβράνης του γονιδίου του παράτυπου της δίοδου νατρίου. Αυτή η μετάλλαξη πρώτη φορά διαπιστώθηκε σε οικιακές μύγες και κατσαρίδες και στη συνέχεια βρέθηκε σε πολλά είδη εντόμων μέσα στα οποία είναι και το *M. persicae* (Martinez-Torres et al. 1999).

## 2.9. Ανίχνευση ανθεκτικότητας

### 2.9.1. Βιοδοκιμές ανίχνευσης ανθεκτικότητας με την μέθοδο της τοπικής εφαρμογής με την χρήση μικροσυρίγγων ( Hamilton )

Βιοδοκιμές γίνονται και με τοπική εφαρμογή των εντομοκτόνων με τη βοήθεια μικροσυριγγών τύπου Hamilton. Για την εφαρμογή του φαρμάκου απαιτείται η ακινητοποίηση των εντόμων. Εξάιρεση αποτελεί η αφίδα η οποία από τη φύση της δε μετακινείται όταν εκτρέφεται. Μετά την εφαρμογή του φαρμάκου τα έντομα συντηρούνται σε σταθερές συνθήκες σε φύλλα, σε ειδικά δοχεία. Ο έλεγχος της θνησιμότητας γίνεται με την παρέλευση 24, 48 και 72 ωρών.

### 2.9.2. Βιοδοκιμές ανίχνευσης ανθεκτικότητας με τη μέθοδο Στιγμαϊας Εμβάπτισης (Rapid Dip Test) FAO και MACE

Έλεγχος δειγμάτων αγρού είναι εύκολο να γίνει με τη μέθοδο της στιγμιαίας εμβάπτισης (rapid dip test) που συστήνει ο FAO για ενήλικες αφίδες (FAO, 1979). Η μέθοδος είναι γρήγορη και επιτρέπει την εξέταση σημαντικού αριθμού δειγμάτων καθημερινά και δεν απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό. Εμπλέκει στιγμιαία εμβάπτιση των εντόμων σε διαφορετικές συγκεντρώσεις εντομοκτόνου (συμπεριλαμβανομένου του μάρτυρα). Τα έντομα που εξετάζονται μετά την εφαρμογή συντηρούνται σε σταθερές συνθήκες (π.χ. 17<sup>0</sup>C, L16:D8) σε φύλλα (π.χ. πατάτας) σε ειδικά κουτιά εκτροφής και ο έλεγχος της θνησιμότητας γίνεται μετά από 24 και 48 ώρες.

Εργαστηριακές βιολογικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με εφαρμογή των εντομοκτόνων neonicotinoid, imidacloprid, acetamiprid και nitenpyram ενάντια στους κλώνους αφίδων *Myzus persicae* ροδάκινου-καπνού (Sulzer) κατέδειξε ότι αυτοί οι ενώσεις παρακάμπτουν αποτελεσματικά την γνωστή καρβοξυλεστεράση, τροποποιημένη ακετυλοχολυνηστεράση (MACE) και knock-down (kdr) μηχανισμούς αντίστασης του είδους σε αυτό το εντομοκτόνο. Εντούτοις, μερικοί κλώνοι παρουσίασαν cross-tolerance (μέχρι το 18) αυτών των ενώσεων σχετικά με τα ευαίσθητα πρότυπα. Η έρευνα αξιολόγησε τη συχνότητα της ανοχής στα νεονικοτενοειδή της *Myzus persicae*, βασισμένη στα δείγματα που συλλέχθηκαν από τους αγρούς και τα θερμοκήπια μεταξύ 1997 και 2000, έδειξε ότι τέτοια ανοχή είναι ακόμα σπάνια. Πειράματα με νεονικοτενοειδή σε ευαίσθητους και ανεκτικούς πληθυσμούς της *Myzus persicae* έδειξαν ότι, αν και οι αφίδες ελέγχθηκαν καλά από



το imidacloprid εφαρμοσμένο στις συνιστώμενες δόσεις εφαρμογής, ήταν πιθανότερο να επιζήσουν και να αναπαραγάγουν όταν αυτή η ένωση εφαρμόστηκε στις χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Τέτοια φαινόμενα είναι πιθανώς περιοδικά. Επιλογή που ευνοεί τις ανεκτικές μορφές *Myzus persicae* θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της συχνότητάς του εντόμου και στην εξέλιξη του έχοντας πιο ισχυρή αντίσταση στα νεονικοτεινοειδή.

### **2.9.3. Βιοδοκιμές ανίχνευσης ανθεκτικότητας με μέτρηση της Ενζυματικής Δράσης Ολικής Εστεράσης (Total esterase Activity Test).**

Η μέθοδος μέτρησης Ενζυματικής Δράσης Ολικής Εστεράσης χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της συνολικής ποσότητας των ενζύμων που παρουσιάζουν δράση εστεράσης. Η αυξημένη παραγωγή των ενζύμων θεωρείται και ένας μηχανισμός αποικοδόμησης των εντομοκτόνων με υδρόλυση και με δέσμευση. Τα αποτελέσματα της μεθόδου εντάσσουν τα έντομα σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες:

S (Ευαίσθητα): Χαμηλή εστεράση. Άτομα ευπαθή σε εντομοκτόνα.

R1 (Ανθεκτικά): Αυξημένη εστεράση. Ανθεκτικά σε εντομοκτόνα άτομα.

R2 (Μετρίως ανθεκτικά): Αρκετά αυξημένη εστεράση. Αρκετά ανθεκτικά σε εντομοκτόνα άτομα.

R3 (Πολύ ανθεκτικά): Υψηλά αυξημένη εστεράση. Πολύ ανθεκτικά σε εντομοκτόνα άτομα.

Με την χρήση διαφόρων μεθόδων όπως βιοδοκιμές, βιοχημικές μεθόδους και DNA διάγνωση είναι δυνατό να διαγνώσουμε τους τρεις μηχανισμούς ανθεκτικότητας. Έχει βρεθεί ότι γονίδια εστεράσης (E4,FE4) είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα πυρεθροειδή, οργανοφωσφορικά και καρβαμικά (Field et al 1997 PS).

### 3. Καλλιέργειες

#### 3.1. Καπνός

##### 3.1.1. Ιστορικά δεδομένα

Ο καπνός *Nicotiana tabacum* (L.) (Solanaceae) είναι φυτό της Αμερικής και κατάγεται από περιοχές νοτιότερες του Μεξικού. Η χρήση του καπνού ήταν γνωστή στους Ινδιάνους 500 τουλάχιστον χρόνια πριν την ανακάλυψη της Αμερικής. Αναφέρεται επίσης ότι ήταν γνωστή η χρήση του και στην Αυστραλία.

Στην Ευρώπη ήρθε τον 16<sup>ο</sup> αιώνα και πρωτοκαλλιεργήθηκε ως διακοσμητικό και φαρμακευτικό φυτό στη Γαλλία, Πορτογαλία και Ισπανία. Στην Ελλάδα πρέπει να ήρθε στις αρχές του 18<sup>ου</sup> αιώνα από τον Εύξεινο Πόντο στην Κεντρική Μακεδονία και από τα παράλια της Μικράς Ασίας στη Θράκη και Ανατολική Μακεδονία.

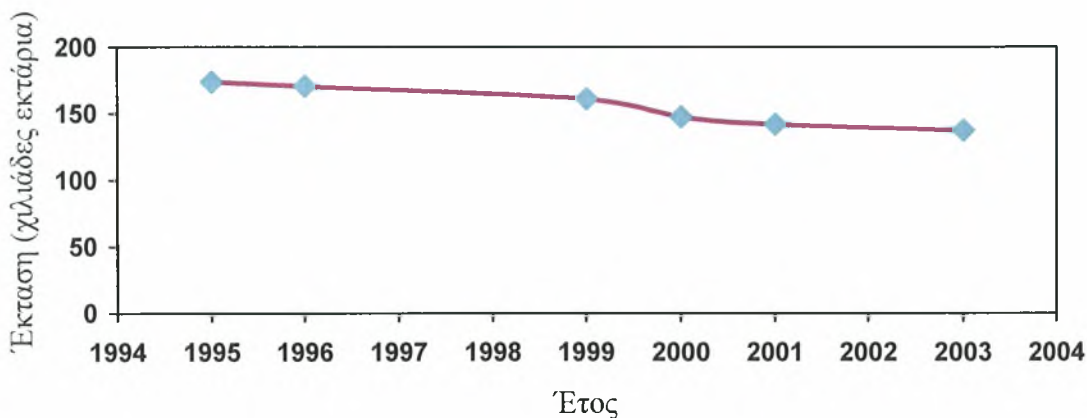
Σήμερα καλλιεργείται και στις πέντε ηπείρους και έχει ευρεία διάδοση. Αρχικά ο καπνός απέκτησε θρησκευτική σημασία, ύστερα θεωρήθηκε φαρμακευτικό φυτό, ενώ αργότερα πολεμήθηκε από τις διάφορες θρησκείες και την πολιτεία. Το όνομα *Nicotiana* δόθηκε από το Γάλλο πρέσβη στην Πορτογαλία Nicot ο οποίος προσέφερε στην Αικατερίνη των Μεδίκων (το 1561) φύλλα καπνού, η οποία όταν ρουφούσε την τριμμένη σκόνη τους, ανακουφιζόταν από τον πονοκέφαλο (Φασούλας και Σενλόγλου 1966, Σφήκας 1988, Ευστράτογλου- Τοδούλου 1995).

##### 3.1.2. Παγκόσμια σημασία του καπνού

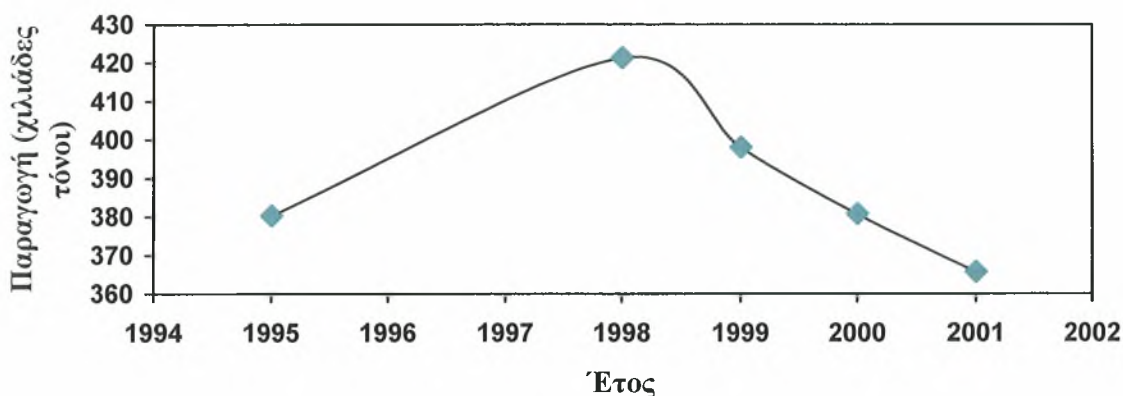
Παρόλο που ο καπνός δεν μετέχει στη διατροφή του ανθρώπου, αλλά καταναλίσκεται για απόλαυση και παρά τις αντικαπνιστικές εκστρατείες, η σημασία του καπνού σε όλο τον κόσμο παραμένει μεγάλη. Είναι το σπουδαιότερο γεωργικό φυτό που δεν συμβάλλει στη διατροφή του ανθρώπου και από τα λίγα που το κύριο προϊόν τους είναι τα ξηρά φύλλα.

Μολονότι είναι φυτό τροπικών περιοχών, η καλλιέργειά του φθάνει σήμερα μέχρι 60<sup>ο</sup> Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος (Κεντρική Σουηδία) και 40<sup>ο</sup> Νότιο Γεωγραφικό Πλάτος (Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία). Στη γεωγραφική του εξάπλωση βοήθησε το γεγονός ότι δημιουργήθηκαν τύποι που ο βιολογικός του κύκλος διαρκεί από δύο μέχρι πέντε μήνες.

Παρακάτω παρατίθενται διαγράμματα που παρουσιάζουν την κατάσταση, όσον αφορά την έκταση που καλύπτει αλλά και την παραγωγή της καπνοκαλλιέργειας στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια.



Σχήμα 3. Ετήσια καλλιεργούμενη έκταση καπνού στην Ευρώπη.



Σχήμα 4. Ετήσια παραγωγή καπνού στην Ευρώπη.

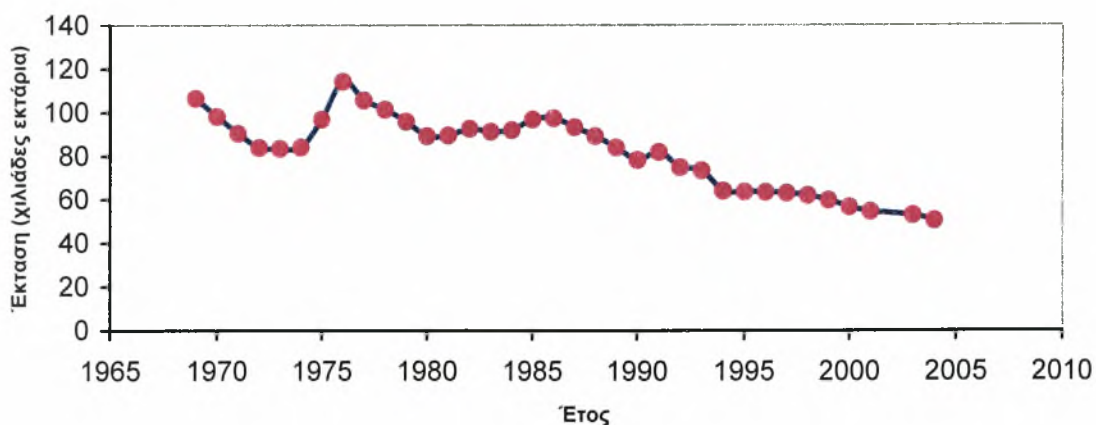
Ο καπνός είναι μία από τις πιο δυναμικές καλλιέργειες σε επίπεδο παραγωγού, αλλά και σε επίπεδο εθνικής και παγκόσμιας οικονομίας. Οι δασμοί στις εισαγωγές και η φορολογία κατανάλωσης είναι σημαντικό έσοδο για όλα τα κράτη, είτε καλλιεργούν είτε δεν καλλιεργούν καπνά, αλλά και το διεθνές εμπόριο είναι από τα πιο ανθηρά, γιατί ακόμη και εξαγωγικές χώρες, όπως οι Η.Π.Α., εισάγουν ποσότητες τύπων που δεν παράγουν οι ίδιες (Φασούλας και Σένογλου 1966, Σφήκας 1988).

### 3.1.3. Σημασία του καπνού στην Ελλάδα

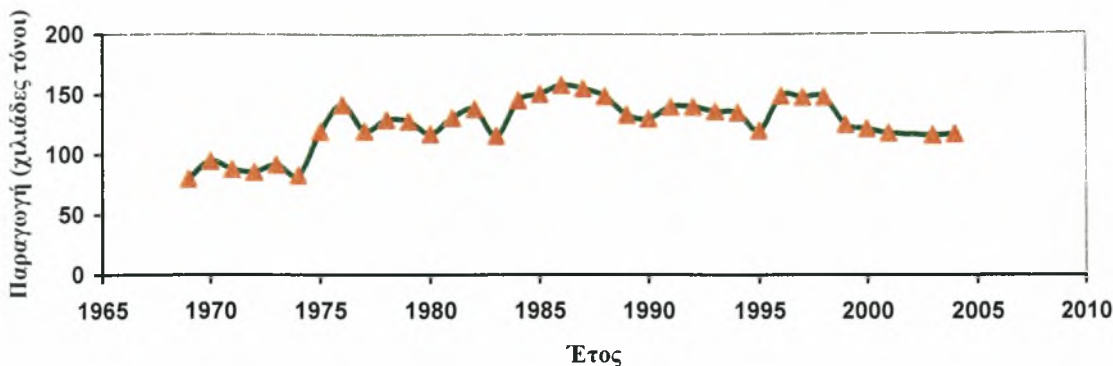
Ο καπνός ήταν για πολλές δεκαετίες η πλέον δυναμική καλλιέργεια και το πρώτο από άποψη συναλλαγματικής αξίας προϊόν, αφού μέχρι πρόσφατα αντιπροσώπευε το 40% του συνόλου των εξαγωγών της χώρας. Σήμερα έρχεται δεύτερο ανάμεσα στα γεωργικά προϊόντα μετά το βαμβάκι. Ανάμεσα στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας είναι αυτό που δίνει τη μεγαλύτερη ακαθάριστη πρόσοδο αξιοποιώντας οικογενειακά εργατικά χέρια.

Η μεγάλη σημασία του καπνού οφείλεται στο γεγονός ότι οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας είναι εξαιρετικά ευνοϊκές για παραγωγή καπνών ποιότητας. Τα ανατολικού τύπου καπνά, που είναι τα κυρίως ελληνικά καπνά, αξιοποιούν τα πτωχά, επικλινή και επομένως ακατάλληλα για άλλες καλλιέργειες εδάφη, αποδίδοντας μεγάλο εισόδημα και ο καπνός αξιοποιεί ειδικευμένα και μη εργατικά χέρια που ήταν άφθονα μέχρι πρόσφατα. Παράλληλα, το Ελληνικό κράτος στήριξε από την αρχή το προϊόν και οργάνωσε επιτυχές σύστημα συγκέντρωσης και διάθεσής του. Τέλος, η ανάπτυξη της καπνοβιομηχανίας και το καπνεμπόριο ήταν από τα πρωτοποριακά παραδείγματα στην Ελλάδα, χάρη και στην εκλεκτή ποιότητα των περιζήτητων μέχρι πρόσφατα ελληνικών καπνών (Σφήκας 1988).

Μετά την απελευθέρωση της Ελλάδας από τους Τούρκους η παραγωγή του καπνού ήταν μόλις 500-600 t. Από τότε παρουσίασε ανοδική πορεία και το 1912 έφτασε τους 12 χιλ. t. Παρακάτω, στα γραφήματα 4 και 5 απεικονίζεται η εξέλιξη της καπνοκαλλιέργειας τα τελευταία χρόνια όσον αφορά την απόδοση αλλά και την έκταση που καλύπτει.



Σχήμα 5. Ετήσια καλλιεργούμενη έκταση καπνού.



**Σχήμα 6.** Ετήσια παραγωγή καπνού στην Ελλάδα.

Με την ένταξη της χώρας μας στην Ε.Ε. το 1981 άρχισε ουσιαστικά και η καλλιέργεια της ξενικής ποικιλίας καπνού Virginia. Η επέκταση των καπνών Virginia υπήρξε ταχύτατη, γιατί είναι πιο παραγωγικά και αποξηραίνονται πιο σε σχέση με τα ανατολικού τύπου καπνά. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται από το 1960 και τα καπνά Burley ξενικής προέλευσης, όπως και τα Virginia, αλλά μικρότερης σημασίας.

Το μεγαλύτερο μέρος της καπνοκαλλιέργειας είναι συγκεντρωμένο σε δύο γεωγραφικά διαμερίσματα, στη Μακεδονία και Στερεά Ελλάδα, όπου παράγονται το 38% και 40% της ελληνικής παραγωγής. Το τρίτο κατά σειρά διαμέρισμα είναι η Θράκη.

Η Ελλάδα μαζί με την Ιταλία αποτελούν τις κύριες χώρες παραγωγής καπνών στην Ε.Ε. παράγοντας αντίστοιχα το 45% και το 34% των κοινοτικών καπνών (Ευστράτογλου- Τοδούλου 1995).

### 3.1.4. Μορφολογία και ταξινόμηση

#### 3.1.4.1. Γενική ταξινόμηση

Ο καλλιεργούμενος καπνός ανήκει στο γένος *Nicotiana* της οικογένειας Solanaceae της τάξεως Tubiflorae. Η οικογένεια Solanaceae περιλαμβάνει περί τα 70 γένη και 1700 είδη. Πολλά από τα γένη και είδη αυτά καλλιεργούνται για τη διατροφή του ανθρώπου, όπως **πατάτα, τομάτα, πιπεριά**, κ.ά., για τις τοξικές ουσίες που περιέχουν, όπως ο καπνός ή ως καλλωπιστικά φυτά (πετούνια, κ.ά.).

Το γένος *Nicotiana* περιλαμβάνει ετήσια και πολυετή είδη με ποικιλομορφία χαρακτήρων. Τα γνωστά είδη είναι 66, από τα οποία 36 κατάγονται από τη Νότιο

Αμερική, 20 από την Αυστραλία, 9 από τη Βόρειο Αμερική και 1 από την Αφρική. Το γένος *Nicotiana* χωρίζεται σε τρία υπογένη :

1. *Tabacum*: άνθη σε αποχρώσεις του κόκκινου
2. *Rustica*: άνθη κίτρινα ή πρασινωπά, κάψα δίχωρη
3. *Petunoides*: άνθη λευκά, ιόχροα ή ερυθρά, κάψα δίχωρη, τετράχωρη ή πολύχωρη.

Ο αριθμός χρωμοσωμάτων του γένους *Nicotiana* είναι συνήθως 12 ή 24 ζεύγη, υπάρχουν όμως και είδη με διαφορετικό αριθμό ζευγών από 9-24 (Σφήκας 1988).

Από τα 66 είδη του γένους *Nicotiana* το κατ' εξοχήν καλλιεργούμενο είδος είναι το *N. tabacum* L ( $2n=4x=48$ ), δηλαδή ο καπνός που ανήκει στο υπογένος . *Tabacum*, ομάδα *Genuinae*. Σε μικρή έκταση καλλιεργείται το *N. rustica* L ( $2n=48$ ) (Ρωσία, Πολωνία, Ινδία, κ.ά.) και ελάχιστα το *N. paniculata* L. ( $2n=24$ ) (Ν. Αμερική).

Το *N. tabacum* προήλθε με αμφιπλοειδία από απλοειδή είδη, κατά πάσα πιθανότητα από το *N. sylvestris* (υπογένος *Petunoides*, ομάδα *Alatae*) και ίσως από το *N. tomentosiformis* (υπογένος *Tabacum*, ομάδα *Tomentosae*). Το *N. Tabacum* παρουσιάζει μίγμα χαρακτήρων των ομάδων στις οποίες ανήκουν τα δύο αυτά είδη (Σφήκας 1988).

#### 3.1.4.2. Μορφολογία του *N. tabacum* L

Το είδος *N. tabacum* L. είναι φυτό ποώδες ή ημιξυλώδες, ετήσιο, σπανίως διετές ή τριετές και παρουσιάζει μεγάλη πολυμορφία κυρίως ως προς τα φύλλα και το στέλεχος.

**Ρίζα.** Έχει πασσαλώδη ρίζα, αλλά κατά τη μεταφύτευση κόβεται και το φυτό αποκτά στον αγρό πλούσιο ριζικό σύστημα που εξασφαλίζει στο φυτό τη θρέψη και ικανοποιητική βιοσύνθεση νικοτίνης η οποία μεταφέρεται στα φύλλα.

**Βλαστός.** Ο βλαστός είναι παχύς, ευθυτενής και έχει συνήθως ύψος 1-2 m, υπάρχουν όμως και νάνοι όπως και γιγαντόσωμοι τύποι.

**Φύλλα.** Αποτελούν το κύριο προϊόν του καπνού. Ο αριθμός των φύλλων είναι γενετικό χαρακτηριστικό και κυμαίνεται από 20-30, ενώ στους γιγαντόσωμους τύπους υπερβαίνει τα 100. Οι ελληνικές αρωματικές ποικιλίες έχουν περισσότερα από 30 φύλλα.

Τα φύλλα είναι απλά αλλά το σχήμα τους διαφέρει αναλόγως της ποικιλίας και είναι λογχοειδές, ωοειδές, ελλειπτικό ή ενδιάμεσο. Συνήθως τα φύλλα μικραίνουν προς την

κορυφή. Η γωνία εκφύσεως είναι συνήθως οξεία, ενώ τα φύλλα της βάσεως είναι οριζόντια. Τα φύλλα είναι άμισχα στις περισσότερες ποικιλίες.

**Ταξιανθία.** Η ταξιανθία είναι φοβοειδής κόρυμβος με πολλούς κλάδους μικρότερους της ράχης. Ο κάλυκας έχει σχήμα κυλίνδρου ή κώδωνα, μήκος 12-25 και άνισα τριγωνικά δόντια. Η στεφάνη μοιάζει με χοάνη ή σωλήνα, είναι χνουδωτή με μακρύ σωλήνα λευκής απόχρωσης, που διαπλατύνεται από τη μέση και επάνω για να καταλήξει σε βραχύ έλασμα με πέντε τριγωνικούς οξείς λοβούς χρώματος κόκκινου ή ροζ.

**Καρπός.** Είναι κυλινδρική ή κωνική κάψα με διάφορο μέγεθος. Ο σπόρος είναι πολύ μικρός (1 g έχει περισσότερους από 12 χιλ. σπόρους), ωσειδής, χρώματος φαιού έως μαύρου.

#### 3.1.4.3. Ταξινόμηση του *N. tabacum*

Το *N. tabacum* έχει πλούσιο γενετικό υλικό που μεταβάλλεται συνεχώς και από το οποίο με διάφορες μεθόδους βελτίωσης προέκυψαν διάφοροι τύποι. Στη χώρα μας το 1960 ο Αργυρούδης, Διευθυντής του Καπνολογικού Ινστιτούτου, έδωσε τη βοτανική (τύποι έμμισχοι και άμισχοι) και εμπορική (εξαγωγή και εσωτερικής κατανάλωσης) ταξινόμηση. Το 1971 ο Σφήκας, επίσης Διευθυντής του Καπνολογικού Ινστιτούτου, βελτίωσε την παραπάνω ταξινόμηση κατατάσσοντας τα ελληνικά καπνά με βάση τη βιομηχανική τους χρήση σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. **Αρωματικά καπνά:** Δίνουν στα τσιγάρα το άρωμα και συμβάλλουν στην καλύτερη γεύση (Μπασμάς Ξάνθης, Μπασμάς Μακεδονίας και Ζίχνα)
2. **Ουδέτερα ή γεμίσματος:** Προστίθενται στο μίγμα σε διάφορες αναλογίες, ώστε να μετριάσουν, χωρίς να αλλοιώσουν, το χαρακτήρα του βασικού καπνού (Καμπά Κουλάκ, Μυρωδάτα, Ζιχομυρωδάτα)
3. **Βασικά ή γεύσεως:** Αποτελούν τη βάση του μίγματος στο οποίο προσδίδουν τη γεύση ή επηρεάζουν το χαρακτήρα (Κατερίνης, Τσαμπέλια, Μαύρα).

Με την ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα οι διάφορες και πολυάριθμες ελληνικές ποικιλίες συγχωνεύτηκαν σε οκτώ ομάδες ποικιλιών καπνού ανατολικού τύπου με τους κωδικούς κοινοτικούς αριθμούς 17-24, ενώ οι ποικιλίες Burley και Virginia κωδικοποιήθηκαν με τους αριθμούς 25 και 26 αντιστοίχως.

Με τον κανονισμό 2075/92 της Ε.Ε. όλες οι ποικιλίες ακατέργαστου καπνού που διακινούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατατάσσονται στις ακόλουθες οκτώ ομάδες (Γαλανοπούλου 1966):

1. **Flue cured.** Καπνά τα οποία έχουν αποξηρανθεί σε φούρνους με ελεγχόμενες συνθήκες κυκλοφορίας του αέρα, της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Στην ομάδα αυτή ανήκουν και τα ελληνικά Virginia.
2. **Light air cured.** Καπνά που έχουν αποξηρανθεί στον αέρα υπό σκιά σε ξηραντήριο και τα οποία δεν έχουν υποστεί ζύμωση. Στην ομάδα αυτή ανήκουν και τα ελληνικά Burley.
3. **Dark air cured.** Καπνά που έχουν αποξηρανθεί όπως της ομάδας II, αλλά τα οποία έχουν υποστεί ζύμωση πριν διατεθούν στο εμπόριο. Στην ομάδα αυτή δεν ανήκει καμία ελληνική ποικιλία.
4. **Fire cured.** Καπνά που έχουν αποξηρανθεί με φωτιά. Και στην ομάδα αυτή δεν ανήκει καμία ελληνική ποικιλία.
5. **Sun cured.** Καπνά που έχουν αποξηρανθεί στον ήλιο. Στην ομάδα αυτή από τα ελληνικά καπνά περιλαμβάνονται τα Τσεμπέλια, τα Μαύρα, τα Μη Κλασικά Καμπά Κουλάκ, τα Μυρωδάτα Σμύρνης, τα Τραπεζούς και Φ/1.
6. **Μπασμάς (Sun cured).** Καθαρή ελληνική ομάδα ποικιλιών που περιλαμβάνει τα αρωματικά ελληνικά καπνά (Μπασμάς Ξάνθης, Μπασμάς Μακεδονίας και Ζίχνα).
7. **Κατερίνη και παρεμφερείς ποικιλίες (Sun cured).** Επίσης καθαρή ελληνική ομάδα ποικιλιών που περιλαμβάνει τα καπνά Σαμψούς και Μπασή-Μπαγλή.
8. **Κλασικά καμπά κουλάκ και παρεμφερή (Sun cured).** Και αυτή η ομάδα ποικιλιών είναι καθαρή ελληνική και περιλαμβάνει τα κλασικά Καμπά Κουλάκ, Ελασσόνα, Μυρωδάτα Αργινίου και Ζιχνομυρωδάτα.

### 3.1.5. Εχθροί και ασθένειες

Τα καπνόφυτα προσβάλλονται στον αγρό από: α) ασθένειες β) ζωικά παράσιτα και γ) ορισμένα άλλα φυτοπαράσιτα.

#### A) Ασθένειες

Ορισμένες ασθένειες που προσβάλλουν τόσο το καπνοσπορείο όσο και τα ανεπτυγμένα φυτά είναι στον αγρό είναι ο περονόσπορος, το βακτήριο του καπνού και η κηλιδωτή νέκρωση του καπνού. Επιπλέον τα καπνόφυτα στον αγρό μπορεί να



εκδηλώσουν τις παρακάτω ασθένειες (Σφήκας 1988, χρυσοχόου και Βεζιρτζόγλου 1996):

- **Φυτόφθορα του καπνού** (*Phytophthora*, *Pythiaceae*). Προκαλείται από το μύκητα εδάφους *Phytophthora parasitica* var. *Nicotianae*. Είναι ασθένεια των ριζών και του λαιμού όπου δημιουργείται στένωση στη βάση, υποκίτρινη στην αρχή και αργότερα μαύρη. Τα φύλλα νεκρώνονται και παραμένουν στο στέλεχος. Ο μύκητας εισέρχεται στη ρίζα από τα νύγματα των νηματωδών σκουληκιών.
- **Μαύρη σήψη ριζών** (θιελάβια). Προκαλείται από το μύκητα εδάφους *Thielaviopsis basicola*, ο οποίος σε περίπτωση έντονης προσβολής καταστρέφει τελείως το ριζικό σύστημα, με αποτέλεσμα να προκαλείται χλώρωση και νέκρωση του υπέργειου τμήματος.
- **Ωίδιο του καπνού** (στάχτη ή μπάστρα). Προκαλείται από το μύκητα *Erisiphe cichoracearum*, ο οποίος προσβάλλει τα φύλλα (πρώτα τα κατώτερα) όπου εμφανίζονται μικρές λευκές κηλίδες που στη συνέχεια επεκτείνονται, ενώ η μολυσμένη επιφάνεια καλύπτεται με λευκό χνούδι και τελικώς ξηραίνεται. Ευνοείται από υπερβολική υγρασία, σκίαση και σχετικώς χαμηλή θερμοκρασία.
- **Μωσαϊκή του καπνού**. Οφείλεται στον ιό *Tobacco mosaic virus* που μεταδίδεται πολύ εύκολα και προσβάλλει κυρίως τα φύλλα όπου εμφανίζονται ακανόνιστες, διάσπαρτες κηλίδες με χρώμα βαθύ πράσινο έως χλωρωτικό κίτρινο, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας.

## B) Ζωικά παράσιτα

Έκτός από τα συνήθη έντομα εδάφους: σιδηροσκόληκες, αγρότιδες, κ.ά. τα καπνόφυτα στον αγρό προσβάλλονται και από τα παρακάτω έντομα:

- **Θρίπας του καπνού**, *Thrips tabaci* (Lindeman) (Thysanoptera, Thripidae). Προσβάλλει και απομυζά τα φύλλα του καπνού κυρίως κατά μήκος των νευρώσεων και τα παραμορφώνει
- **Αφίδες**, *M.persicae*. Απομυζούν τα φύλλα.
- **Φθοριμαία**, *Phthorimaea heliopa* (Lower) (Lepidoptera, Gelechiidae) Οι προνύμφες τρώνε το σπογγώδη ιστό των φύλλων στον οποίο εμφανίζονται διαφανείς στοές.

- **Ηλιότιδα**, *Helicoverpa armigera* (Huebner) (Lepidoptera, Noctuidae) Οι προνύμφες τρώνε τα επάνω φύλλα σχηματίζοντας κύκλους και αργότερα προσβάλλουν τους σπόρους που είναι η κύρια τροφή τους.
- **Αλευρώδης του καπνού**, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera, Aleyrodidae)
- **Νηματώδεις**

Γ) Άλλα φυτοπαράσιτα

- **Οροβάγγη** (λύκος ή μπλε λουλούδι). Είναι φανερόγαμο παράσιτο πολλών φυτικών ειδών (σολανώδη, ψυχανθή, κ.ά.). Έχει πολυάριθμους σπόρους που μεταφέρονται με το νερό, τον αέρα και την κοπριά και διατηρούν την βλαστικότητα τους στο έδαφος για περισσότερο από δέκα χρόνια., γι' αυτό και δεν αντιμετωπίζεται με αμειψισπορά. Οι σπόροι φυτρώνουν μόνο όταν έρχονται σε επαφή με τη ρίζα του ξενιστή και τα φυτάρια προσκολλώνται στις ρίζες και αναπτύσσονται μέχρι 30-40 cm ύψος απομυζώντας χυμούς από τις ρίζες.
- **Ψευδοροβάγγη**. Εκδηλώνεται με ανώμαλες άσπρες εκβλαστήσεις (όγκους) στη ρίζα, οι οποίες συνήθως παραμένουν μέσα στο έδαφος και είναι χλωρωτικές, ενώ όταν βγουν στην επιφάνεια του εδάφους πρασινίζουν. Το υπέργειο τμήμα παρουσιάζει καθυστερημένη ανάπτυξη, χλώρωση και μάρανση.

## 3.2. Ροδακινιά

### 3.2.1. Οικονομική σημασία της καλλιέργειας για την Ελλάδα

Η ροδακινιά *Prunus persicae* (L.) (Rosaceae) αποτελεί την πιο δυναμική καλλιέργεια της χώρας μεταξύ των διαφόρων φυλλοβόλων δενδροκομικών ειδών που καλλιεργούνται για την παραγωγή νωπών καρπών στην Ελλάδα. Χαρακτηριστική είναι η αλματώδης αύξηση των εκτάσεων που φυτεύτηκαν με ροδακινιές κατά τα έτη 1970–1995. Σταθερή ανοδική πορεία παρουσίασε και η συνολική παραγωγή. Οι διακυμάνσεις της παραγωγής οφείλονται στην επικράτηση δυσμενών καιρικών συνθηκών και κυρίως σε παγοπληξίες των δέντρων από παγετούς του χειμώνα ή της άνοιξης (Σφακιωτάκης 1993).

Με στοιχεία του 1993, το 94% των εκτάσεων που έχουν φυτευτεί με ροδακινιές βρίσκεται συγκεντρωμένο στη Μακεδονία και κυρίως στους νομούς Ημαθίας (46,6%) και Πέλλης (67,5%). Στις περιοχές αυτές, ένα μεγάλο μέρος από τη συνολική έκταση (67,5%) κατέχουν ποικιλίες επιτραπέζιες. Σημαντικό μέρος

κατέχουν οι εκτάσεις που έχουν φυτευτεί με συμπύρηνια ροδάκινα για να ικανοποιούνται οι ανάγκες της βιομηχανίας. Τα τελευταία χρόνια, άρχισαν να διαδίδονται και στην χώρα μας τα νεκταρίνια, που ζητούνται πολύ από την αγορά του εσωτερικού και του εξωτερικού ως νωπός καρπός (Σφακιωτάκης 1993). Η ετήσια παραγωγή της χώρας σε ροδάκινα ανέρχεται σε 835χιλ. τόνους, για το έτος 2004, ενώ η καλλιεργούμενη έκταση για το 2003 ανέρχεται σε 41,28 χιλιάδες εκτάρια, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της Eurostat. Οι αντίστοιχες τιμές για τα νεκταρίνια είναι 111,75 χιλ. τόνοι για το 2004 και 5,25 χιλ. εκτάρια για το 2003. Σε μια πολυετή καλλιέργεια αυτού του είδους, η διακύμανση παρατηρείται όσον αφορά την παραγωγή του κάθε έτους, ενώ οι αντίστοιχες εκτάσεις παραμένουν σχετικά σταθερές.

### 3.2.2. Συστηματική Κατάταξη – Γενικά χαρακτηριστικά

Το επιστημονικό όνομα της ροδακινιάς είναι *Prunus persicae*. Ανήκει στα πυρηνόκαρπα (τάξη Rosales, Οικογένεια Rosaceae, υποοικογένεια Prunoidea, 2x=16 χρωμοσώματα). Το γένος *Prunus* περιλαμβάνει είδη με μεγάλη οικονομική σημασία όπως είναι η ροδακινιά, η νεκταρινιά η δαμασκηνιά (*Prunus domestica*, Rosaceae), η βερικοκιά (*Prunus armeniaca*, Rosaceae), η κερασιά (*Prunus avium*, Rosaceae) και η αμυγδαλιά (*Prunus amygdalus*, Rosaceae).

Τα είδη του γένους αυτού, είναι μάλλον μικρόσωμα και σχετικά βραχύβια δέντρα. Καρποφορούν σε οφθαλμούς που δίνουν ένα ή και περισσότερα άνθη χωρίς φύλλα. Ο καρπός είναι «δρύπη» με σκληρό ενδοσπέρμιο τον «πυρήνα», που περιέχει το σπέρμα. Ορισμένα είδη του γένους *Prunus* διασταυρώνονται μεταξύ τους και δίνουν υβρίδια ή εμβολιάζονται μεταξύ τους και χρησιμοποιούνται ως υποκείμενα.

Τα είδη του γένους *Prunus* κατατάσσονται σε τρία υπογένη: *Amygdalus*, *Prunophora* και *Cerasus* (Σφακιωτάκης 1993).

### 3.2.3. Ιστορία – Γεωγραφική κατανομή – Καλλιεργητικές συνθήκες

Η ροδακινιά κατάγεται από την Κίνα, όπου απαντάται ως αυτοφυές και από εκεί διαδόθηκε στην Περσία, Μικρά Ασία καθώς και στην Ελλάδα. Στη χώρα μας η καλλιέργεια της ήταν γνωστή από το 400–300 π.Χ. Από εκεί οι Ρωμαίοι τη μετέφεραν στην Δ. Ευρώπη και από τη Δ. Ευρώπη το 1965 μεταφέρθηκε στην Αμερική με τους Ισπανούς αποίκους. Το νεκταρίνι διαφέρει από την ροδακινιά μόνο στο ότι ο καρπός

του δεν έχει χνούδι, ενώ προήλθε από οφθαλμική μετάλλαξη της ροδακινιάς και ήταν γνωστό πριν από 2000 χρόνια (Βασιλακάκης και Θεριός 1998).

Η ροδακινιά είναι δέντρο της εύκρατης ζώνης και μπορεί να αναπτυχθεί ικανοποιητικά όταν η ελάχιστη θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από  $-15^{\circ}\text{C}$  και η μέγιστη δεν υπερβαίνει τους  $35^{\circ}\text{C}$ .

Για τη διακοπή του λήθαργου των οφθαλμών απαραίτητες είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες ( $<7^{\circ}\text{C}$ ), που σε σύνολο ωρών, όσον αφορά τις απαιτήσεις, στις περισσότερες ποικιλίες ροδακινιάς υπερβαίνουν τις 600. Παρόλα αυτά, καταβάλλονται προσπάθειες για τη δημιουργία ποικιλιών με μικρότερες απαιτήσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες, για την αξιοποίηση πιο ζεστών περιοχών με σκοπό την παραγωγή πρώιμων ροδάκινων. Ευδοκιμούν, όμως και παράγουν καλής ποιότητας καρπούς σε περιοχές με ζεστό και ξηρό καλοκαίρι, αλλά, γενικά, έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου και ιδίως πριν την ωρίμανση του καρπού, ο οποίος αυξάνεται πολύ γρήγορα (Σφακιωτάκης 1993; Βασιλακάκης και Θεριός 1998).

Τα καταλληλότερα εδάφη για τη ροδακινιά είναι τα ελαφρά ως μέσης σύστασης. Δεν αναπτύσσεται καλά στα βαριά εδάφη, γιατί δεν στραγγίζουν και δεν αερίζονται καλά, με πολύ δυσάρεστες συνέπειες στην ανάπτυξη του δέντρου, τη παραγωγή, την ποιότητα και την μακροζωία. Σε βαριά εδάφη την άνοιξη παρατηρείται μια γενική χλώρωση στα φύλλα του δέντρου, που οφείλεται στην υπερβολική υγρασία και τον κακό αερισμό του εδάφους. Τα αλκαλικά εδάφη πρέπει να αποφεύγονται, γιατί ο οπωρώνας θα υποφέρει μόνιμα από έλλειψη σιδήρου και θα πρέπει να λιπαίνεται σχεδόν κάθε χρόνο με οργανικό σίδηρο, γεγονός που αυξάνει το κόστος παραγωγής (Βασιλακάκης και Θεριός 1998).

#### **3.2.4. Ποικιλίες ροδακινιάς**

Τα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη για την περιγραφή των ποικιλιών ροδακινιάς είναι τα εξής: ο χρόνος ωρίμανσης των καρπών, το χρώμα της σάρκας του καρπού (λευκόσαρκα ή κιτρινόσαρκα ροδάκινα), ο αποχωρισμός του πυρήνα από την σάρκα (εκπύρηνα ή συμπύρηνα), η ύπαρξη ή όχι χνουδιού (κοινά ροδάκινα ή νεκταρίνια), η συνεκτικότητα της σάρκας κατά την ωρίμανση, η ευπάθεια στις ασθένειες και οι απαιτήσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες για την διακοπή του λήθαργου των οφθαλμών τους.

Οι τρεις βασικές κατηγορίες ροδάκινων είναι οι εξής:

- i. Επιτραπέζια ροδάκινα
- ii. Νεκταρίνια ή μηλοροδάκινα
- iii. Συμπύρηνια ή κονσερβοποιήσιμα ροδάκινα, (Βασιλακάκης και Θεριός 1998).

### 3.2.5. Εχθροί και ασθένειες της ροδακινιάς

Η καλλιέργεια της ροδακινιάς προσβάλλεται από διάφορους εχθρούς και ασθένειες, σημαντικότερες εκ των οποίων είναι οι εξής:

#### Ασθένειες

Από τις μυκητολογικές ασθένειες σημαντικότερες είναι ο εξώασκος της ροδακινιάς, παθογόνο αίτιο: διάφορα είδη ασκομυκήτων (Taphrinales, Taphrinaceae) του γένους *Taphrina* (συν. *Exoascus*), το κορύνεο, παθογόνο αίτιο: ο μύκητας (Αδηλομύκητας, Hyphomycetes) *Wilsonomyces carpophilus*, συν. *Stimina carpophila*, *Coryneum beijerinckii* και *Clasterosporium carpophilum*), το ωίδιο, παθογόνο αίτιο: ο μύκητας *Sphaerotheca pannosa* (Ασκομύκητες, Erysiphales) με ατελή (αγενή) μορφή το *Oidium leucoconium*] και οι διάφορες αδρομυκώσεις που οφείλονται σε μύκητες κυρίως του γένους *Verticillium*, όσον αφορά τα πυρηγόκαρπα (Παναγόπουλος 1997).

Από τις προκαρυωτικές ασθένειες, σημαντικότερη είναι το βακτηριακό έλκος των πυρηνοκάρπων, παθογόνο αίτιο: *Pseudomonas syringae* pv. *morsprunorum*) (Παναγόπουλος 1997), ενώ από τις ιολογικές ασθένειες η ευλογία της δαμασκηνιάς (Plum pox ή sharka, virus della vaiolatura del susino, R/ 1:3.5/6.2±0.4 : E/ E: S/ Ap) (Κατής 1999).

#### Εχθροί

Σημαντικότεροι εχθροί της ροδακινιάς είναι η αλευρώδης αφίδα των πυρηνοκάρπων [*Hyalopterus pruni* (Geoffroy), Homoptera:Aphididae], η πράσινη αφίδα της ροδακινιάς [*Myzus persicae* (Sulzer), Homoptera:Aphididae], ο καπνώδης των πυρηνοκάρπων [*Capnodis tenebrionis* (L.), Coleoptera: Buprestidae], η ανάρσια (ή βλαστορύκτης της ροδακινιάς) [*Anarsia lineatella* (Zeller), Lepidoptera:Gelechiidae], ο βλαστορύκτης της ροδακινιάς [*Grapholitha molesta*

(Busck), Lepidoptera:Tortricidae] και η μύγα της Μεσογείου [*Ceratitis capitata* (Wiedemann), Diptera:Tephritidae] (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος 1998; Τσιτσιπής 1999).

## **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

---

## Εισαγωγή

Η αφίδα *Myzus persicae* είναι ο σημαντικότερος εχθρός της ροδακινιάς και του καπνού αλλά και άλλων ποωδών καλλιεργειών. Η αντιμετώπιση της πρέπει να εμπίπτει στα πλαίσια της σύγχρονης φυτοπροστασίας δηλαδή στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών (IPM) για την επίτευξη του προσδοκώμενου αποτελέσματος με σεβασμό στην υγεία του καταναλωτή και την προστασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, η ανάπτυξη και εφαρμογή τέτοιων συστημάτων προϋποθέτει γνώση σε βασικά σημεία της οικολογίας του εντόμου εχθρού καθώς και της στρατηγικής διαχείμασης των πληθυσμών του. Δύο παράγοντες επηρεάζουν κυρίως τη στρατηγική αναπαραγωγής που υιοθετεί η αφίδα, η θερμοκρασία και η σχετική αφθονία του πρωτεύοντα ξενιστή του είδους, της ροδακινιάς (Blackman 1974).

Άλλο σημαντικό στοιχείο των προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης είναι η Διαχείριση της Ανθεκτικότητας σε Εντομοκτόνα (Denholm & Rowland 1992, Denholm & Jespersen 1999) που προϋποθέτει την παρακολούθηση (monitoring) της ανθεκτικότητας στους πληθυσμούς του εχθρού. Στην Ελλάδα έχει καταγραφεί σημαντική ανθεκτικότητα σε OPs και καρβαμιδικά εντομοκτόνα και λιγότερο σε πυρεθρίνες (Cox *et al.*, 2001).

Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της *M. persicae* είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε πολλές ομάδες εντομοκτόνων. Οι κύριοι μηχανισμοί που εμπλέκονται στην ανθεκτικότητα είναι οι εξής: (1) αυξημένη παραγωγή καρβοξυλεστερασών που οφείλεται σε πολλαπλά αντίγραφα των γονιδίων E4 και FE4, (2) τροποποιημένη ακετυλοχολινεστεράση (MACE) και (3) τροποποιημένη δίοδος νατρίου (knockdown resistance, kdr) (για άρθρο επισκόπησης βλέπε Devonshire *et al.* 1998). Η πίεση επιλογής από τα εντομοκτόνα και η δομή της γενετικής πληθυσμών του *M. persicae* είναι πιθανόν να μεταβάλλονται στο χώρο και στο χρόνο, κάτι που μπορεί να οδηγήσει στην παραλλακτικότητα των επιπέδων ανθεκτικότητας σε φυσικούς πληθυσμούς του εντόμου. Συγκεκριμένα, όταν ένα μικρό ποσοστό γενοτύπων του κύριου πληθυσμού μπορέσει να εγκατασταθεί με επιτυχία σε μια καινούρια γεωγραφική περιοχή, τα χαρακτηριστικά της ανθεκτικότητας αυτού του πληθυσμού είναι πιθανό να επηρεαστούν από τη διαθέσιμη γενετική παραλλακτικότητα των μεταναστευτικών ατόμων (Fuentes *et al.* 2004 ).



## 4. Υλικά και Μέθοδοι

### 4.1. Πειραματικό Υλικό

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 54 κλώνοι της *Myzus persicae* από την Ελλάδα καθώς και ο ευαίσθητος κλώνος αναφοράς US1L ο οποίος είχε προέλθει από το Rothamsted της Αγγλίας. Η εξέταση έγινε σε ένα εύρος δόσεων, με τα 0,125ng imidacloprid/αφίδα να είναι η χαμηλότερη δόση και τα 4ng/αφίδα η μεγαλύτερη. Η συλλογή έγινε από 3 γεωγραφικά διαμερίσματα, από καλλιέργεια ροδάκινων και καπνό με στόχο τον έλεγχο ανάπτυξης ανθεκτικότητας στα νεονικοτινοειδή (Confidor 200SL). Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκαν άτομα από 21 διαφορετικές σειρές από τη Β. Ελλάδα (Μελίκη, Κατερίνη, Κρύα Βρύση), 21 από την Κεντρική Ελλάδα (Λεχώνια, Βελεστίνο, Καρδίτσα), πέντε από την Στερεά Ελλάδα (Αμφίκλεια) και επτά από τη Νότια Ελλάδα (Ναύπλιο).

### 4.2. Μέθοδος δειγματοληψίας

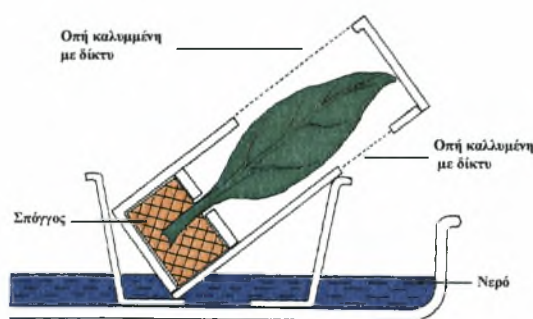
Η δειγματοληψία έγινε σε χωράφια με ροδακινίες την άνοιξη (τέλη Απριλίου – μέσα Ιουνίου) και με καπνό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (μέσα Ιουνίου – τέλη Αυγούστου). Από κάθε χωράφι συλλέχθηκαν 25 δείγματα. Το κάθε δείγμα περιείχε πληθυσμό από ένα μόνο δένδρο στην περίπτωση των ροδάκινων και 2–3 διπλανών φυτών στην περίπτωση του καπνού τα οποία τοποθετήθηκαν σε ειδικό αεροστεγές σακουλάκι δειγματοληψίας μαζί με απορροφητικό χαρτί. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε φορητό ψυγείο μικρού μεγέθους με παγοκύστες για καλύτερη διατήρηση των δειγμάτων μέχρι τη μετάβαση στο εργαστήριο. Τοποθετήθηκαν σειρές σε βιοκλιματικούς θαλάμους. Τοποθετήθηκε μια παρθενογενετική ενήλικη αφίδα στην κάτω επιφάνεια φύλλου κινέζικου λάχανου (*Brassica napus* L var *chinensis* cv Tip-Top) μέσα σε κουτί (Blackman 1971).

Για τη διατήρηση των κλώνων χρησιμοποιήθηκαν ειδικά κουτιά εκτροφής αφίδων (Blackman 1971) διαστάσεων 7,7 cm x 4,5 cm x 2 cm, στη βάση των οποίων υπήρχε τεμάχιο από σφουγγάρι. Τα κουτιά εκτροφής ήταν τοποθετημένα σε δίσκο με μικρή ποσότητα νερού για τη διαβροχή του σπόγγου και σε μικρή κλίση έτσι ώστε το φύλλο να βρίσκεται σε φυσική θέση. Το νερό επίσης λειτουργεί ως φραγμός για την απομόνωση των κουτιών και την αποφυγή τυχόν μόλυνσης από περιπλανώμενες αφίδες.

Η αντικατάσταση των φύλλων γινόταν κάθε 3 ημέρες με ταυτόχρονη μεταφορά 15-20 περίπου ατόμων για τη διατήρηση δυναμικής αποικίας. Με αυτό τον

τρόπο η θρεπτική κατάσταση των φύλλων διατηρούταν σε υψηλά επίπεδα, χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα στη θρέψη και τον πολλαπλασιασμό των αφίδων

Στην συνέχεια ο κλώνος διασπόνταν σε περισσότερα Blackman έως να συμπληρωθούν 120 με 140 ενήλικες παρθενογενετικές αφίδες. Εκτροφές πληθυσμών διατηρούνταν σε βιοκλιματικούς θαλάμους με φωτοπερίοδο L16:D8 και θερμοκρασία 17°C. Στην συνέχεια συλλέγονταν οι ενήλικες παρθενογενετικές αφίδες και πραγματοποιούνταν η βιοδοκιμή.



**Εικόνα 2.** Κουτί εκτροφής αφίδων τύπου Blackman

### 4.3. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Κινέζικο λάχανο χρησιμοποιήθηκε για την εκτροφή των αφίδων μετά από τη βιοδοκιμή και για παρέλευση 24, 48 και 72 ωρών. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε κινέζικο λάχανο για τη διατήρηση των ατόμων είναι ότι αποτελεί καλός ξενιστής της *Myzus persicae* και αναπτύσσεται γρήγορα στο θερμοκήπιο, δίνοντας μεγάλη παραγωγή σε φύλλα. Τα φύλλα τοποθετούνταν σε πλαστικό τριβλίο που αεριζόταν με τη βοήθεια οπής στο καπάκι. Συγκεκριμένα, οι βιοδοκιμές έγιναν με τοπική εφαρμογή των εντομοκτόνων με τη βοήθεια μικροσυριγγών 5-μl τύπου Hamilton. Σε κάθε βιοδοκιμή χρησιμοποιούνταν 120-140 ενήλικα άπτερα θηλυκά. Ο χειρισμός των εντόμων έγινε με λεπτά πινέλα ζωγραφικής. Οι αφίδες που εξετάστηκαν διατηρούνταν σε σταθερές συνθήκες σε πλαστικά τριβλία διαμέτρου και ύψους 2cm, που καλύπτονταν με διαφανές εντομοστεγές τούλι, και περιείχε άγαρ 1,6% w/v. Δεν χρειάζονταν ακινητοποίηση των εντόμων για την εφαρμογή των εντομοκτόνων καθώς από τη φύση τους οι αφίδες δεν μετακινούνται όταν αρχίζουν και τρέφονται. Με την μέθοδο αυτή ελέγχθηκε η ανθεκτικότητα 54 παρθενογενετικών σειρών αφίδων στο imidacloprid.. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα ίδια υλικά και μέθοδος χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο της ανθεκτικότητας του ευαίσθητου κλώνου US1L.



**Εικόνα 3.** Βιοκλιματικός θάλαμος.

#### **4.4. Πειραματική διαδικασία**

Συλλέγονταν ομάδες 25-30 αφίδων (άπτερα, θηλυκά) τόσες όσες και οι μεταχειρίσεις από δοχεία Blackman.



**Εικόνα 4.** Άπτερο θηλυκό άτομο.

Κάθε ομάδα τοποθετούνταν μέσα στο τριβλίο. Για κάθε ξεχωριστή μεταχείριση τα άτομα υπόκεινταν στην ανάλογη συγκέντρωση εντομοκτόνου imidacloprid. Η βιοδοκιμή άρχιζε πάντοτε με τη μεταχείριση του μάρτυρα (τοπική εφαρμογή σε ακετόνη) και για κάθε μεταχείριση προχωρούσε από το αραιότερο διάλυμα προς το πυκνότερο. Η εφαρμογή του φαρμάκου με μικροσύριγγα τύπου Hamilton γινόταν στο άνω τμήμα του σώματος της αφίδας. Οι αφίδες με τη βοήθεια του πινέλου τοποθετούνταν σε πλαστικό τριβλίο που σκεπαζόταν με τούλι, στο οποίο είχε ανοιχτές σπές ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής αερισμός.

Τα αποτελέσματα λαμβάνονταν με γυμνό μάτι. Νεκρές θεωρούνταν όλες οι αφίδες που δεν παρουσίαζαν κανένα σύμπτωμα έντονης κίνησης όταν ενοχλούνταν με το πινέλο. Ζωντανές θεωρούνταν οι αφίδες που περπατούσαν ή τρέφονταν και αντιδρούσαν σε παρενόχληση με το πινέλο. Επίσης, ζωντανές θεωρήθηκαν και οι ανάποδα γυρισμένες αφίδες όταν εμφάνιζαν έντονη κινητικότητα σε πόδια και κεραίες, η οποία ήταν εμφανής μακροσκοπικά

**Πίνακας 2.** Περιοχές δειγματοληψίας των κλώνων της αφίδας *Myzus persicae* ανά ξενιστή, ημ/νία συλλογής, περιοχή.

Κλώνος	Ξενιστής	Ημ/νια		Γεωγραφικό Διαμέρισμα	Περιοχή	Βιολογικός	
		Συλλογής				Κύκλος	Χρώμα
04LehP02	Ροδάκινο	27/4/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	H	GR
04LehP05	Ροδάκινο	27/4/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	H	GR
04LehP06	Ροδάκινο	27/4/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	H	GR
04LehP07	Ροδάκινο	27/4/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	H	GR
04LehP08	Ροδάκινο	27/4/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	E	GR
04LehP10	Ροδάκινο	27/4/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	H	GR
04LehP13	Ροδάκινο	27/4/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	H	GR
04LehP22	Ροδάκινο	10/5/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	E	GR
04LehP24	Ροδάκινο	10/5/2004		Κ.Ελλάδα	Λεχώνια	H	GR
04MelP20	Ροδάκινο	10/5/2004		Β.Ελλάδα	Μελίκη	A	GR
04MelP25	Ροδάκινο	10/5/2004		Β.Ελλάδα	Μελίκη	H	GR
04MelP31	Ροδάκινο	10/5/2004		Β.Ελλάδα	Μελίκη	H	GR
04MelP52	Ροδάκινο	21/5/2004		Β.Ελλάδα	Μελίκη	H	GR
04MelP60	Ροδάκινο	21/5/2004		Β.Ελλάδα	Μελίκη	A	GR
04MelP70	Ροδάκινο	2/6/2004		Β.Ελλάδα	Μελίκη	H	GR
04VelP03	Ροδάκινο	6/5/2004		Κ.Ελλάδα	Βελεστίνο	H	GR
04VelP05	Ροδάκινο	6/5/2004		Κ.Ελλάδα	Βελεστίνο	H	GR
04VelP06	Ροδάκινο	6/5/2004		Κ.Ελλάδα	Βελεστίνο	H	GR
04VelP13	Ροδάκινο	6/5/2004		Κ.Ελλάδα	Βελεστίνο	H	GR
04VelP18	Ροδάκινο	6/5/2004		Κ.Ελλάδα	Βελεστίνο	H	GR
04VelP19	Ροδάκινο	6/5/2004		Κ.Ελλάδα	Βελεστίνο	H	GR
04VelP20	Ροδάκινο	6/5/2004		Κ.Ελλάδα	Βελεστίνο	H	GR
04AmfT03	Καπνός	28/8/2004		Ν.Ελλάδα	Αμφίκλεια	I	R
04AmfT07	Καπνός	28/8/2004		Ν.Ελλάδα	Αμφίκλεια	A	GR
04AmfT24	Καπνός	28/8/2004		Ν.Ελλάδα	Αμφίκλεια	A	R
04AmfT25	Καπνός	28/8/2004		Ν.Ελλάδα	Αμφίκλεια	I	R
04AmfT26	Καπνός	28/8/2004		Ν.Ελλάδα	Αμφίκλεια	A	R
04KarT07	Καπνός	2/7/2004		Κ.Ελλάδα	Καρδίτσα	A	R
04KarT11	Καπνός	2/7/2004		Κ.Ελλάδα	Καρδίτσα	H	R
04KarT13	Καπνός	2/7/2004		Κ.Ελλάδα	Καρδίτσα	A	GR
04KarT25	Καπνός	2/7/2004		Κ.Ελλάδα	Καρδίτσα	A	R
04KarT26	Καπνός	21/7/2004		Κ.Ελλάδα	Καρδίτσα	H	R
04KarT51	Καπνός	4/8/2004		Κ.Ελλάδα	Καρδίτσα	A	R
04KatT14	Καπνός	8/7/2004		Κ.Ελλάδα	Κατερίνη	A	GR
04KatT19	Καπνός	8/7/2004		Κ.Ελλάδα	Κατερίνη	I	R

04KatT22	Καπνός	8/7/2004	Κ.Ελλάδα	Κατερίνη	A	R
04KatT25	Καπνός	8/7/2004	Κ.Ελλάδα	Κατερίνη	I	R
04KVT07	Καπνός	22/8/2004	Β.Ελλάδα	Κρύα Βρύση	H	R
04KVT08	Καπνός	22/8/2004	Β.Ελλάδα	Κρύα Βρύση	H	R
04KVT12	Καπνός	22/8/2004	Β.Ελλάδα	Κρύα Βρύση	H	R
04KVT22	Καπνός	22/8/2004	Β.Ελλάδα	Κρύα Βρύση	H	GR
04KVT25	Καπνός	22/8/2004	Β.Ελλάδα	Κρύα Βρύση	H	R
04KVT29	Καπνός	22/8/2004	Β.Ελλάδα	Κρύα Βρύση	H	R
04MeIT17	Καπνός	17/6/2004	Β.Ελλάδα	Μελίκη	H	GR
04MeIT25	Καπνός	17/6/2004	Β.Ελλάδα	Μελίκη	H	R
04MeIT30	Καπνός	17/6/2004	Β.Ελλάδα	Μελίκη	H	GR
04MeIT34	Καπνός	17/6/2004	Β.Ελλάδα	Μελίκη	H	R
04MeIT55	Καπνός	16/7/2004	Β.Ελλάδα	Μελίκη	I	GR
04NauT01	Καπνός	6/7/2004	Ν.Ελλάδα	Ναύπλιο	A	R
04NauT11	Καπνός	6/7/2004	Ν.Ελλάδα	Ναύπλιο	A	R
04NauT12	Καπνός	6/7/2004	Ν.Ελλάδα	Ναύπλιο	A	R
04NauT20	Καπνός	6/7/2004	Ν.Ελλάδα	Ναύπλιο	A	R

\*H=Ολοκυκλικός, A=Ανολοκυκλικός, I= Ενδιάμεσος, GR=Πράσινο, R=Κόκκινο

#### 4.5. Στατιστική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων και υπολογισμός των δόσεων θνησιμότητας για 50% του πληθυσμού (ED 50) κάθε βιοδοκιμής μέσω H/Y με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος 10.0 SPSS με probit ανάλυση και λογαριθμική μετατροπή των δεδομένων.

#### 4.6. Τρόπος δημιουργίας των διαλυμάτων

Τα διαλύματα προετοιμάζονταν και τοποθετούνταν στο κρύο και στο σκοτάδι αμέσως. Κάθε διάλυμα εξέρχονταν από το ψυγείο μόνο όταν χρειαζόταν. Τα διαλύματα δεν διατηρούνταν μετά την χρήση τους. Νέα διαλύματα δημιουργούνταν σε κάθε νέα βιοδοκιμή.

#### 4.7. Διαλύματα

Το πρώτο διάλυμα περιείχε 20% imidacloprid και γινόταν:

$$\text{Confidor(ml)} + \text{ακετόνη} = \text{διάλυμα(ml)} + \text{Imid(mg)} = \text{συγκέντρωση (mg/ml)} = 1000\text{ng/}\lambda$$

Αυτό το διάλυμα χρησιμοποιούνταν για την δημιουργία του δεύτερου διαλύματος:

$$\text{D1(ml)} + \text{ακετόνη(ml)} = \text{διάλυμα(ml)} + \text{imid(ml)} = \text{συγκέντρωση(ng/}\mu\text{l)}.$$

Τελικά το διάλυμα 2 διαλύονταν με ακετόνη ώστε να προκύψουν οι τελικές δόσεις:

**Πίνακας 3.** Δόσεις του imidacloprid σε ng/έντομο που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε βιοδοκιμή.

<b>Διάλυμα 2(μl)</b>	<b>Ακετόνη(μl)</b>	<b>Τελική συγκέντρωση(ng/μl)</b>
40	960	4
20	980	2
10	990	1
5	995	0.5
2.5	997.5	0.25
1.25	998.75	0.125

## 5. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα δείχνουν μια μικρή αύξηση της ανθεκτικότητας της αφίδας *Myzus persicae* στο νεονικοτινοειδές εντομοκτόνο imidacloprid. Αναλυτικά τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 3 και Σχήμα 6 και 7.

Στη ροδακινιά η μέση θανατηφόρος συγκέντρωση (ED50) παρουσίασε διακύμανση από 0,30 ng που εμφανίστηκε σε κλώνο της Μελίκης έως 1,98 ng στην ίδια περιοχή. Η διακύμανση των τιμών της μέσης θανατηφόρου δόσης στην περίπτωση του καπνού παρουσιάστηκε μεταξύ των ακραίων τιμών 0,23 και 3,01 ng από κλώνους που συλλέχθηκαν αντίστοιχα από τις περιοχές της Καρδίτσας και της Μελίκης.

**Πίνακας 4.** Συνολικός πίνακας αποτελεσμάτων (σειρά, ED50, 95% CL<sup>a</sup>, κλίση, X<sup>2</sup>, ρ, RR)

Παρθενογενετική Σειρά	ED50	(95% CI <sup>a</sup> )	Κλίση	X <sup>2</sup>	ρ	RR
04KarT51	0,23	(0,11 - 0,36)	1,4	2,782	0,595	1,00
04MelP25	0,3	(0,18 - 0,43)	1,72	2,885	0,577	1,30
04AmfT03	0,31	(0,17 - 0,48)	1,5	3,238	0,356	1,35
US1L	0,32	(0,20 - 0,46)	1,81	2,397	0,494	1,39
04MelT55	0,33	(0,13 - 0,56)	1,02	0,868	0,929	1,43
04VelP13	0,35	(0,10 - 0,64)	1	3,647	0,302	1,52
04VelP18	0,35	(0,08 - 0,62)	1,06	3,542	0,315	1,52
04MelP31	0,36	(0,11 - 0,71)	0,82	2,903	0,574	1,57
04MelP60	0,46	(0,32 - 0,65)	1,83	1,96	0,743	2,00
04KarT11	0,47	(0,34 - 0,64)	2,19	4,043	0,257	2,04
04AmfT07	0,47	(0,24 - 0,72)	1,53	5,116	0,164	2,04
04LehP22	0,48	(0,32 - 0,67)	1,73	2,672	0,614	2,09
04MelP70	0,52	(0,33 - 0,82)	1,52	0,617	0,892	2,26
04KatT22	0,56	(0,34 - 0,96)	1,33	2,224	0,527	2,43
04LehP06	0,57	(0,39 - 0,79)	1,75	3,621	0,46	2,48
04NauT01	0,6	(0,15 - 1,13)	0,92	2,319	0,509	2,61
04KVT08	0,62	(0,42 - 0,90)	1,59	2,941	0,568	2,70
04KVT25	0,65	(0,42 - 0,99)	1,43	4,521	0,34	2,83
04VelP20	0,66	(0,48 - 0,94)	2,08	0,518	0,915	2,87
04KatT14	0,67	(0,10 - 1,44)	0,77	0,623	0,891	2,91
04LehP07	0,71	(0,49 - 1,03)	1,64	2,362	0,669	3,09
04KVT22	0,72	(0,50 - 1,05)	1,69	4,743	0,315	3,13
04KarT13	0,74	(0,44 - 1,58)	1,18	0,97	0,808	3,22
04LehP02	0,76	(0,40 - 1,22)	1,29	0,522	0,914	3,30
04VelP05	0,78	(0,49 - 1,49)	1,33	0,017	0,999	3,39
04VelP06	0,8	(0,34 - 2,06)	0,75	0,963	0,915	3,48
04LehP13	0,81	(0,60 - 1,12)	2,41	1,868	0,6	3,52
04VelP03	0,82	(0,59 - 1,22)	2,03	0,062	0,996	3,57
04KarT25	0,85	(0,62 - 1,18)	2	3,303	0,508	3,70
04LehP24	0,87	(0,52 - 2,23)	1,15	4,797	0,309	3,78
04NauT12	0,88	(0,65 - 1,19)	2,21	2,147	0,709	3,83

04KatT19	0,94	(0,63 - 1,49)	1,43	0,638	0,959	4,09
04MeIT34	0,96	(0,67 - 1,41)	1,89	5,422	0,247	4,17
04AmfT24	1,03	(0,60 - 2,01)	1,04	1,424	0,84	4,48
04LehP10	1,06	(0,73 - 1,57)	1,78	0,795	0,851	4,61
04MeIP52	1,07	(0,74 - 1,65)	1,61	2,908	0,573	4,65
04NauT11	1,09	(0,70 - 2,37)	1,39	4,25	0,236	4,74
04VelP19	1,1	(0,67 - 2,72)	1,28	1,052	0,789	4,78
04AmfT26	1,12	(0,56 - 2,30)	0,8	1,599	0,901	4,87
04KVT29	1,17	(0,68 - 3,68)	1,14	4,289	0,232	5,09
04LehP05	1,19	(0,87 - 1,71)	2,02	0,713	0,95	5,17
04LehP08	1,23	(0,91 - 1,71)	2,11	1,497	0,827	5,35
04KVT12	1,36	(0,70 - 10,92)	0,92	0,8	0,85	5,91
04NauT20	1,47	(0,80 - 4,39)	0,89	0,878	0,928	6,39
04KatT25	1,59	(0,83 - 6,11)	0,83	0,565	0,967	6,91
04KVT07	1,68	(0,90 - 3,91)	0,81	2,31	0,805	7,30
04MeIT17	1,87	(1,23 - 3,58)	1,42	1,537	0,674	8,13
04MeIP20	1,98	(1,07 - 4,60)	0,89	1,319	0,858	8,61
04MeIT25	2,12	(1,39 - 4,09)	1,45	0,359	0,986	9,22
04KarT07	2,19	(1,31 - 4,64)	0,99	2,61	0,76	9,52
04AmfT25	2,29	(1,23 - 6,34)	0,79	2,138	0,83	9,96
04KarT26	2,3	(1,63 - 3,45)	1,67	5,395	0,37	10,00
04MeIT30	3,01	(1,76 - 5,50)	7,09	3,133	0,679	13,09

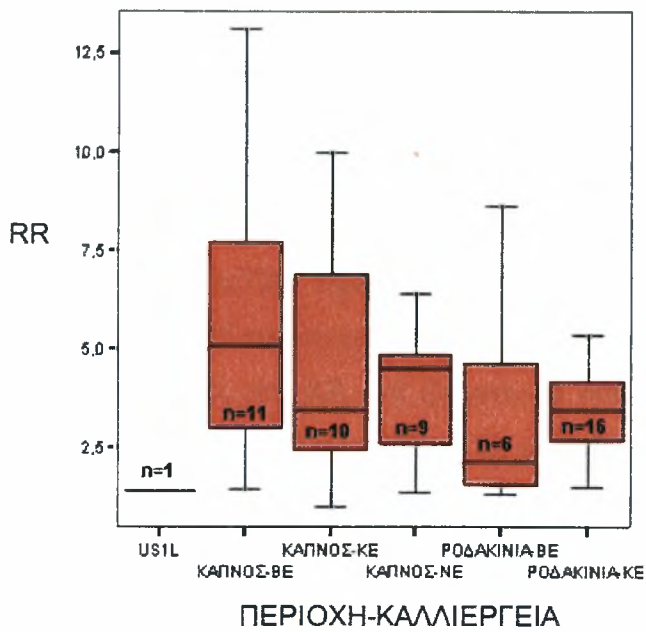
ED<sub>50</sub>: Δόση για την θανάτωση του 50% του πληθυσμού, RR: ED<sub>50</sub> του κάθε πληθυσμού / ED<sub>50</sub> από το πιο ευαίσθητο πληθυσμό, X<sup>2</sup>: βαθμός ετερογένειας.

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα: Το μικρότερο ED<sub>50</sub> είχε τιμή 0.23 και εμφανίστηκε στον κλώνο 04KarT51 ενώ το μεγαλύτερο είχε τιμή 3.01 και εμφανίστηκε στον κλώνο 04MeIT30. Όσον αφορά για την καλλιέργεια της ροδακινιάς το μικρότερο ED<sub>50</sub> είχε τιμή 0.305 στον κλώνο 04MeIP25 ενώ το μεγαλύτερο ED<sub>50</sub> είχε τιμή 1.98 στον κλώνο 04MeIP20. Για την καλλιέργεια του καπνού το μικρότερο ED<sub>50</sub> είχε τιμή 0.23 στον κλώνο 04KarT51 ενώ το μεγαλύτερο ED<sub>50</sub> είχε τιμή 3.01 στον κλώνο 04MeIT30.

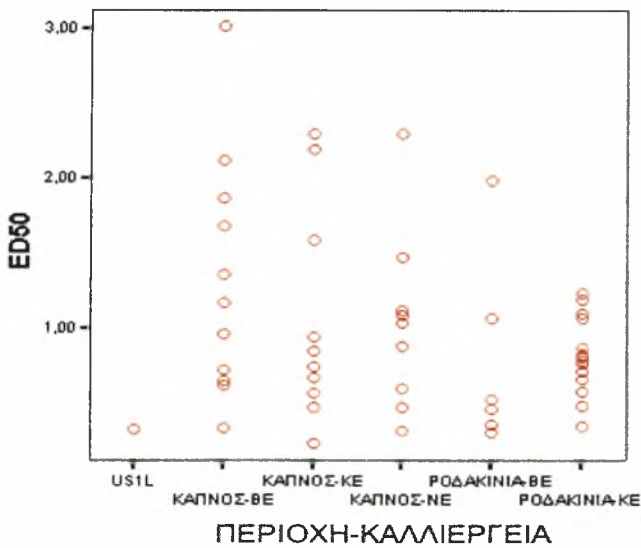
Όσον αφορά τις τιμές του ED<sub>50</sub> ανά γεωγραφικό διαμέρισμα βρέθηκε: στην κεντρική Ελλάδα, στην καλλιέργεια του καπνού το μικρότερο ED<sub>50</sub> βρέθηκε 0.23 στον κλώνο 04KarT51 ενώ το μεγαλύτερο ED<sub>50</sub> είχε τιμή 2.3 στον κλώνο 04KarT26. Στην καλλιέργεια της ροδακινιάς το μικρότερο ED<sub>50</sub> βρέθηκε 0.35 στον κλώνο 04VelP13 ενώ το μεγαλύτερο ED<sub>50</sub> είχε τιμή 1.23 στον κλώνο 04LehP8.

Το χ<sup>2</sup> δεν ήταν σε κανένα κλώνο σημαντικό, ενώ η κλίση έπαιρνε τιμή από 0,595 έως 0,679.





Σχήμα 7. Κατανομή του λόγου ανθεκτικότητας της αφίδας *Myzus persicae* ανά γεωγραφικό διαμέρισμα και καλλιέργεια στην Ελλάδα για το imidacloprid. (N= αριθμός πληθυσμών)



Σχήμα 8. Κατανομή του ED50 της αφίδας *Myzus persicae* ανά γεωγραφικό διαμέρισμα και καλλιέργεια στην Ελλάδα για το imidacloprid

Όσον αφορά τις τιμές του συντελεστή ανθεκτικότητας (RR), αυτές κυμάνθηκαν από 1 έως 13.09. Ποιο συγκεκριμένα η μικρότερη τιμή εμφανίστηκε στον κλώνο 04KarT51 ενώ η μεγαλύτερη τιμή εμφανίστηκε στον κλώνο 04MeIT30. Στην Β.Ελλάδα το μικρότερο RR εμφανίστηκε στον κλώνο 04MeIP25 με τιμή 1.3 ενώ το μεγαλύτερο RR εμφανίστηκε στον κλώνο 04MeIT30 με τιμή 13.09. Στην Κ.Ελλάδα το μικρότερο RR είχε τιμή 1 στον κλώνο 04KarT51 ενώ το μεγαλύτερο RR είχε τιμή 10 στον κλώνο 04KarT26. Τέλος στην Ν.Ελλάδα το μικρότερο RR είχε ο κλώνος 04AmfT03 με τιμή 1.35 ενώ το μεγαλύτερο είχε ο κλώνος 04AmfT25 με τιμή 9.96. Περιγράφοντας τις τιμές του RR ανά ξενιστή θα δούμε ότι στον καπνό το μικρότερο RR εμφανίστηκε στον κλώνο 04KarT51 με τιμή 1 ενώ το μεγαλύτερο εμφανίστηκε στον κλώνο 04MeIT30 με τιμή 13.09. Στην ροδακινιά το μικρότερο RR είχε τιμή 1.3 στον κλώνο 04MeIP25 ενώ το μεγαλύτερο είχε τιμή 8.61 στον κλώνο 04MeIP20.

Όσο αφορά τον ευαίσθητο κλώνο USL1, βρέθηκε ότι το ED<sub>50</sub> είχε τιμή 0.32 ενώ το RR είχε τιμή 1.39. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο κλώνος US1L δεν ήταν ο πιο ευαίσθητος από τους κλώνους που ελέγχθηκαν.

Αν κατατάξουμε το επίπεδο της ανθεκτικότητας με βάση μια κλίμακα της οποίας λόγος ανθεκτικότητας κυμαίνεται από 1 έως 9 (R1 - χαμηλή), 10 έως 20 (R2 – μέτρια) τότε παρατηρούμε ότι μόνο το 3,7% των κλώνων ανήκουν στη κατηγορία R2, ενώ οι υπόλοιποι κλώνοι στη κατηγορία R1.

## 6. Συζήτηση

Η αφίδα *Myzus persicae* είναι έντομο που παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα και έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε διάφορα εντομοκτόνα. Πρόσφατα στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί υψηλά ποσοστά εμφάνισης κυρίως των μηχανισμών E4/FE4 και MACE που καλύπτουν τις ομάδα των οργανοφωσφορικών και καρβαμιδικών. Γενικά ο συνδυασμός E4/FE4 και MACE, δηλαδή αφίδες με αυξημένη παραγωγή εστερασών και μη ευαίσθητη ακετυλοχολινεστεράση βρέθηκε σε υψηλά ποσοστά στην Κεντρική Μακεδονία όπου καλλιεργείται εκτεταμένα η ροδακινιά, τόσο σε πληθυσμούς από τη ροδακινιά όσο και από άλλους ξενιστές. Επίσης, σε υψηλά ποσοστά βρέθηκε στην Κεντρική Ελλάδα και σε μικρότερο βαθμό στη Νότια Ελλάδα. Οι Cox *et al.* (2001) εφαρμόζοντας τη μέθοδο της τοπικής εφαρμογής σε κλώνους που συνέλεξε από περιοχές της Ελλάδας από καλλιέργεια ροδακινιάς και καπνού τα έτη 1998-2000 εντόπισε την παρουσία υψηλών ποσοστών εμφάνισης του μηχανισμού MACE. Πιο συγκεκριμένα, δείγματα που έλαβε από ροδακινιές το 1998 από τη Βόρεια Ελλάδα παρουσίασαν την ύπαρξη του μηχανισμού MACE σε ποσοστό 96% ενώ το 97% παρουσίαζε R2 ή R3 ανθεκτικότητα. Το 1999, το 97% του πληθυσμού εμφάνιζε ανάπτυξη του μηχανισμού MACE και το 93% R2 ή R3 ανθεκτικότητα. Τέλος, το 2000 επιβεβαιώθηκε για ακόμη μία φορά η επικράτηση του μηχανισμού αφού παρουσιάστηκε σε ποσοστό 94%. Συγχρόνως, περισσότερο από το 99% των δειγμάτων παρουσίασε R2 ή R3 ανθεκτικότητα. Όσον αφορά την Κεντρική Ελλάδα, το έτος 1998 σε δείγματα που το 89% προήλθε από ροδακινιές, εμφάνιζε επίσης υψηλά επίπεδα R2 ή R3 ανθεκτικότητα ενώ ο μηχανισμός MACE παρουσιάστηκε σε ποσοστό 64%. Τα επόμενα δύο έτη, μοναδικός ξενιστής του πληθυσμού ήταν ο καπνός με R2 ή R3 κατά 64-79% και το MACE 50-67%.

Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος, όπου βρέθηκε ότι στην Β.Ελλάδα εμφανίζεται η μεγαλύτερη ανθεκτικότητα της *Myzus persicae* στο imidacloprid, ενώ μικρότερη είναι στην Κ.Ελλάδα και Ν.Ελλάδα. Είναι χαρακτηριστικό ότι το μεγαλύτερο ED50 βρέθηκε στην περιοχή της Μελίκης (3,01). Η αυξημένη ανθεκτικότητα στην Β.Ελλάδα πιθανώς να οφείλεται στην εντατική καλλιέργεια της ροδακινιάς και του καπνού πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα την συχνή χρήση εντομοκτόνων και ειδικότερα νεονικοτινοειδών καθώς επίσης και στο σύστημα μονοκαλλιέργειας που εφαρμόζεται εδώ και πολλά χρόνια σε αυτήν την περιοχή. Στην Νότια και Κ. Ελλάδα αν και το

πρόβλημα είναι μικρότερο παρόλα αυτά κρίνεται ως αρκετά σοβαρό. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στις περιοχές αυτές δεν υπάρχει εντατική καλλιέργεια του πρωτεύοντα ξενιστή της *Myzus persicae* (ροδακινιά). Παρόλα αυτά βρέθηκαν υψηλές τιμές ED50 σε κάποιους κλώνους από τις περιοχές αυτές. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στην Κ.Ελλάδα βρέθηκε τιμή ED50 2.3 στον καπνό ενώ στην Ν. Ελλάδα 2,29 επίσης στον καπνό. Αυτό εξηγείται διότι στις περιοχές αυτές καλλιεργούνται μεγάλες εκτάσεις καπνού η καλλιέργεια του οποίου γίνεται εντατικά.

Την τελευταία δεκαετία χρησιμοποιείται εκτεταμένα το νεονικοτινοειδές imidacloprid για την καταπολέμηση της αφίδας του καπνού και της ροδακινιάς. Ο έλεγχος των αφίδων με χρήση του imidacloprid κρίνεται ικανοποιητικός έως τώρα, αν και πρόσφατες μελέτες δείχνουν ανάπτυξη ανοχής. Επιπλέον όμως, πέρα από την ανοχή στη νικοτίνη είναι λογικό οι πληθυσμοί που μεταναστεύουν από τον πρωτεύοντα ξενιστή που είναι η ροδακινιά, στο δευτερεύοντα που είναι ο καπνός, να είναι αυτοί που επέζησαν μετά από επαναλαμβανόμενες εφαρμογές γεγονός που καθιστά την απαιτούμενη αυτή συγκέντρωση για την καταπολέμηση του πληθυσμού, υψηλότερη.

Το 2003 οι Foster *et al.*, δημοσίευσαν στοιχεία εμφάνισης ανοχής της αφίδας *M. persicae* από δείγματα με ημερομηνία συλλογής Ιανουάριος 1997-Δεκέμβριος 2000. Τα δείγματα προέρχονταν από καλλιέργειες πατάτας, λάχανου, ελαιοκράμβης και ζαχαρότευτλου και παρουσίασαν διακύμανση του παράγοντα ανοχής από 0,6 έως 18. Από τα δείγματα που εξετάστηκαν 4 στους 186 (2,2%) κλώνους παρουσίασαν αυξημένη ανοχή, η οποία θα μπορούσε να αποδοθεί σε εθισμό σε νικοτίνη μετά από συνεχή διατροφή σε φύλλα καπνού (Blackman 1987). Κάτι τέτοιο όμως απορρίπτεται διότι στο **UK** ο καπνός δεν αποτελεί παραγόμενο προϊόν και δεν αυτοφύεται. Για το λόγο αυτό οι Foster *et al.* Θεώρησαν ως πιθανότερη την μετανάστευση πληθυσμών από χώρες στις οποίες καλλιεργείται ο καπνός. Εναλλακτικά, ανοχή στη νικοτίνη και κατ' επέκταση και στα νεονικοτινοειδή θα μπορούσε να δικαιολογηθεί και ως άμεση συνέπεια της αυξημένης έκθεσης σε σκευάσματα νικοτίνης με τη μορφή σπρέι φυλλώματος για την καταπολέμηση εντόμων.

Τέλος, οι Cox *et al.* (2001) μετά από διετή έρευνα 1999-2000 και χρησιμοποιώντας πληθυσμούς από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, δημοσίευσε στοιχεία που δηλώνουν και στη χώρα μας την ύπαρξη ανεκτικών πληθυσμών. 182 στους 490 κλώνους σημείωσαν επιβίωση μετά από εφαρμογή σε imidacloprid σε

ποσοστό μεγαλύτερο από 10% ενώ 5 από αυτούς μεγαλύτερο από 305. Ο παράγων ανοχής στους κλώνους αυτούς ήταν μεγαλύτερος από εκείνον που εντοπίστηκε στον 926B όπου σύμφωνα με τους Foster *et al.* ήταν 10. Ο κλώνος 4013 που προέρχεται από περιοχή της Βόρειας Ελλάδας εμφάνισε παράγων ανοχής μεγαλύτερο του 15.

Συμπερασματικά η εργασία αυτή συμβαδίζει με τις μελέτες του Cox και Foster για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας της αφίδας *Myzus persicae* στα νεονικοτινοειδή και ειδικότερα στο imidacloprid. Χρειάζεται όμως περισσότερη έρευνα στους μηχανισμούς ανθεκτικότητας καθώς επίσης και μελέτη των γονιδίων ανθεκτικότητας.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blackman, R.L. (1971).** Variation in the photoperiodic response within natural populations of *Myzus persicae* (Sulzer). *Bulletin of Entomological Research*, 60, 533-546.
- Blackman, R.L. (1987).** Morphological discrimination of a tobacco-feeding form of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), and a key to New World *Myzus* (Nectarosiphon) species. *Bulletin of Entomological Research*, 77, 713-730.
- Blackman, R.L., Spence, J.M., Field, L.M. & Devonshire, A.L. (1999).** Variation in the chromosomal distribution of amplified esterase (FE4) genes in Greek field populations of *Myzus persicae* (Sulzer). *Heredity*, 82, 180-186.
- Blackman, R.L., Malarky, G., Margaritopoulos, J.T., Kephalogianni, T., Tsitsipis, J.A. & Wilson, A. (2001).** Tobacco Aphid, or not Tobacco Aphid-that is the question! In *Abstract Volume of the Sixth International Symposium on Aphids "Aphids in a New Millennium"*, 3-7 September 2001, Rennes, France. p. 59.
- Blackman, R.L. & Eastop, V.F. (in press).** Taxonomic Issues. In Van Emden, H.F. & Harrington, R. (Ed.) *Aphids as Crop Pests*. CAB International, Wallingford, U.K.
- Blackman, R.L., Malarky, G., Margaritopoulos, J.T., Tsitsipis, J.A. & Wilson, A.C.** Microsatellite DNA variation in aphid populations of the *Myzus persicae* group in relation to life cycle and host plant. I. The distribution of common genotypes. *Molecular Ecology* (Submitted).
- Cox, D., Denholm, I. & Devonshire, A. (2001).** Monitoring of insecticide resistance in *Myzus persicae* from Greece. In *Abstract Volume of the Sixth International Symposium on aphids, "Aphids in a New Millennium"*, September 3-7, 2001, Rennes, France. p. 143.
- DeBach, P. & Rosen, D. (1991).** *Biological Control by natural Enemies*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, 440pp.
- Devine, G.J., Harling, Z.K., Scarr, A.W. & Devonshire, A.L. (1996).** Resistance to lethal and sublethal effects of imidacloprid in nicotine tolerant *Myzus nicotianae* and *Myzus persicae*. *Pesticide Science* 48, 57-62.
- Devonshire, A.L. & Sawicki, R.M. (1979).** Insecticide-resistant *Myzus persicae* as an example of evolution by gene duplication. *Nature*, 280, 140-141.

- Devonshire, A.L., Devine, G.J. & Moores, G.D. (1992).** Comparison of microplate esterase assays and immunoassay for identifying insecticide resistant variants of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research* 82,459-463.
- Devonshire, A., Denholm, I. & Foster, S. (1999).** Insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. pp. 79-85. In Denholm, I. & Ioannidis P.M. (Eds) *Combating Insecticide Resistance*. Agrotipos SA, Athens, Greece.
- FAO (1979).** Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides; Method for adult aphids-FAO method No 17. *FAO Plant Protection Bulletin*, 27, 29-32.
- Field, L.M., Williamson, M.S., Moores, G.D. & Devonshire, A.L. (1993).** Cloning and analysis of the esterase genes, conferring insecticide resistance in the peach-potato aphid *Myzus persicae* (Sulzer). *Journal of Biochemistry*, 294, 569-574.
- Field, L.M., Crick, S.E. & Devonshire, A.L. (1996).** Polymerase chain reaction-based identification of insecticide resistance genes and DNA methylation in the aphid *Myzus persicae* (Sulzer). *Insect Molecular Biology*, 5, 197-202.
- Field, L.M., Aderson, A.P., Denholm, I., Foster, S.P., Harling, Z.K., Javad, N. Martinez-Torres, D. Moores, G.D., Williamson, M.S. & Devonshire, A.L. (1997).** Use of biochemical and DNA diagnostics for characterizing multiple mechanism of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Pesticide Science*, 51, 283-289.
- Foster, S. P., Denholm, I. & Robin, T. (2002).** Bioassay and field-simulator studies of the efficacy of pymetrozine against peach-potato aphids, *M. persicae* (Hemiptera: Aphididae), possessing different mechanisms of insecticide resistance. *Pest Management Science*, 58, 805-810.
- Foster, S. P., Denholm, I. & Thompson, R. (2003).** Variation in response to neonicotinoid insecticides in peach-potato aphids, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Pest Management Science* 59:166-173.
- Guillemaud, T., Brun, A., Anthony, N., Sauge, M. I., Boll, R., Delorme, R., Fournier, D., Lapchin, L. & Vanlerberghe-Masutti, F. (2003).** Incidence of insecticide resistance alleles in sexually-reproducing populations of the peach-potato aphid *M. persicae* (Hemiptera: Aphididae) from southern France. *Bulletin of Entomological Research*, 93, 289-297.

- Hassan, S.A.** (1977). Untersuchungen zur Verwendung des Predators *Chrysopa carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae) zur Bekämpfung der Grünen Pfirsichblattlaus *Myzus persicae* (Sulzer) an Paprika im Gewächshaus. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, **82**, 234-239.
- Hofsvang, T. & Hagvar, E.B.** (1975). Duration of development and longevity in *Aphidius ervi* and *Aphidius platensis* (Hym.: Aphidiidae), two parasites of *Myzus persicae* (Hom.: Aphididae). *Entomophaga*, **20**, 11-22.
- Katis, N., Chrysoschoou, A. & Woods, R.** (1993). Tobacco viruses in Greece. in *Abstract volume of Coresta Congress*, Spain, p. 159.
- Katsarou, I., Margaritopoulos, J.T., Tsitsipis J.A., Perdikis, D.Ch. & Zarpas, K.D.** Effect of temperature on development, growth and feeding of *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia convergens* reared on the tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae*. *BioControl* (in press).
- Kennedy, J.S., Day, M.F. & Eastop V.F.** (1962). *A Conspectus of Aphids as Vectors of Plant Viruses*. Commonwealth Institute of Entomology, London, 114pp.
- Margaritopoulos, J.T., Tsitsipis, J.A., Zintzaras, E. & Blackman, R.L.** (2000). Host-correlated morphological variation of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) populations in Greece. *Bulletin of Entomological Research*, **90**, 233-244.
- Margaritopoulos, J.T., Tsitsipis, J.A., Goundoudaki, S. & Blackman, R.L.** (2002). Life cycle variation of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) in Greece. *Bulletin of Entomological Research*, **92**, 309-320.
- Margaritopoulos, J.T., Blackman, R.L., Tsitsipis, J.A. & Sannino, L.** (2003a). Coexistence of different host-adapted forms of *Myzus persicae* in the region of Caserta in South Italy. *Bulletin of Entomological Research*, **93**, 131-135.
- Martinez-Torres, D., Devonshire, A.L. & Williamson, M.S.** (1997). Molecular studies of knockdown resistance to pyrethroids, cloning of domain II sodium channel gene sequences from insects. *Pesticide Science*, **51**, 265-270.
- Mazzoni, E. & Cravedi, P.** (2002). Analysis of insecticide-resistant *Myzus persicae* (Sulzer) populations collected in Italian peach orchards. *Pest Management Science*, **58**, 975-980.
- Moores, G.D., Devine, G.J. & Devonshire, A.L.** (1994). Insecticide-insensitive acetylcholinesterase can enhance esterase-based resistance in *Myzus persicae* and *Myzus nicotianae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **49**, 114-120.



- Nauen, R., Strobel, J., Otsu, K., Tietjen, K., Erdelen, C. & Elbert, A. (1996).** Aphicidal activity of imidacloprid against a carbamate and organophosphate resistant Japanese strain of the tobacco feeding form of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) closely related to *Myzus nicotianae*. *Bulletin of Entomological Research* 86, 165-171.
- Nauen, R., Hungenberg, H., Tollo, B., Tietjen, K. & Elbert, A. (1998).** Antifeedant effect, biological efficacy and high affinity binding of imidacloprid to acetylcholine receptors in *Myzus persicae* and *Myzus nicotianiae*. *Pesticide Science* 53, 133-140.
- Nauen, R. & Elbert, A. (2003).** European monitoring of resistance to insecticides in *M. persicae* and *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) with special reference to imidacloprid. *Bulletin of Entomological research* 93, 47-54.
- Obrycki, J.J. & Kring, T.J. (1998).** Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology*, 43, 295-321.
- Ramakers, P.M.J. (1989)** Biological Control in Greenhouses. pp. 199-208. in Minks, A.K. & Harrewijn, P. (Ed.). *World Crop Pests, Aphids, Their Biology, Natural Enemies and Control*. Volume B, Elsevier, Amsterdam.
- Scopes, N.E.A. (1970).** Control of *Myzus persicae* on year-round chrysanthemums by introducing aphids parasitized by *Aphidius matricariae* into boxes of rooted cuttings. *Annals of Applied Biology*, 66, 323-327.
- Sloane, M.A., Sunnucks, P., Wilson, A.C.C. & Hales, D.F. (2001).** Satellite isolation, linkage group identification and determination of recombination frequency in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Genetical Research, Cambridge*, 77, 251-260.
- Sunnucks, P. & Hales, D.F. (1996).** Numerous transposed sequences of mitochondrial cytochrome oxidase I-II in aphids of the genus *Sitobion* (Homoptera: Aphididae). *Molecular Biology and Evolution*, 13, 510-523.
- Takada, H. (1986).** Genotype composition and insecticide resistance of Japanese population of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 102, 19-38.
- Tremblay, K. (1974).** Possibilities for utilization of *Aphidius matricariae* Hal. (Hymenoptera: Ichneumonoidea) against *Myzus persicae* (Sulz.) (Homoptera: Aphidoidea) in small glasshouses. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 81, 612-619.

- Van Emden, H.F., Eastop, V.F., Hughes, R.D. & Way, M.J. (1969).** The ecology of *Myzus persicae*. *Annual Revue of Entomology*, 14, 197-270.
- Wells, M.L. & McPherson, R.M. (1999).** Population dynamics of three coccinellids in flue-cured tobacco and functional response of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on tobacco aphids (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 28, 768-773.
- Wilson, A.C.C., Sunnucks, P., Blackman, R.L. & Hales, D.F. (2002).** Microsatellite variation in cyclically parthenogenetic populations of *Myzus persicae* in south-eastern Australia. *Heredity*, 88, 258-266.

## Abstract

The aphid *M.persicae* (Sulzer) (Homoptera, Aphididae) is the insect that have developed resistance mechanisms to survive to insecticide for many decades. The high reproductive potential of aphids and their fairly short life cycle (allowing numerous generations in a growing season to develop), combined with the frequent applications of insecticides usually required to maintain aphid populations below economic thresholds, facilitates resistance development and control failures (Wellings *et al.* 1989). This species possess three well-characterized resistance mechanisms. Overproduction of insecticide-detoxifying carboxylesterase, named E4 or FE4, degradate or bind insecticide molecules. Two others mechanisms based on alterations to insecticide target sites- modified acetylcholinesterase (MACE) and knockdown resistance (Kdr).

The purpose of the present study was the investigation of resistance development to insecticide and the rank in which that presentation. Dip test is the detection method.

A total of 54 clones aphids collected from a range of field *Nicotiana tabacum*L. (Solanaceae) and *Prunus persicae* (Rosaceae) and investigation. Aboyt tobacco 6 clones collected from Kria Vrasi, 5 from Meliki, 4 from Katerini, 6 from Karditsa, 5 from Amfiklia and 4 from Nauplio. About peach 6 clones collected from Meliki, 1 from Katerini, 7 from Velestino and 9 from Lehonia. The dose that application was different for any case insecticide. Treated aphids were maintained under 17oC, 16:8h light: dark regime, and mortality was assessed after 24, 48, 72h.

Responses confirmed the development of resistance to organophosphates and carbamates one more time. A resistance factors values which expressed relative to the ED50 of minor clones, for imidacloprid ranging from 0.3 to 3.01 to peach and from 0.23 to 2.3 to tobacco.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085719