



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΕ
ΑΡΠΑΚΤΙΚΑ ΑΦΙΔΩΝ**

Διπλωματική διατριβή του φοιτητή:

Μάριου Μαυροφόρου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Παναγιώτης Σκούρας



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΕ
ΑΡΠΑΚΤΙΚΑ ΑΦΙΔΩΝ**

Διπλωματική διατριβή του φοιτητή:

Μάριου Μαυροφόρου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Παναγιώτης Σκούρας



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΕ
ΑΡΠΑΚΤΙΚΑ ΑΦΙΔΩΝ**

Διπλωματική διατριβή του φοιτητή:

Μάριου Μαυροφόρου

Εξεταστική επιτροπή

**Π. Ι. Σκούρας: Επιβλέπων, Επιστημονικός Συνεργάτης - Επίκουρος
Καθηγητής**

Γ. Ι. Σταθάς: Αναπληρωτής Καθηγητής

Ε. Κάρτσωνας: Καθηγητής Εφαρμογών Τμήματος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την προστασία της φυτικής παραγωγής χρησιμοποιούμε μεθόδους και μέσα, τα οποία εφαρμόζουμε, με μεγάλη προσοχή, συνεκτίμηση διαφόρων παραγόντων και γνώσης εφαρμογή τους. Οι κύριοι μέθοδοι καταπολέμησης είναι η ολοκληρωμένη, χημική μέθοδος και βιολογική μέθοδος καταπολέμησης. Έτσι, η αντιμετώπιση των εχθρών εντόμων στη σύγχρονη φυτοπροστασία, γίνεται στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών (IPM).

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να μελετήσουμε την τοξικότητα του εντομοκτόνου Imidacloprid σε 1^{ης}, 2^{ης}, και 3^{ης} προνυμφιακής ηλικίας του αρπακτικού εντόμου *Coccinella septempunctata* Linnaeus. Η επίδραση των εντομοκτόνων θα μας δείξει την ανθεκτικότητα, που μπορεί να έχουν αναπτύξει τα αρπακτικά έντομα ενάντια σε αυτά. Επίσης αν μπορούμε να χρησιμοποιούμε εντομοκτόνα παράλληλα με αρπακτικά έντομα για καταπολέμηση εχθρών στις καλλιέργειες. Τέτοια αποτελέσματα θα μας βοηθήσουν να δημιουργήσουμε σωστότερα προγράμματα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης, δείχνοντας έτσι ότι αυτή η πτυχή στη εφαρμογή των εντομοκτόνων, είναι πολύ σημαντική για τη αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων αυτών.

Έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες μελέτες, για την επίδραση που έχουν τα εντομοκτόνα πάνω στα αρπακτικά έντομα και ιδιαίτερα της οικογένειας Coccinellidae. Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε το νεονικοτινοειδές εντομοκτόνο imidacloprid σε αύξουσα δοσολογία και ανάλογα με την προνυμφιακή ηλικία, με τοπική εφαρμογή στο scutellum του κάθε εντόμου με σύριγγα Hamilton τον 10 μl. Στη συνέχεια, με τη μέθοδο της ανάλυσης πιθανοτήτων, υπολογίστηκε η αποτελεσματική δόση (ED₅₀) για κάθε προνυμφιακή ηλικία που είναι ικανή να σκοτώσει το 50% του πληθυσμού του αρπακτικού αφιδοφάγου.

Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών μας έδειξαν, ότι η αποτελεσματική δόση για την 1^η προνυμφιακή ηλικία είναι 1.54 ng/μl εντομοκτόνο, ενώ για τη 2^η είναι 24.14 ng/μl , και για την 3^η 100.89 ng/μl εντομοκτόνο. Συγκρίνοντας κανείς αυτές τις τιμές με την, προτεινόμενη από την εταιρεία Bayer Crop

Science Hellas, δόση εφαρμογής του εντομοκτόνου (60 ng/μl), συμπεραίνουμε ότι το imidacloprid είναι ιδιαίτερα τοξικό για τις πρώτες ηλικίες του προνυμφιακού σταδίου του αρπακτικού *C. septempunctata* L..

Οι βιοδοκιμές στο εργαστήριο αναδεικνύουν κατά κόρον την αρνητική επίδραση του εντομοκτόνου imidacloprid, ωστόσο, πειράματα αγρού είναι απαραίτητα για να βγουν περισσότερο ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση των εντομοκτόνων σε αρπακτικά έντομα και ειδικά όταν αυτά συνδυάζονται με την παρακολούθηση των εντόμων και το πότε εμφανίζονται στην αγροτική καλλιέργεια, για μέγιστη αποτελεσματικότητα της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης.

Αν ένας τρόπος είναι καλύτερος από έναν άλλο, τότε σίγουρα είναι ο τρόπος της φύσης.

Αριστοτέλης

384 - 322 π.Χ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	-
Ευχαριστίες	-
Α.ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	1-
Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Αφίδες	4.
1.3 Χημική καταπολέμηση αφίδων	
1.4 Προσαρμοστικότητα και ανθεκτικότητα φυτοφάγων εντόμων στα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα	9.
1.5 Βιολογική αντιμετώπιση αφίδων	11
1.6 Το αρπακτικό, <i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus	13
1.7 Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση	14
Β.ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
Εισαγωγή	17
2.1 Υλικά και Μέθοδοι	18
2.1.1 Εκτροφή αρπακτικών αφιδοφάγων και αφίδων	18
2.1.2 Επίδραση του <i>Imidacloprid</i> στις προνύμφες του αρπακτικού <i>Coccinella septempunctata</i> L.	- 23
Στατιστική ανάλυση	26
Ε.Αποτελέσματα	28
ΣΤ.Συζήτηση	34
Βιβλιογραφία	37

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διατριβή αυτή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο 'Εντομολογία και Γεωργική Ζωολογία' της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Καλαμάτας υπό την επίβλεψη του Δρ. Παναγιώτη Σκούρα.

Η παρούσα διατριβή ασχολείται με το αν η εφαρμογή διαφόρων δόσεων του εντομοκτόνου Imidacloprid επηρεάζει την επιβίωση του ωφέλιμου αρπακτικού *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) και συγκεκριμένα ποια δόση είναι ικανή να σκοτώσει το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Η επίδραση των εντομοκτόνων θα μας δείξει την ανθεκτικότητα, που μπορεί να έχουν αναπτύξει τα αρπακτικά έντομα ενάντια στα πρώτα, καθώς και την συμβιωτική σχέση που μπορεί να έχουν μεταξύ τους στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση για τη μέγιστη αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων της τελευταίας.

Στην εισαγωγή αυτής της εργασίας δίνονται γενικές πληροφορίες για τη σχέση των φυτών με τα φυτοφάγα έντομα και για τους τρόπους τους οποίους τα φυτά χρησιμοποιούν για να απωθήσουν τους εχθρούς τους. Επίσης, δίνεται βάση στα επιζήμια έντομα των φυτών, τις αφίδες, και πως αυτές μπορούν να καταπολεμηθούν με χημικό ή βιολογικό τρόπο. Ακόμα, δίνονται πληροφορίες για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση επιζήμιων εντόμων μέσω της χρησιμοποίησης διαφόρων μεθόδων καταπολέμησης, και στις αρχές τις οποίας στηρίζεται η παρούσα εργασία.

Παρατίθεται ο σκοπός της διατριβής και στη συνέχεια περιγράφονται οι πειραματικές εργασίες που έγιναν στο εργαστήριο 'Εντομολογία και Γεωργική Ζωολογία' του ΑΤΕΙ Καλαμάτας, καταλήγοντας στη συνέχεια στα αποτελέσματα και στη συζήτησή τους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα Επιστημονικό Συνεργάτη και Επίκουρο Καθηγητή Δρ. Παναγιώτη Σκούρα για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε στην πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας. Ακόμα, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για τις πολύτιμες συμβουλές που μου προσέφερε εντός και εκτός του πειράματος και για την πολύτιμη βοήθειά του στην πραγματοποίηση της παρούσας διατριβής και των πειραμάτων καθώς και την πραγματοποίηση μέρους του πειράματος. Χωρίς την βοήθειά του δεν θα τα είχα καταφέρει.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Εντομολογίας του Α.Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας Δρ. Γεώργιο Σταθά για τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε και γιατί ήταν πάντα δίπλα μου σε όλα τα σπουδαστικά μου χρόνια για να με καθοδηγήσει και να με συμβουλευεί.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τον Καθηγητή Δρ. Επαμεινώντα Κάρτσωνα του Α.Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας για την πολύτιμη βοήθεια και για την στήριξή του όλα αυτά τα χρόνια.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την εξεταστική επιτροπή της διπλωματικής διατριβής μου, Δρ. Σκούρα, Δρ. Σταθά και Δρ. Κάρτσωνα. Σας ευχαριστώ για την συμμετοχή σας στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στους γονείς μου, Εμμανουήλ Μαυροφόρο και Αικατερίνη Κούστα, που όλα αυτά τα χρόνια με στήριξαν ψυχολογικά αλλά και οικονομικά και χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσα να τα έχω καταφέρει. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αδελφό μου σε επιστημονικό τομέα και όχι μόνο, Δρ. Άγγελο Κατσάνη, που μου άνοιξε τον δρόμο για την εντομολογία και με βοήθησε να μπώ στην έρευνα.

Μάριος Μαυροφόρος

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Τα έντομα συγκαταλέγονται στις πιο ποικιλόμορφες ομάδες ζώων στον κόσμο. Περιλαμβάνουν πάνω από ένα εκατομμύριο είδη, τα οποία αντιπροσωπεύουν πάνω από το ήμισυ περιγραφόμενα είδη στον κόσμο. Ο βιολογικός τους κύκλος διαφέρει σημαντικά. Πολλά έντομα θεωρούνται ανεπιθύμητα από τον άνθρωπο επειδή προκαλούν ζημιές σε καλλιέργειες και γι' αυτό το λόγο ονομάζονται φυτοφάγα. Φυτοφάγα έντομα είναι τα έντομα τα οποία τρέφονται με τον φυτικό ιστό, όργανα με φυτικά προϊόντα και ο όρος αυτός δεν ισχύει μόνο για τα έντομα που μασούν τα φύλλα ή απομυζούν το χυμό από τα φυτά αλλά και για έντομα τα οποία συλλέγουν γύρη και νέκταρ ή φυτικές ρητίνες. (Meyer 2005)

Τα φυτοφάγα έντομα μπορούν να εντοπίσουν το φυτό μέσω της όσφρησης αλλά και της εμφάνισης. Οι οπτικές ενδείξεις μπορεί να είναι τόσο απλές όπως ένας κορμός ενός δένδρου ή η αντίθεση λευκών λουλουδιών με φόντο το σκούρο φύλλωμα. Γενικά, μερικά είδη εντόμων προσελκύονται από συγκεκριμένα σχήματα και χρώματα, τα οποία και συνδέουν με τη ύπαρξη τροφής. Στις οσφρητικές ενδείξεις συμπεριλαμβάνονται τα αρώματα που προέρχονται από τα φυτά και τα οποία είναι ελκυστικά για το έντομο. Τα περισσότερα είναι πρωτογενή φυτικά συστατικά που χρησιμεύουν στην ανάπτυξη και επιβίωση του ίδιου του φυτού. Τα φυτά όμως παράγουν και τα δευτερογενή φυτικά συστατικά, τα οποία δεν παίζουν κανέναν ρόλο στην ανάπτυξη του φυτού αλλά αποτελούν μέσω της τοξικότητάς τους, ένα μηχανισμό άμυνας ενάντια στις επιθέσεις των φυτοφάγων εντόμων. Ένα καλό παράδειγμα είναι τα καρδενολοειδή (Cardenolides) των φυτών του γένους *Asclepias* (Οικ.: Apocynaceae), τα οποία είναι πικρά ως προς τη γεύση τους (Heftmann, 1970) αλλά και τοξικά για τους φυσικούς εχθρούς (συμπεριλαμβανομένων των φυτοφάγων εντόμων) των φυτών αυτών (Seiber et al. 1983; Malcolm 1991). Επίσης, η αυξημένη συγκέντρωση καρδενολοειδών ανάμεσα σε γενότυπους φυτών του γένους *Asclepias* (Εικ. 1), είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη θνησιμότητα του, ειδικευμένου στο ριζικό σύστημα, φυτοφάγου εντόμου *Tetraopes tetraophthalmus* Forster

(Εικ.2) (Rasmann et al. 2011; Rasmann and Agrawal 2011). Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση του πολυφάγου ημιπτέρου *Myzus persicae* Sulzer, καθώς μπορεί και ανέχεται τα επίπεδα των γλυκοζινικών ενώσεων (Glucosinolates) που παράγονται από τα φυτά της οικογένειας Brassicaceae (Nault and Stayer 1972).



Εικ.1. *Asclepias syriaca*
(©gobotany.newengland.org)

Όταν σε γενικές γραμμές φυτοφάγα έντομα (συμπεριλαμβανομένης και της αφίδας *M. persicae*) προσβάλουν τα φυτά αυτής της οικογένειας, τότε αρχίζει η υποβάθμιση των γλυκοζινικών ενώσεων, καταλήγοντας στην παραγωγή νιτριλίων, θειοκυανικών αλάτων και ισοθειοκυανικών αλάτων (ITC) (Birch et al. 1990). Τα ισοθειοκυανικά άλατα μπορούν να επηρεάσουν τις αλληλοεπιδράσεις μεταξύ φυτών και φυτοφάγων εντόμων με το να προσελκύουν τους φυσικούς εχθρούς των τελευταίων ή ακόμα και να συντελέσουν έναν άμεσο απωθητικό μηχανισμό άμυνας ενάντια στα φυτοφάγα έντομα (Sauls 1979; Lamb 1989).



Εικ.2. Το φυτοφάγο έντομο *Tetraopes tetraophthalmus* (©David Fre)

Η παραγωγή όμως από τα φυτά συστατικών, τοξικών προς τα φυτοφάγα έντομα, δεν φτάνει για την καταπολέμησή τους. Έτσι, ο άνθρωπος, για να περιορίσει την οικονομική ζημιά σε μια αγροτική καλλιέργεια, λαμβάνει μέτρα για την καταπολέμηση αυτών των εντόμων που περιλαμβάνουν χημικές και βιολογικές μεθόδους αλλά και μεθόδους που συνιστούν τη χρήση της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης (Integrated Pest Management – IPM).

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται η επίδραση ενός εντομοκτόνου στην επιβίωση ενός είδους αρπακτικού εντόμου που χρησιμοποιείται στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης για τον έλεγχο εντόμων, επιζήμιων για τις καλλιέργειες, των λεγόμενων αφίδων. Θα γίνει αναφορά στις αφίδες, τα έντομα προς καταπολέμηση, αλλά και στους φυσικούς εχθρούς τους όπως τα αρπακτικά αφιδοφάγα, π.χ. *C. septempunctata*. Επίσης, παρουσιάζεται η χημική και ολοκληρωμένη καταπολέμηση και διαχείριση των αφίδων αλλά και η προσαρμοστικότητα ή και ανθεκτικότητα τους και των αρπακτικών τους στα εντομοκτόνα.

1.2 Αφίδες

Οι αφίδες (Hemiptera: Aphididae) (Εικ.3) αποτελούν έναν παράγοντα μείωσης της γεωργικής παραγωγής για αρκετές καλλιέργειες. Όλες οι καλλιέργειες παγκοσμίως προσβάλλονται από τουλάχιστον ένα είδος αφίδας (Peters et al. 1991). Ο Dixon (1985) αναφέρει ότι ο τραυματισμός που προκαλείται από τις αφίδες και άλλα απομυζητικού τύπου αρθρόποδα,

μπορεί να εξάγει περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας από άλλα μασητικού τύπου αρθρόποδα. Αυτό γίνεται μάλιστα χωρίς καν αυτά τα έντομα να καταναλώσουν δομικούς ιστούς του φυτού. Γενικά, οι αφίδες προκαλούν τραυματισμούς στα φυτά με το να απομυζούν το χυμό τους αλλά και με το να μεταδίδουν, μέσω του σάλιου τους, παθογόνους μικροοργανισμούς στους ιστούς του φυτού.

Οι αφίδες είναι η κυριότερη κατηγορία εντόμων που μεταδίδει φυτοπαθογόνους ιούς. Τα νύγματα αποτελούν είσοδο μικροοργανισμών που προκαλούν την σήψη των προσβεβλημένων οργάνων ή διαφόρων ιώσεων. Ανάλογα με τον τρόπο που μεταφέρονται, οι ιοί χωρίζονται σε μη έμμονους και έμμονους. Οι μη έμμονοι παραμένουν στους σιελογόνους αδένες της αφίδας το πολύ δύο ώρες μετά την μόλυνση του φυτού. Έμμονοι ιοί είναι αυτοί που παραμένουν στον φορέα για μεγάλη χρονική περίοδο ή και για ολόκληρη την ζωή του. Ο ιός, μέσω των σιελογόνων αδένων διεισδύει στον οργανισμό του φορέα και πολλαπλασιάζεται με την βοήθεια των υγρών του. Έτσι, κάθε φορά που μεταναστεύει η αφίδα σε άλλους ξενιστές, μεταδίδει τον ιό μέσω του σάλιου καθώς νυσσει τους φυτικούς ιστούς. Το γεγονός ότι οι αφίδες δεν γίνονται καταστροφικές στην φυτική παραγωγή, κάτω από φυσικές συνθήκες, οφείλεται κατά μεγάλο μέρος στους άφθονους και αποτελεσματικούς φυσικούς εχθρούς που διαθέτουν (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003). Οι αφίδες είναι ιδιαίτερα προσαρμοσμένες στο να μεταδίδουν ιούς φυτών δεδομένου ότι από ένα σύνολο 228 ειδών εντόμων, που έχουν καταγραφεί ως φορείς ιών τα 200 είδη ανήκουν στην υποοικογένεια Aphidinae (Ferreles & Collar 2001). Επιπλέον οι αφίδες είναι από τους σημαντικότερους φορείς ιώσεων, αφού μεταδίδουν περίπου 275 ιούς που ανήκουν σε 19 από τα 70 αναγνωρισμένα μέχρι σήμερα γένη (Nault 1997).



Εικ.3. Αφίδες *Aphis fabae* (Michael Becker)

Η οικογένεια των αφίδων περιλαμβάνει έντομα μικρών ή μικρότατων διαστάσεων, γνωστά με τα γενικά ονόματα αφίδες ή μελίγκρες. Πρόκειται για μικρόσωμα έντομα με μαλακό σώμα, λεπτά πόδια με διάρθρους ταρσούς και κεραίες. Τα περισσότερα είδη αφίδων τρέφονται σε νεαρούς τρυφερούς βλαστούς, όπου η παροχή των θρεπτικών στοιχείων είναι μεγάλη. Όταν οι αφίδες τρέφονται με άνθη, βλαστούς και νεαρά φύλλα προκαλούν σε αυτά κατσάρωμα ή παραμόρφωση, ως αποτέλεσμα της φυσικής καταστροφής και της αντίδρασης του φυτού στα συστατικά του σιέλου των αφίδων (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003). Οι περισσότερες αφίδες έχουν στα νώτα του 5^{ου} κοιλιακού δακτυλίου ένα ζευγάρι σωληνόμορφων αποφύσεων που λέγονται σιφώνες ή κεράτια. Οι σιφώνες είναι εκφορητικοί αγωγοί αδένων που παράγουν φερομόνες συναγερμού. Το μελίτωμα που εκκρίνεται πέφτει πάνω στα φύλλα, στα κλαδιά και στους καρπούς και αναπτύσσεται επιφανειακή καπνιά. Ένας αριθμός εντόμων τρέφεται από το αυτή την κηρώδη ουσία, κυρίως τα μυρμήγκια. Πλην των εν λόγω σιφώνων είναι δυνατό να υπάρχουν και κηρογόνοι αδένες, διεσπαρμένοι επί του σώματος. Τα στοματικά τους μόρια είναι νύσσο-μυζητικού τύπου (Τζανακάκης &

Κατσόγιαννος 2003). Λόγω της σχετικά μικρής συγκέντρωσης σε πρωτεΐνες και σε άλλα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά στο φλοιώμα, προσλαμβάνεται μεγάλη ποσότητα μελιτώδους απεκκρίματος και το παραπανίσιο υγρό και σάκχαρα εκκρίνονται ως κολλώδη μελιτώματα. Η ποσότητα του μελιτώδους απεκκρίματος που παράγεται από μια αποικία αφίδων μπορεί να είναι μεγάλη, ρυπαίνοντας έτσι το φυτό και παρέχοντας ιδανικό περιβάλλον για να αυξηθεί ο μύκητας της καπνιάς, προσελκύνοντας επιπλέον μυρμηγκία και σφήκες. Σε πολλά είδη έχουν αναπτυχθεί σχέσεις συμβίωσης με μυρμηγκία, τα οποία συλλέγουν τα μελιτώδη απεκκρίματα προστατεύοντας τις αφίδες από διάφορους εχθρούς (Dixon 1973).

1.3 Χημική καταπολέμηση των αφίδων

Ο πιο γρήγορος και οικονομικά λιγότερο ζημιογόνος τρόπος καταπολέμησης των αφίδων είναι η χρήση χημικών σκευασμάτων. Τα πιο διαδεδομένα εντομοκτόνα σήμερα είναι τα νεονικοτινοειδή, πυρεθροειδή και τα οργανοφωσφορικά.

Στην Ελλάδα, οι αφίδες είναι από τα πιο επιζήμια έντομα σε καλλιέργειες όπως ο καπνός και η ροδακινιά (Margaritoroulos et al. 2007) κ.α..

Ένα από αυτά θεωρείται το είδος *Myzus persicae*, η πράσινη αφίδα της ροδακινιάς, η οποία είναι εξαιρετικά πολυφάγο είδος και έχει μεγάλη ικανότητα μετάδοσης φυτικών ιών, έμμονων όπως καρούλιασμα των φύλλων της πατάτας, μεταδιδόμενο ίκτερο των κολοκυνθοειδών και παραμόρφωση νεύρων καπνού. Η αφίδα *M. persicae* είναι επίσης πολύ αποτελεσματικός φορέας μη έμμονων ιών όπως το μωσαϊκό της αγγουριάς (Cucumber Mosaic Virus CMV), ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της φασολιάς (Bean Yellow Mosaic Virus) στην Δυτική Αυστραλία (Bwye et al. 1997) και ο ιός Υ της πατάτας (PVY).

Μέσα από προσαρμοσμένες καλλιεργητικές μεθόδους και καλή διαχείριση του οικοσυστήματος, οι αποικίες των αφίδων μπορεί να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά και να ελαττωθούν. Συνεπώς, η χρήση των επιζήμιων εντόμων μέσω εφαρμογών με εντομοκτόνα δίνει την δυνατότητα να καταπολεμήσουμε τις αφίδες.



Εικ.4. Καταπολέμηση επιζήμιων εντόμων μέσω ψεκασμού με εντομοκτόνο.
(©Renu Gandhi)

Τα οργανοφωσφορικά και τα καρβαμιδικά εντομοκτόνα είναι αναστολείς της ακετυλοχολινεστεράσης (AChE), δηλαδή παρεμβαίνουν στη μετάδοση νευρικών μηνυμάτων στο συνοπτικό διάκενο μεταξύ των δύο νευρικών κυττάρων, εμποδίζοντας την αποδόμηση του νευροδιαβιβαστή, της ακετυλοχολίνης (ACh) (Tonizawa and Casida 2003). Ως αποτέλεσμα, επέρχονται σπασμοί όπου εκμηδενίζουν την ικανότητα των εντόμων να ανταποκρίνονται σε εξωτερικά ερεθίσματα, παράλυση του νευρικού κέντρου των εντόμων ή παράλυση του αναπνευστικού συστήματος στα θηλαστικά, όπως η ρίψη χημικών ουσιών για την καταπολέμησή τους (Plapp 1991).

Τα πυρεθροειδή εντομοκτόνα δρουν στην δίοδο νατρίου, ο οποίος ρυθμίζει την κίνηση των ιόντων νατρίου στο νευρικό κύτταρο και επιτρέπει ερεθίσματα να κινούνται κατά μήκος του νευράξονα. Τα πυρεθροειδή έχουν συνήθως απωθητική δράση κατά των αφίδων που προσπαθούν να αποικίσουν ένα φυτό και αυτό τα καθιστά δυνητικά πολύτιμα στην αντιμετώπιση και έλεγχο μη έμμονων ιών που μεταφέρονται από τις αφίδες (Foster et al. 1996; Bedford et al. 1998). Ωστόσο, πρέπει να εφαρμόζονται πριν την εγκατάσταση αφίδων στο φυτό για μέγιστη καταπολέμηση. Είναι δύσκολο όμως να προβλεφθεί η άφιξη των αφίδων στην καλλιέργεια με ακρίβεια έτσι ώστε να γίνει εφαρμογή του αφιδοκτόνου στο σωστό χρόνο (Harrington et al. 2007).

Τα **νεονικοτινοειδή** είναι από τα πιο αποτελεσματικά εντομοκτόνα για τον έλεγχο των επιβλαβών εντόμων όπως αφίδες, αλευρώδεις, θρίπες, μερικά μικρο-λεπιδοπτερα και μια σειρά από κολεόπτερα. Το ευρύ φάσμα αποτελεσματικότητάς τους, μαζί με τη συστηματική τους δράση, την υπολειπόμενη δραστικότητα, κάνουν τα νεονικοτινοειδή την πιο ταχεία αναπτυσσόμενη κατηγορία εντομοκτόνων από το 1991, που η εταιρεία Bayer Crop Science λάνσαρε τη δραστική ουσία, imidacloprid (Elbert et al. 1990, 1991, 2007). Ο τρόπος δράσης των νεονικοτινοειδών ουσιαστικά παρεμποδίζει την μετάδοση νευρικών σημάτων, καταλαμβάνοντας την θέση της ακετυλοχολίνης στους νικοτινικούς υποδοχείς της. Τα έντομα εμφανίζουν νευροτοξικότητα, αντιτροφική συμπεριφορά και καταλήγουν στο θάνατο (Margaritoroulos et al. 2007). Τα νεονικοτινοειδή είναι η σημαντικότερη νέα ομάδα συνθετικών εντομοκτόνων των τελευταίων τριών δεκαετιών (Tomizawa and Casida 2003, 2005). Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μυζητικών εντόμων τόσο σε φυτά όσο και σε ζώα αλλά και για τον έλεγχο Λεπιδοπτέρων και εντόμων με μασητικού τύπου στοματικά μόρια (Tomizawa and Casida 2003; Brunner et al. 2005). Το Imidacloprid είναι αποτελεσματικό εναντίον εντόμων με μυζητικού τύπου στοματικά μόρια, όπως αφίδες, αλευρώδεις, διάφορα είδη Κολεόπττερων, Δίπτερων και Λεπιδοπτέρων (Ako et al. 2004). Η επιτυχία αυτής της χημικής τάξης στηρίζεται επίσης στην ευέλικτη μεθόδους εφαρμογής όπως η εφαρμογή με το νερό άρδευσης στάγδην ή ποτίσματος συστήματα για τα λαχανικά (Elbert et al. 1998).

Νέοι ορίζοντες της προστασίας των καλλιεργειών έχουν ανοίξει από την ανάπτυξη της επεξεργασίας των σπόρων με νεονικοτινοειδή (Altman and Gaucho[®] 1991; Elbert and Nauen 2004). Η επίστρωση του σπόρου, επίστρωση υμενίου, σύμπληξη ή επίστρωση πολλαπλών στρώσεων επιτρέπουν για μια περιβαλλοντικός ασφαλής προστασία των νεαρών φυτών από προσβολές εντόμων. Σήμερα, τα νεονικοτινοειδή χρησιμοποιούνται ευρέως για την επεξεργασία σπόρων στο βαμβάκι, καπνό, το καλαμπόκι, τα σιτηρά, τα ζαχαρότευτλα, ελαιοκράμβη και άλλες καλλιέργειες. Από την λήξη της πατέντας στις περισσότερες χώρες το 2006, διαφορετικά εμπορικά σκευάσματα με την ουσία imidacloprid έχουν εισέλθει στην αγορά και έχουν οδηγήσει, σε ευρύτερη κλίμακα, τη χρήσης αυτής της ένωσης. Ωστόσο, αυτό

διευκολύνει σίγουρα την ανάπτυξη και την εξάπλωση της ανθεκτικότητας των αφίδων στα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα, επειδή έχει αποδειχθεί ότι σε πολλές περιπτώσεις το σύνολο της τάξης επηρεάζεται άπαξ και αναπτύχθει για πρώτη φορά ανθεκτικότητα στο imidacloprid. Αν και η ανθεκτικότητα του imidacloprid στα έντομα φαίνεται να εξακολουθεί να είναι σπάνια, έχει τεκμηριωθεί στον αλευρώδη, *Bemisia tabaci* Gennadius (Cahill M 1996) και έχουν ανιχνευτεί χαμηλά επίπεδα ανοχής σε ευρωπαϊκά και ιαπωνικά δείγματα της αφίδας *M. persicae* (Devine 2000). Σε όλες τις περιπτώσεις, η παρουσία χαμηλού επιπέδου ανοχής (συνήθως <10 φορές) τονίζει τη διακύμανση στην ικανότητα των αφίδων να αντέχουν στην έκθεση της ουσίας imidacloprid και συνεπώς να έχουν δυνατότητα να αναπτύξουν πιο ισχυρή αντίσταση σε imidacloprid και άλλων εντομοκτόνων (Foster et al. 2003).

1.4 Προσαρμοστικότητα και ανθεκτικότητα φυτοφάγων εντόμων στα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα

Ενώ εντομοκτόνα έχουν αυξήσει σημαντικά τη γεωργική παραγωγή σε όλο τον κόσμο, η χρησιμότητά τους έχει περιοριστεί από την εξέλιξη της ανθεκτικότητας σημαντικά επιζήμιων εντόμων σε αυτά. Η εμφάνιση των μηχανισμών ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα είναι ένα σημαντικό ζήτημα, ειδικά για εκείνους που μελετούν της εξέλιξη της ανθεκτικότητας. Στην πραγματικότητα, το πρόβλημα της ανθεκτικότητας των εντόμων σε εντομοκτόνα αντιμετωπίστηκε με τη συνεχή εισαγωγή νέων δραστικών μορίων για να αντικαταστήσει αυτά που χάνονται μέσω της ανθεκτικότητας. Ο αριθμός όμως των μηχανισμών δράσεων που απευθύνονται όλες αυτές οι ενώσεις είναι περιορισμένες και η ύπαρξη ισχυρής ανθεκτικότητας σε ορισμένα είδη, όπως το *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Gorman et al. 2007), ο αλευρώδης *Bemisia tabaci* G. (Elbert and Nauen 2000; Roditakis et al. 2007), ο δορυφόρος της πατάτας, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Alyokhin et al. 2007; Tan et al. 2008), η οικιακή μύγα *Musca domestica* Linnaeus (Kristensen and Jespersen 2008), ο θρίπας *Frankliniella occidentalis* Pergande (Zhao et al. 1995) και η καφέ ακρίδα *Nilaparvata lugens* Stal (Zewen et al. 2003), δείχνει τη δυνατότητα των επιζήμιων εντόμων να προσαρμοστούν και να αναπτύξουν ανθεκτικότητα σε εφαρμογές

νεονικοτινοειδών στον αγρό. Τα νεονικοτινοειδή θεωρούνται ότι είναι μιμητές του τρόπου δράσης της νικοτίνης, ενεργώντας έτσι ως αγωνιστές σε νικοτινικούς υποδοχείς ακετυλοχολίνης στο μετασυναπτικό νεύρο των μεμβρανών. Η αυξημένη δημοτικότητα αυτών των ενώσεων αντανακλά στην ταχεία δράση τους, στην υψηλή συστηματικότητα, γενικά στην μεγάλη υπολειμματική δράση. Η δραστηριότητα κατά των παρασίτων γίνεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις δραστικού συστατικού και αποτελεσματικότητας κατά των ειδών που είναι ανθεκτικά σε άλλες κατηγορίες εντομοκτόνων (Foster 2003).

Τα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα, και πιο συγκεκριμένα το imidacloprid, είναι αυτά που χρησιμοποιούνται περισσότερο στην καταπολέμηση πληθυσμών της αφίδας *M. persicae* και έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τα υπόλοιπα εντομοκτόνα. Το 2003 για παράδειγμα, περίπου το 45% των εντομοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν σε καλλιέργειες καπνού ήταν νεονικοτινοειδή. Τα πιο διαδεδομένα εντομοκτόνα, ωστόσο, σε καλλιέργειες ροδακινιάς, παραμένουν τα πυρεθροειδή, σε ποσοστό 40% έναντι 15% των νεονικοτινοειδών, εφόσον τα πρώτα χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση και άλλων επιζήμιων εντόμων (Bayer Crop Science Hellas, Margaritopoulos et al. 2007). Προηγούμενες εργασίες έχουν επισημάνει 3 κύριους μηχανισμούς ανθεκτικότητας στη αφίδα *M. persicae*, οι οποίοι είναι: αυξημένα επίπεδα καρβοξυλεστεράσης (E4 ή FE4), τροποποιημένη ακετυλοχολινεστεράση (Ache/MACE) και knockdown resistance (kdr). Ενισχυμένη E4/FE4 προσδίδει ευρεία ανθεκτικότητα ενάντια στα πυρεθροειδή και στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα (Devonshire and Moores 1982) ενώ η MACE, όταν είναι παρούσα στην αφίδα *M. persicae*, καταστά τα έντομα λιγότερο ευαίσθητα στα διμεθυλο-καρβαμιδικά εντομοκτόνα όπως το pirimicarb (Moores et al. 1994). Η kdr προσδίδει άμεση μείωση ευαισθησίας ενάντια στα πυρεθροειδή (Martinez-Torres et al. 1999).

Η εργασία των Cox et al. (2004) έδειξε την ευρεία ανθεκτικότητα ελληνικών πληθυσμών *M. persicae* S. ενάντια σε οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα κατά την περίοδο 1998-2000, ενώ η kdr ήταν πιο σπάνια. Η FAO μέθοδος (1979) για ανίχνευση της ανθεκτικότητας των αφίδων στην εργασία των Margaritopoulos et al. (2007) έδειξε ότι δεν έχει αναπτυχθεί

ακόμα ισχυρή ανθεκτικότητα ενάντια στο imidacloprid. Ωστόσο, βιοχημικές και μοριακές μέθοδοι στην ίδια εργασία, έδειξαν ότι η ανθεκτικότητα στα οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά αλλά και πυρεθροειδή εντομοκτόνα είναι γεωγραφικά εξαπλωμένη σε όλη την Ελλάδα. Το 55% των κλώνων *M. persicae* S. από συνολικά 167 που εξετάστηκαν με τις παραπάνω μεθόδους, περιείχαν και τους 3 γνωστούς μηχανισμούς αντίστασης, πράγμα που σημαίνει ότι ο έλεγχος των πληθυσμών αυτού του είδους αφίδας είναι προβληματικός χρησιμοποιώντας μόνο τα προαναφερθέντα 3 εντομοκτόνα. Οι έρευνες των Philippou et al. (2009) και Ruinpen et al. (2010) έδειξαν ότι ένας κλώνος *M. persicae* στην Ελλάδα ανέπτυξε 40 φορές παραπάνω ανθεκτικότητα ενάντια στο imidacloprid. Η ανθεκτικότητα συνδέεται με την πολλαπλή αναπαραγωγή του γονιδίου P450 (*CYP6CY3*), με τις ανθεκτικές αφίδες να φέρουν 18 περίπου αντίγραφα του γονιδίου αυτού σε σύγκριση με τις ευαίσθητες που φέρουν μόνο 2. Όπως βρέθηκε με την αφίδα *M. persicae* η έκφραση ενός ή περισσότερων γονιδίων P450, φαίνεται να είναι ο κύριος μηχανισμός της ανθεκτικότητας στα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα (Nauen and Denholm 2005; Karunker et al. 2008).

1.5 Βιολογική αντιμετώπιση αφίδων

Στη βιολογική αντιμετώπιση, ο έλεγχος των επιζήμιων εντόμων και ειδικά των αφίδων γίνεται χρησιμοποιώντας φυσικούς εχθρούς, όπως π.χ. αρπακτικά (*Coccinellidae*) (Εικ. 5), αλλά και παρασιτοειδή και παθογόνα.

Οι δύο σημαντικότεροι λόγοι για την χρησιμοποίηση της βιολογικής καταπολέμησης είναι 1^ο, η συνεχής ρίψη εντομοκτόνων για την καταπολέμηση αφίδων που έχει ως αποτέλεσμα να έχει αναπτυχθεί υψηλή ανθεκτικότητα σε αυτά, όπως π.χ. στο είδος *Aphis gossypii* Glover (Furk and Hines 1993), και 2^ο, ότι η συνεχώς αυξανόμενη χρήση της βιολογικής καταπολέμησης ενάντια σε άλλους επιζήμιους οργανισμούς, αυξάνει την ανάγκη για την καταπολέμηση των αφίδων με αυτόν τον τρόπο. Η αντιμετώπιση των επιζήμιων εντόμων στη σύγχρονη φυτοπροστασία, γίνεται στο πλαίσιο της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Εχθρών (IPM) που λαμβάνει υπόψη την 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 και την παρακολούθηση (monitoring) της ανθεκτικότητας των πληθυσμών του εχθρού στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Σκούρας 2009).

Συγκεκριμένα, τα αρπακτικά της οικογένειας Coccinellidae περιλαμβάνονται ανάμεσα στους σπουδαιότερους φυσικούς εχθρούς των αφίδων (Hagen and van den Bosch 1968; Hodek 1973; Hagen 1974; Frazer 1988). Διάφορα είδη όπως η *Coccinella septempunctata* Linnaeus, *Adalia bipunctata* L. και η *Hippodamia variegata* Goeze εξαπολύθηκαν για την καταπολέμηση αφίδων μέσα σε θερμοκήπια, δεν μπόρεσαν όμως να καθιερωθούν σαν αποικία και κρίθηκε αναγκαία η επαναλαμβανόμενη εξαπόλυσή τους (Hämäläinen, 1980; El Habi et al. 1999, 2000). Άλλα είδη, όπως η *Harmonia axyridis* Pallas και η *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, ήταν πιο αποτελεσματικά στο θερμοκήπιο όταν χρησιμοποιήθηκαν μαζί με παρασιτοειδή έντομα (Sterk and Meesters 1997, Snyder et al. 2004).



Εικ.5. Το ωφέλιμο αρπακτικό *Harmonia axyridis* Pallas τρέφεται με αφίδες του αρακά, *Acyrthosiphon pisum* (©Angelos Katsanis).

για την καταπολέμηση αφίδων εκτός θερμοκηπίου αλλά μόνο όταν αυτό γινόταν την κατάλληλη στιγμή (Ferran et al. 1996; Wyss et al. 1999) ή και χρησιμοποιώντας μεγάλο πληθυσμό (Shenhmar and Brar 1995). Ανάμεσα σε αυτά τα είδη είναι και το Ασιατικό είδος *H. axyridis* το οποίο χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία σε διάφορες καλλιέργειες, όπως μήλα (Brown and Miller 1998) και εσπεριδοειδή (Katsoyannos 1997; Michaud 2002).

1.6 Το αρπακτικό, *Coccinella septempunctata* Linnaeus

Το αρπακτικό αυτό προέρχεται από την Ασία και την Ευρώπη, αλλά μπορεί τώρα να βρεθεί στη Μέση Ανατολή, Ινδία και Βόρεια Αμερική. Είναι μεσαίου μεγέθους (7.6–10.0mm) και φέρει έλυτρα, χρώματος πορτοκαλί έως κόκκινου, με 7 βούλες. Χαρακτηριστικά, ανάμεσα στις 7 βούλες, υπάρχει μία βούλα που ενώνει τα 2 έλυτρα στο πάνω μέρος τους (Εικ.6).



Εικ. 6. Ενήλικο άτομο του αρπακτικού είδους *Coccinella septempunctata* L. (©André Karwath)

Τα ωά του είδους αυτού είναι μικρά (1mm/Εικ.7.) και οβάλ (Hodek and Michaud 2008) ενώ οι προνύμφες (Εικ.8) χαρακτηρίζονται γενικά από σκούρο χρώμα (ανάλογα με τη θερμοκρασία) και το μέγεθός τους αυξάνεται όσο προχωράνε στην επόμενη προνυμφιακή ηλικία (Angalet et al. 1979; Cantrell 2011).



Εικ. 7. Ωά του είδους
C. septempunctata L.
(©Joel Heras)



Εικ. 8. Προνύμφη του είδους
C. septempunctata L.
(©Gilles San Martin)

Η νύμφη έχει σκληρό εξωσκελετό και συνήθως έχει το ίδιο μέγεθος όπως το ενήλικο άτομο που θα προκύψει αμέσως μετά από το νυμφικό στάδιο (Cantrell 2011). Το αφιδοφάγο *C. septempunctata* προτιμάει μέρη με μεγάλους πληθυσμούς αφίδων και συνήθως όταν περιλαμβάνει κυρίως ποώδη φυτά, θάμνους και δέντρα στον αγρό, λιβάδια, καλλιέργειες αλλά και κήπους και πάρκα. Η επιθυμητή τοποθεσία διαχείμασης του εντόμου είναι κυρίως μια ανοιχτή σε έκταση περιοχή με πέτρες και ογκόλιθους ως προστασία ή ακόμα και πυκνά χόρτα βλέποντας προς το Νότο για τη μεγιστοποίηση της διάρκειας έκθεσης στον ήλιο (Cantrell 2011; Hodek and Michaud 2008; Hoebeke and Wheeler 1983; Honek and Martinkova 2005; Honek et al. 2007; Turnock et al. 2003).

Τον προηγούμενο αιώνα εισάχθηκε επανειλημμένα με επιτυχία στη Βόρεια Αμερική ως παράγοντας βιολογικής καταπολέμησης ενάντια στις αφίδες σε αγροτικές καλλιέργειες, ωστόσο δεν ήταν επιτυχής στη δημιουργία φυσικού πληθυσμού. Το 1973 όμως παρατηρήθηκε μια καθιερωμένη αποικία του είδους αυτού αλλά πιστεύεται ότι προήλθε από τυχαία απελευθέρωση του εντόμου αυτού. Στη συνέχεια, ο πληθυσμός του συγκεκριμένου είδους ολοένα και αυξανόταν και δεδομένου του ότι είναι ένα πολυφάγο έντομο, καθιερώθηκε γρήγορα ως ένας από τους πιο επιτυχημένους παράγοντες

βιολογικής καταπολέμησης (Gordon 1985; Hodek & Honek, 1996). Ωστόσο αυτή η επιτυχία φέρεται να συντέλεσε στο εκτόπισμα του ενδογενούς είδους *Coccinella novemnotata* Linnaeus (Wheeler & Hoebeke 1995; Snyder & Evans 2006; Frank & McCoy 2007; Harmon et al. 2007).

1.7 Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση επιβλαβών οργανισμών (Integrated Pest Management-IPM) είναι μια αποτελεσματική και περιβαλλοντικά φιλική προσέγγιση διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών, που βασίζεται σε ένα συνδυασμό μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των εντόμων. Τα προγράμματα αυτά χρησιμοποιούν τρέχουσες, πλήρεις πληροφορίες σχετικά με τους κύκλους ζωής των εχθρών και την αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον. Οι πληροφορίες αυτές, σε συνδυασμό με τις διαθέσιμες μεθόδους ελέγχου, χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των επιβλαβών οργανισμών ζημιών με τα πιο οικονομικά μέσα, καθώς και με το λιγότερο δυνατό κίνδυνο για τους ανθρώπους, τις ιδιοκτησίες και το περιβάλλον. Η έμφαση δίνεται στον έλεγχο, όχι την εξάλειψη των εντόμων. Επίσης υποστηρίζει ότι το να μηδενιστεί το σύνολο του πληθυσμού των επιβλαβών οργανισμών είναι συχνά αδύνατο και η προσπάθεια μπορεί να είναι ακριβή και περιβαλλοντικά μη ασφαλής. Πρώτα καθορίζονται τα αποδεκτά επίπεδα των επιβλαβών οργανισμών, που ονομάζεται οικονομικό όριο ζημίας, και εφαρμόζονται έλεγχοι αν περάσουν τα όρια αυτά. Αυτό εμποδίζει τα έντομα να αναπτύξουν ανθεκτικότητα στα διάφορα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται στις συμβατικές καλλιέργειες. Όπως προαναφέρθηκε, το όλο πρόγραμμα στηρίζεται στον συνδυασμό μεθόδων. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν την επιλογή ποικιλιών, καλύτερα προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες, χρόνος σποράς, λίπανση, άρδευση. Πολύ σημαντική είναι και η συνεχής παρακολούθηση της καλλιέργειας για τυχόν έξαρση του πληθυσμού των επιζήμιων εντόμων. Σε περίπτωση που χρειαστεί η επέμβαση στον πληθυσμό, τότε ένα μείγμα μηχανικής καταπολέμησης, πχ. εγκατάσταση παγίδων, μαζί με τη βιολογική αλλά και ελαφριά χημική καταπολέμηση, χρησιμοποιείται στην καλλιέργεια.

Β.ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αρνητική επίδραση που έχουν τα εντομοκτόνα πάνω στους φυσικούς εχθρούς των αφίδων μπορεί να ελεγχθεί με την κατάλληλη επιλογή εντομοκτόνου αλλά και της κατάλληλης δοσολογίας και χρονικής στιγμής εφαρμογής του εντομοκτόνου αυτού (Obrycki and King 1998). Η βιολογική καταπολέμηση μαζί με την ρίψη ειδικά επιλεγμένων εντομοκτόνων, θεωρούνται συμβατά με την πιο καινούρια αντιμετώπιση επιζήμιων εντόμων, την Ολοκληρωμένη Διαχείριση (Giles and Obrycki 1997). Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μεθόδους, μειώνεται και η πιθανότητα να ανακάμψει ο πληθυσμός των αφίδων στις αγροτικές καλλιέργειες (Johnson and Tabashnik 1999), καθώς και ο αριθμός εφαρμογών των εντομοκτόνων (Hutchison et al. 2004).

Αρκετές εργασίες έχουν επισημάνει την αναγκαιότητα για καλύτερη διαχείριση των μεθόδων καταπολέμησης καθώς και την επίδραση που μπορεί να έχουν τα εντομοκτόνα στα αρπακτικά αφιδοφάγα που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια των προγραμμάτων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης. Για παράδειγμα, οι Galvan et al. (2005) βρήκαν ότι ο πληθυσμός του Ασιατικού πολυφάγου αρπακτικού, *H. axyridis*, ήταν υψηλότερος στην καλλιέργεια στην οποία είχε γίνει ρίψη των εντομοκτόνων spinosad και indoxacarb συγκριτικά με την καλλιέργεια στην οποία είχε γίνει ρίψη πιο συμβατικών εντομοκτόνων.

Τα πιο κατάλληλα εντομοκτόνα είναι αυτά που δείχνουν υψηλή τοξικότητα ενάντια στους επιζήμιους οργανισμούς και καθόλου τοξικότητα ενάντια στους φυσικούς εχθρούς τους (Plapp and Bull 1978; Rajakwlandran and Plapp 1982). Η θνησιμότητα των αρπακτικών αφιδοφάγων αλλά και ζωτικά στοιχεία της βιολογίας τους, που επηρεάζονται από τη ρίψη εντομοκτόνων, έχει ερευνηθεί αρκετά (Boszik 2006; Galvan et al. 2005; Lucas et al. 2004; Olszak 1999; Vincent et al 1999; Youn et al. 2003). Η ευαισθησία, ωστόσο, των αρπακτικών αφιδοφάγων στα εντομοκτόνα μπορεί να διαφέρει από είδος σε είδος κι ανάλογα σε ποιο στάδιο βρίσκονται αλλά και από τον τύπο του εντομοκτόνου που χρησιμοποιείται (Theiling and Croft 1988; Youn et al. 2003).

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να μελετήσουμε αν η εφαρμογή του εντομοκτόνου Imidacloprid επηρεάζει την επιβίωση την 1^η, 2^η, και 3^η προνυμφιακής ηλικίας του αρπακτικού εντόμου *C. septempunctata*. Τα αποτελέσματα αυτά θα μας δείξουν αν μπορούμε να χρησιμοποιούμε παράλληλα εντομοκτόνα με το αρπακτικό έντομο για την καταπολέμηση επιζήμιων εχθρών στις καλλιέργειες στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης.

Η γνώση των προβλημάτων που μπορούν να προκαλέσουν τα εντομοκτόνα στα αρπακτικά έντομα, θα μας βοηθήσει στη σωστή εφαρμογή αυτών χωρίς τον κίνδυνο το έντομο να αναπτύξει ανθεκτικότητα ή και μεγάλης υπολημματικότητας και για το περιβάλλον.

2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1.1 Εκτροφή αρπακτικών αφιδοφάγων και αφίδων

Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκε το αρπακτικό αφιδοφάγο είδος *C. septempunctata* της οικογένειας Coccinellidae. Το συγκεκριμένο είδος είναι ενδογενές στην Ευρώπη. Περαιτέρω πληροφορίες όσον αφορά τη βιολογία και το φυσικό περιβάλλον που συναντιέται, βρίσκονται στα βιβλία των Majerus (1994) και Klausnitzer and Klausnitzer (1997). Όλα τα άτομα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ήταν F1 και F2 απόγονοι ενήλικων ατόμων που συνελλάχθησαν στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας, Μεσσηνία την Άνοιξη 2012 από καλλιεργούμενα και αυτοφυή φυτά.

Τα ενήλικα άτομα του αρπακτικού τοποθετήθηκαν μέσα σε πλαστικούς, διάφανους κυλίνδρους (Εικ.9,12), όπου προηγουμένως είχαν τοποθετηθεί μικρού μεγέθους φυτά κουκιών (*Vicia faba*/Εικ.10,11), τα οποία ήταν μολυσμένα με αφίδες του είδους *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae). Στη συνέχεια, οι κύλινδροι καλύφθηκαν κι από τις δύο μεριές με λεπτή οργαντίνα για τον καλό αερισμό τους αλλά και για την αποφυγή εξόδου

αφίδων και αρπακτικών και εισόδου ανεπιθύμητων εντόμων πχ. παρασιτοειδών.



Εικ. 9. Διάφανοι κύλινδροι εκτροφής εντόμων (©M. Mavroforos)



Εικ. 9. Φυτά κουκιών, *Vicia faba* (©M. Mavroforos)

Δυο φορές την εβδομάδα γινόταν η αλλαγή των κυλίνδρων, ενώ σε πιο συχνή βάση πραγματοποιούταν η αλλαγή των μολυσμένων με αφίδες φυτών κουκιών. Τα μολυσμένα με αφίδες κουκιά προέρχονταν από ειδικούς σιδερένιους κλωβούς, περιτριγυρισμένους από λεπτό ύφασμα οργανίνης (Εικ. 13). Καινούρια φυτά κουκιών τοποθετούνταν ανά 3 ημέρες σε αυτούς τους σιδερένιους κλωβούς.



Εικ. 11. Μολυσμένα με
αφίδες φυτά κουκιών μέσα
στους κυλινδρικούς
κλωβούς εκτροφής
(©M. Mavroforos)



Εικ. 12. Κλωβοί εκτροφής
αρπακτικών αφιδοφάγων
Coccinellidae
(©M. Mavroforos)



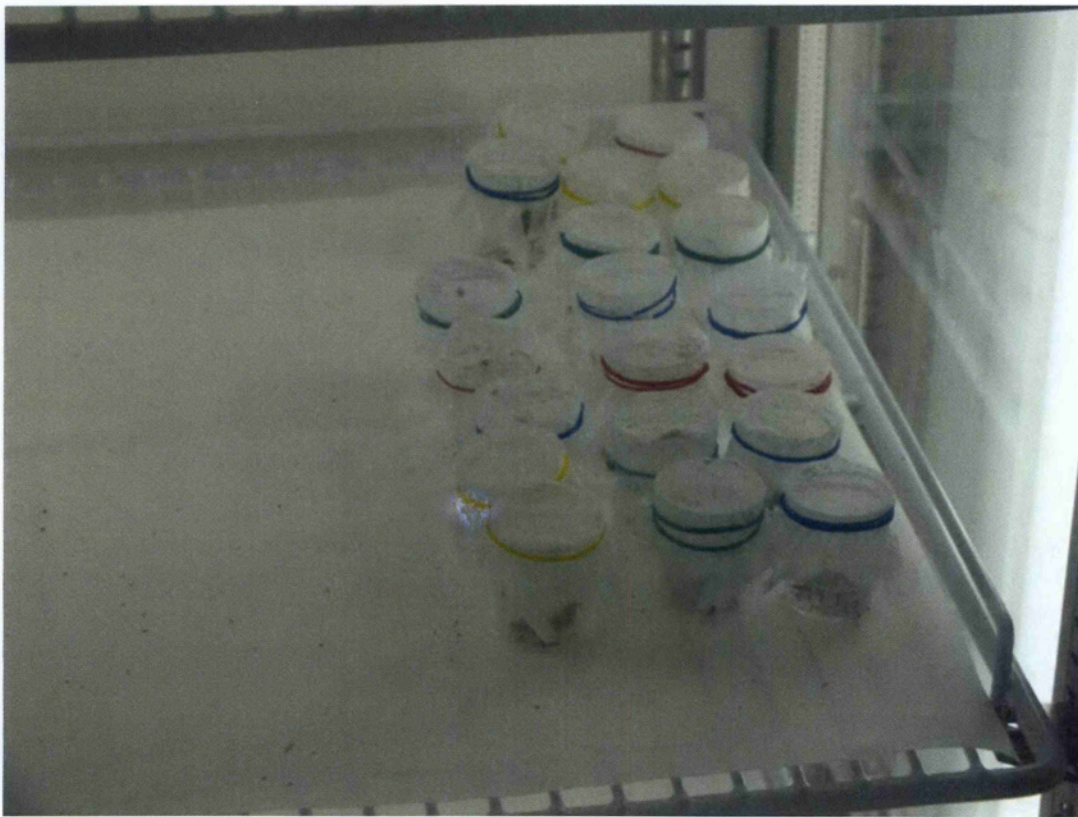
Εικ. 13. Σιδερένιοι κλωβοί εκτροφής αφίδων *Aphis fabae* (©M. Mavroforos)

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες στους θαλάμους εκτροφής των αφίδων ήταν 20°C ($\pm 0,5$) και των αρπακτικών $\sim 25^{\circ}\text{C}$ με σχετική υγρασία (RH) 60% (± 5) και φωτοπερίοδος L16:D8 (L=Light, D=Darkness, ώρες φωτός:ώρες σκότους) (Εικ.14).

Οι εκτροφές των αρπακτικών ελέγχονταν καθημερινά για τυχόν εναπόθεση ωών από τα ενήλικα θηλυκά άτομα. Ωά, τα οποία βρισκόνταν πάνω στα φύλλα ή στα κλωνάρια των κουκιών, αφαιρούνταν κόβοντας αυτά τα φύλλα ή τα κλωνάρια με ένα ψαλίδι και τοποθετούνταν σε τριβλία Petri των 9cm που στον πάτο τους είχε τοποθετηθεί διηθητικό χαρτί. Στην περίπτωση που τα ωά είχαν εναποτεθεί στα τοιχία του κυλίνδρου ή της γλάστρας με τα φυτά κουκιών, τότε αυτά αφαιρούνταν με ένα λεπτό πινέλο, αποστειρωμένο με 97% αιθανόλη, και εν συνεχεία τοποθετούνταν σε τριβλία Petri των 9cm που στον πάτο τους είχε τοποθετηθεί διηθητικό χαρτί. Μετά την εκκόλαψη των ωών, οι 1^{ης} ηλικίας προνύμφες τοποθετήθηκαν η καθεμία σε ένα βαζάκι ύψους 3,5cm και διαμέτρου 2.5cm ξεχωριστά για την αποφυγή κανιβαλισμού. Τα βαζάκια στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε βιοκλιματικούς θαλάμους με σταθερή θερμοκρασία στους 25°C (Εικ. 14,15,16). Κάθε μέρα προστέθηκε υπεραρκετός αριθμός αφίδων για τη διατροφή των προνυμφών, μέχρι που οι τελευταίες έφτασαν στην επιθυμητή ηλικία για τις πειραματικές βιοδοκιμές.



Εικ. 14. Βιοκλιματικός θάλαμος (©M. Manroforos)



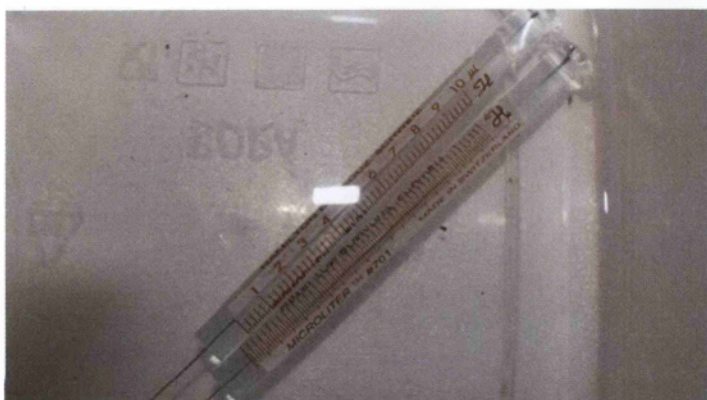
Εικ. 15. Εκτροφή προνυμφών *Coccinella septempunctata* L. σε βιοκλιματικό θάλαμο (©M. Manroforos)



Εικ. 16. Εκτροφή προνύμφης *Coccinella septempunctata* L. σε βιοκλιματικό θάλαμο (©M. Mavroforos)

2.1.2 Επίδραση του Imidacloprid στις προνύμφες του αρπακτικού *Coccinella septempunctata* L.

Για τις 3 πειραματικές βιοδοκιμές χρησιμοποιήθηκαν προνύμφες *C. septempunctata* 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} ηλικίας ανάλογα, οι οποίες προήλθαν από την προαναφερθείσα εκτροφή του αρπακτικού. Σε αυτές εφαρμόστηκε, με τη βοήθεια μιας σύριγγας Hamilton των 10 μl (Εικ.17), στο οπίσθιο άκρο του μεσοθώρακα, ένα διάλυμα εντομοκτόνου (D2: Confidor[®] + ακετόνη). Οι αναλογίες σε εντομοκτόνο και ακετόνη για κάθε δόση εφαρμογής παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Οι επαναλήψεις για κάθε συνδυασμό προνυμφιακής ηλικίας και δόσης διαλύματος, αλλά και για τον μάρτυρα όπου χρησιμοποιήθηκε μόνο ακετόνη, κυμάνθηκαν από 22 έως 29.



Εικ. 17. Σύριγγες Hamilton των 10 μl (©M. Mavroforos)

Η παρασκευή του διαλύματος (D2) πραγματοποιήθηκε ως εξής: Χρησιμοποιώντας μηχανικές πιπέτες, αναμείχθηκαν σε κωνική φιάλη των 50 ml, 0.050 ml Confidor® και 9.950 ml ακετόνη (10 ml συνολικά) (Εικ. 18, 19, 20). Από αυτό το διάλυμα (D1), ελήφθησαν 0.5 ml και μαζί με 4.5 ml ακετόνη και παρασκευάστηκε το διάλυμα D2, το οποίο και εφαρμόστηκε στις προαναφερθείσες προνύμφες. Η προαναφερθείσα παρασκευή του διαλύματος D2 είχε σαν αποτέλεσμα να έχουμε 100ng εντομοκτόνο σε 1ml διαλύματος. Οπότε για να εφαρμοστεί δόση των 60ng εντομοκτόνου, πάρθηκαν 600ml D2 μαζί με 400ml ακετόνη; για δόση 50ng, πάρθηκαν 500ml D2 και 500ml ακετόνη; για δόση 0.5ng, ελήφθησαν 50ml D2 και 950ml ακετόνη κ.ο.κ..

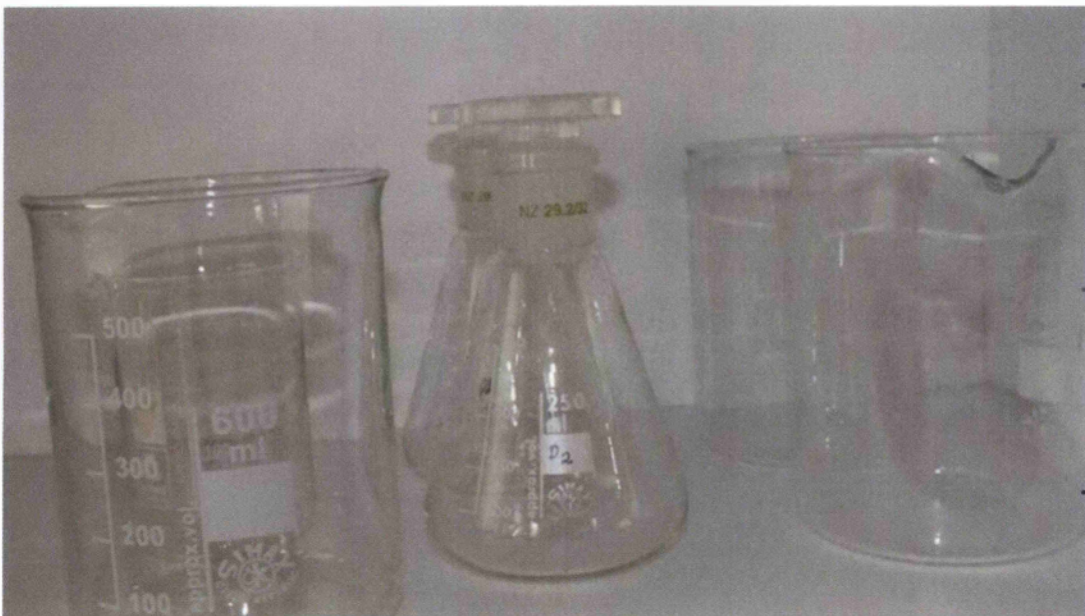
Μετά την εφαρμογή του τελικού διαλύματος (D2), η προνύμφη τοποθετήθηκε σε ατομικό βαζάκι των 25 ml μαζί με υπερεπάρκεια αφίδων για τροφή. Το κάθε βαζάκι τοποθετήθηκε στη συνέχεια σε βιοκλιματικό θάλαμο με σταθερή θερμοκρασία στους 25°C και φωτοπερίοδο 16:8 (L:D) και μετά από 48 ώρες καταγράφηκε η θνησιμότητα της προνύμφης.



Εικ.18. Σύριγγες τύπου Eppendorf για την παρασκευή του διαλύματος του εντομοκτόνου (D1+D2) (©M. Mavroforos)



Εικ.19. Προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των διαλυμάτων D1 και D2 (©M. Mavroforos)



Εικ. 20. Οι φιάλες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή του διαλύματος εφαρμογής D2 (©M. Mavroforos)

Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics v19.0. Οι τιμές ED50 (effective dose-η δόση που σκοτώνει το 50% του πληθυσμού) και τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης (confidence intervals) υπολογίστηκαν με την ανάλυση πιθανοτήτων (Finney 1971).

Πίνακας 1. Δόσεις εντομοκτόνου Confidor® με τη δραστική ουσία Imidacloprid που εφαρμόστηκαν σε κάθε προνυμφιακή ηλικία.

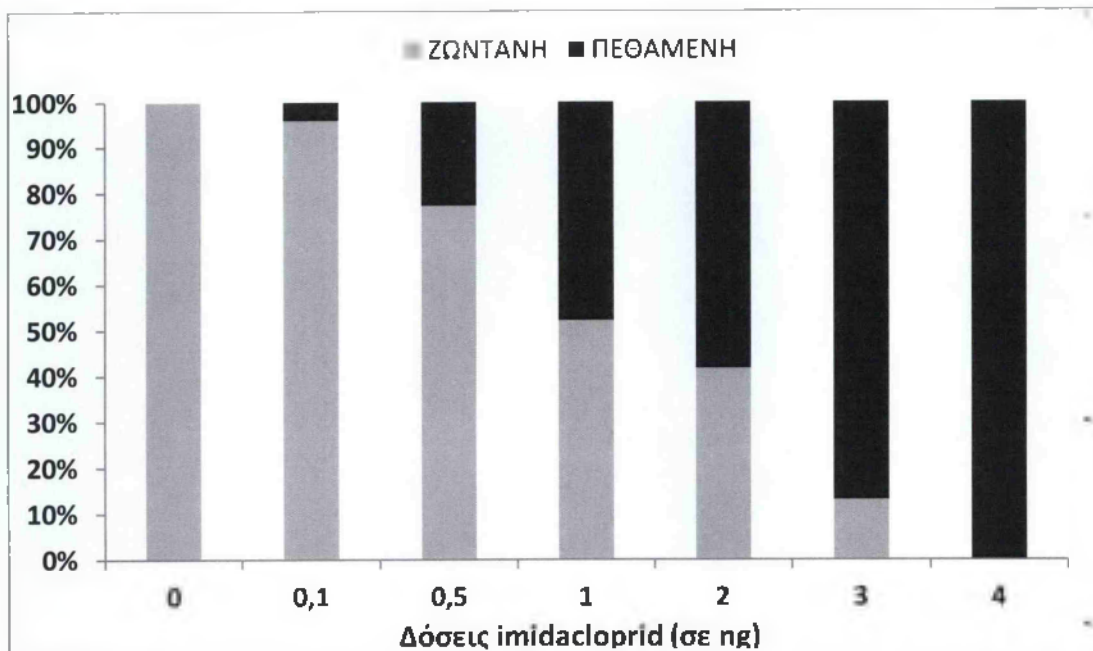
ΔΟΣΕΙΣ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΟΥ (σε ng/μl)	ΠΡΟΝΥΜΦΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ		
	L1 (1 ^η)	L2 (2 ^η)	L3 (3 ^η)
0 (ΜΑΡΤΥΡΑΣ)	X	X	X
0.1	X		
0.5	X		
1	X	X	X
2	X		
3	X		
4	X		
5		X	
10		X	X
20		X	
30		X	X
40		X	
50		X	X
60		X	
100			X
150			X
200			X
300			X

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

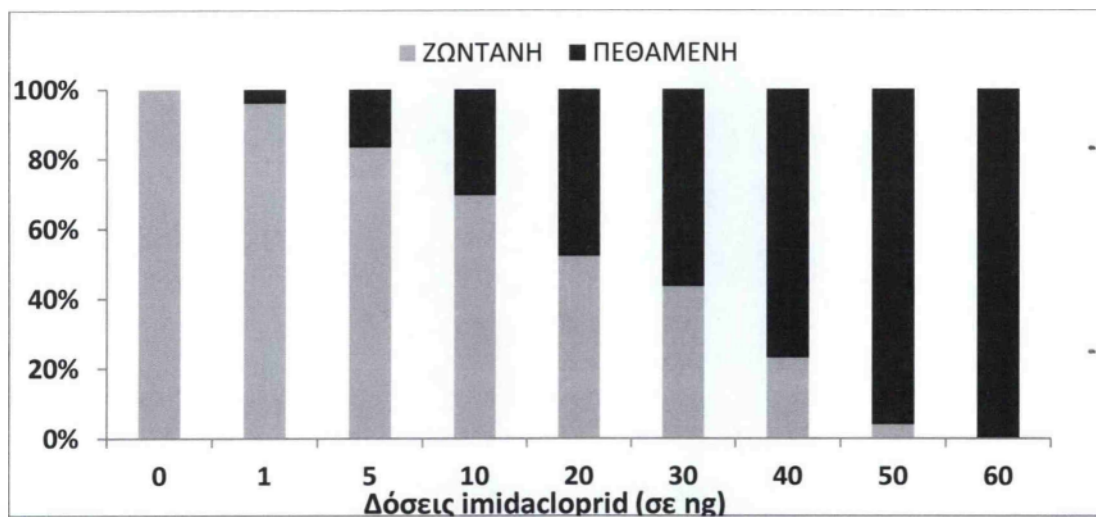
48 ώρες μετά την εφαρμογή του εντομοκτόνου, η θνησιμότητα σε ποσοστό των προνυμφών 1^{ης} ηλικίας ήταν 0, 4, 21.7, 47.8, 58.3, 86.9 και 100% στα πειράματα με 0 (μάρτυρας), 0.1, 0.5, 1, 2, 3 και 4 ng/μl εντομοκτόνου Imidacloprid αντιστοίχως. Η θνησιμότητα σε ποσοστό των προνυμφών 2^{ης} ηλικίας άγγιξαν το 0 (μάρτυρας), 4.1, 16.6, 30.4, 47.8, 56.5, 76.9, 96 και 100% στα πειράματα με 0, 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50 και 60 ng εντομοκτόνου Imidacloprid αντιστοίχως. Όσον αφορά τις προνύμφες 3^{ης} ηλικίας, η θνησιμότητά τους κυμάνθηκε σε ποσοστό 0, 3.5, 11.1, 17.2, 37.5, 50, 69.5, 92.3 και 100% στα πειράματα με 0 (μάρτυρας), 1, 10, 30, 50, 100, 150, 200 και 300 ng εντομοκτόνου Imidacloprid αντιστοίχως. Η δόση που προκαλεί 50% θνησιμότητα (ED₅₀) και εφαρμόστηκε τοπικά στο scutellum της 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} ηλικίας των προνυμφών του αρπακτικού *C. septempunctata* παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Μεταξύ των δόσεων εντομοκτόνου, παρατηρήθηκε ομοιογένεια (L1: $\chi^2= 8.59$, d.f.= 5, p=0.12; L2: $\chi^2= 7.01$, d.f.= 7, p=0.42; L3: $\chi^2= 5.98$, d.f.= 5, p=0.54). Στα γραφήματα 1, 2 και 3 φαίνεται η θνησιμότητα των δόσεων του εντομοκτόνου σε προνύμφες 1^{ης}, 2^{ης} και 3^{ης} ηλικίας αντίστοιχα.

Πίνακας 1. Αποτελεσματική δόση (ED₅₀) σε ng/μl του εντομοκτόνου για τις διάφορες ηλικίες του προνυμφιακού σταδίου του αρπακτικού είδους *Coccinella septempunctata* L.

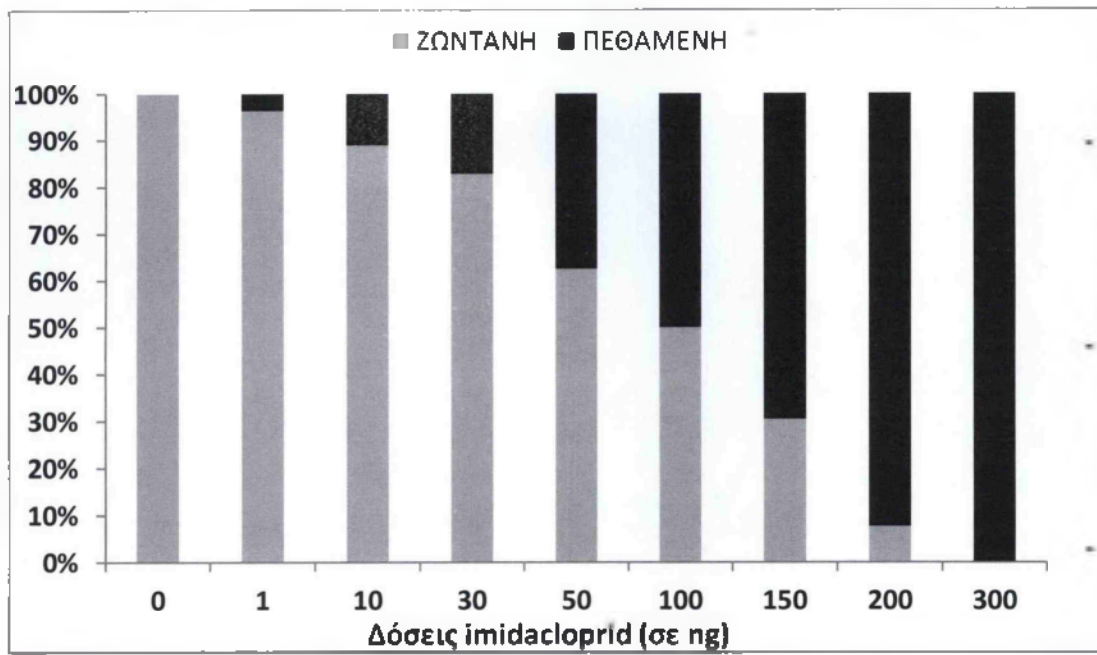
Προνυμφιακή ηλικία	Αριθμός ατόμων	Αριθμός δόσεων	ED ₅₀ (ng/μl)	Όρια εμπιστοσύνης (CI)
L1	168	7	1.54	1.07-2.12
L2	216	9	24.14	20.62-27.91
L3	227	9	100.89	85.78-118.89



Γράφ.1. Κατάσταση προνύμφης *C.septempunctata* L. 1^{ης} ηλικίας μετά από 48 ώρες (σε %)



Γράφ. 2. Κατάσταση προνύμφης *C. septempunctata* L. 2^{ης} ηλικίας μετά από 48 ώρες (σε %)



Γράφ. 3. Κατάσταση προνύμφης *C. septempunctata* L. 3^{ης} ηλικίας μετά από 48 ώρες (σε %)

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην ολοκληρωμένη διαχείριση των εχθρών το *C. septempunctata* μπορεί να εκτεθεί σε εντομοκτόνα, τα οποία δέχεται η καλλιέργεια (Katsarou et al. 2005). Στον αγρό, τα αρπακτικά της οικογένειας Coccinellidae μπορεί να έρθουν σε επαφή με εντομοκτόνα είτε απευθείας έκθεση τους με το ψεκαστικό υγρό, με την κατανάλωση ψεκασμένου θηράματος ή απευθείας με την επαφή σε ψεκασμένη επιφάνεια (Τζανακάκης 1995). Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην πρώτη κατηγορία και ειδικά στην επίδραση των εντομοκτόνων στην επιβίωση των προνυμφών του αρπακτικού είδους (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003).

Τα νεονικοτινοειδή είναι κατάλληλα για την εφαρμογή στους σπόρους λόγω της συστηματικής τους δράσης και χρησιμοποιούνται ευρέως σε καλλιέργειες όπως το βαμβάκι, το καλαμπόκι και τα σιτηρά (Elbert et al. 2008). Το Imidacloprid που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη αυτή, προκαλεί την θνησιμότητα στο αρπακτικό *C. septempunctata* αλλά και επιδρά σε βιολογικά χαρακτηριστικά του (Skouras et al. αδημοσίευτα στοιχεία) όπως έχει βρεθεί και σε άλλα αρπακτικά της οικογένειας Coccinellidae (Vincent et al. 2003, Kaakeh et al. 1996). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω τοπικής ή υπολειμματικής επαφής, κατάποση των τοξικών φυτικών προϊόντων αλλά και των τοξικών ιστών του θηράματος, που σε αυτή την περίπτωση είναι οι αφίδες (Ruberson et al. 1998; Johnson and Tabashnik 1999; Smith and Krischik 1999).

Αυτό επιβεβαιώνεται και από την παρούσα εργασία όπου παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα των εφαρμογών δόσεων Imidacloprid στις διάφορες προνυμφιακές ηλικίες. Το αξιοσημείωτο είναι ότι για πρώτη φορά γίνανε τα πειράματα των εφαρμογών για να καταγραφεί η μέγιστη δόση που θα αποφέρει 100% θνησιμότητα στις προνύμφες *C. septempunctata*. Ακόμα, τα πειράματα έδειξαν ότι χρειάζεται μόλις 0.5ng/μl για να υπάρξει στατιστικά διαφορά θνησιμότητας στην 1^η προνυμφιακή ηλικία με τον μάρτυρα όπου δεν υπήρξε εφαρμογή εντομοκτόνου, ενώ στην 2^η και στην 3^η, 10 και 30ng/100μl αντίστοιχα. Αυτό αναδεικνύει το γεγονός ότι το εντομοκτόνο μετά από 48 ώρες έκθεσης είναι αρκετά τοξικό για τα πρώιμα στάδια του αρπακτικού *C. septempunctata*.

Οι τεχνικές έκθεσης στο εντομοκτόνο μπορεί να μην εντελώς αντιπροσωπευτικές του τι γίνεται στον αγρό επειδή πραγματοποιήθηκε κάτω από εργαστηριακές συνθήκες και κατά συνέπεια η πραγματική θνησιμότητα του εντόμου μπορεί να διαφέρει. Παρ' όλα αυτά, η αξιολόγηση της τοξικότητας του εντομοκτόνου στο προνυμφικό στάδιο του ωφέλιμου αρπακτικού *C. septempunctata* υπό εργαστηριακές συνθήκες, μπορεί να είναι σχετικά ένας καλός δείκτης της δράσης του εντομοκτόνου στο έντομο αυτό υπό κανονικές συνθήκες στον αγρό.

Συγκρίνοντας τη δοσολογία του εντομοφαρμάκου imidacloprid, που προτείνεται από την παρασκευάστρια εταιρεία Bayer Crop Science Hellas, ενάντια στις αφίδες με τις αποτελεσματικές δοσολογίες (ED_{50}) που βρέθηκαν σε αυτή την πτυχιακή εργασία, συμπεραίνεται ότι το νεονικοτινοειδές εντομοκτόνο Imidacloprid είναι τοξικό για την 1^η (1.54 ng/μl) και 2^η (24.14 ng/μl) ηλικία των προνυμφών του ωφέλιμου αρπακτικού εντόμου *C. septempunctata* L. , αλλά όχι τόσο τοξικό για τη 3^η προνυμφιακή ηλικία (100.89 ng/μl).

Η επίδραση του imidacloprid έχει εξεταστεί σε διάφορες περιπτώσεις αρπακτικών αφιδοφάγων (James 2003; Vincent et al. 2000; Youn et al. 2003). Ωστόσο, η ένταση της τοξικής επίδρασης εξαρτάται από το είδος του αρπακτικού αφιδοφάγου καθώς και από την αναλογία και τη μέθοδο εφαρμογής του εντομοκτόνου (James 2003; Youn et al. 2003). Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας επιβεβαιώνουν τα ευρήματα στην εργασία των Youn et al. (2003) όπου η 1^η και η 2^η προνυμφιακή ηλικία του αρπακτικού είναι ευαίσθητα στην τοπική εφαρμογή του εντομοκτόνου. Εξαιρέση αποτελεί η 3^η προνυμφιακή ηλικία, όπου βρήκαμε ότι η αποτελεσματική δόση, η οποία σκοτώνει τον μισό πληθυσμό του αρπακτικού αφιδοφάγου, είναι μεγαλύτερη από τη συνιστάμενη δόση του imidacloprid για την καταπολέμηση των αφίδων.

Ο αποικισμός στις αγροτικές καλλιέργειες από τα αρπακτικά αφιδοφάγα όταν πρωτοεμφανίζονται οι αφίδες την άνοιξη, βοηθάει στην πρόληψη της εξάπλωσης του επιζήμιου εντόμου αργότερα (Daane and Yokota 1997; Campbell and Lilley 1999; Jung et al. 2004), ενώ έχει σημειωθεί ότι όταν τα

συστηματικά εντομοκτόνα, και πιο συγκεκριμένα τα νεονικοτινοειδή, εφαρμόζονται στο υπόστρωμα ή στο έδαφος, τότε μειώνεται η τοξική επίδραση στους φυσικούς εχθρούς των αφίδων (Mizell and Sconyers 1992).

Ωστόσο, ενήλικα άτομα του αρπακτικού αφιδοφάγου, *Coleomegilla maculata* DeGeer υπέστησαν μειωμένη κινητικότητα αλλά και 38% θνησιμότητα, όταν περιορίστηκαν στην περιοχή των λουλουδιών του ηλιοτροπίου, *Helianthus annuus* Linnaeus, του χρυσάνθεμου, *Chrysanthemum morifolium* Ramat και της πικραλίδας, *Taraxacum officinale* Wiggers, τα οποία είχαν ήδη ποτιστεί με imidacloprid (Smith and Krischik 1999), που υποδεικνύει ότι το imidacloprid μετατοπίστηκε στα λουλούδια των φυτών αυτών.

Κάτω από εργαστηριακές συνθήκες, το imidacloprid ήταν τοξικό για ενήλικα άτομα του αρπακτικού αφιδοφάγου *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville. (Mizell and Sconyers 1992). Επιπλέον, αποτελέσματα της εργασίας των Papachristos and Mylonas (2008) υποδεικνύουν ότι το imidacloprid μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στο αρπακτικό αφιδοφάγο *Hippodamia undecimnotata* Schneider, αφού αυτό έχει καταναλώσει έντομα που εκτράφηκαν σε φύλλωμα φυτών φυτεμένων σε χώμα που είχε ψεκαστεί με imidacloprid.

Για τους παραπάνω λόγους, πρέπει να γίνουν περαιτέρω εργασίες όταν πρωτοεμφανίζονται τα αρπακτικά αφιδοφάγα στις καλλιέργειες ειδικά όταν χρησιμοποιούνται σπόροι, μεταχειρισμένοι με το εντομοκτόνο imidacloprid. Επίσης, περαιτέρω εργασίες θα μπορούσαν να γίνουν, πρώτα κάτω από εργαστηριακές συνθήκες και μετέπειτα στον αγρό, πάνω στην επίδραση του imidacloprid και σε άλλα αρπακτικά αφιδοφάγα, τα οποία χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή στα προγράμματα βιολογικής καταπολέμησης ή ολοκληρωμένης διαχείρισης. Ακόμα με τη συνεχή παρακολούθηση των πληθυσμών των αφίδων αλλά και των φυσικών εχθρών τους θα μπορούσε να επιφέρει την καλύτερη πρόληψη αλλά και αντιμετώπιση του προβλήματος. Είναι ακόμα σπουδαίο, όλα τα εργαστηριακά πειράματα να μεταφέρονται και στον αγρό έτσι ώστε να παίρνουμε μια πιο καθαρή εικόνα στο τι γίνεται υπό πιο φυσικές συνθήκες.

Πρέπει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι οι αρνητικές συνέπειες που έχει η εφαρμογή του imidacloprid μπορεί να εξαρτάται από το είδος του φυτού αλλά και από τα ίδια τα έντομα.

Τέλος, όταν γίνεται αναφορά στις παράπλευρες συνέπειες που μπορεί να έχει η εφαρμογή ενός εντομοκτόνου και δη ενός νεονικοτινοειδούς σε μία καλλιέργεια, συνήθως δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της τοπικής δοσολογίας απέναντι στη δυναμική και τα βιολογικά χαρακτηριστικά του πληθυσμού των φυσικών εχθρών της αφίδας.

Τα αποτελέσματα αυτής της πτυχιακής εργασίας έδειξαν ότι αυτή η πτυχή της χημικής και ολοκληρωμένης αντιμετώπισης είναι πολύ σημαντική και ότι θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται σε κάθε σοβαρή ανάλυση ρίσκου ή σε προγράμματα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης.

BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

- Ako M, Borgemeister C, Peohling HM, Elbert A, Nauen R (2004). Effects of neonicotinoid insecticides in the bionomics of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *J Econ Entomol*, 97:1587-94
- Altmann R, Gaucho® (1991) – ein neues Insektizid zur Bekämpfung von Rübenschädlingen. *Pflanzenschutz- Nachrichten Bayer (German edition)*, 44:159–174
- Alyokhin A, Dively G, Patterson M, Castaldo C, Rogers D, Mahoney M, Wolam J (2007) Resistance and cross-resistance to imidacloprid and thiamethoxam in the Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Pest Manag Sci*, 63: 32–41
- Angalet GW, Tropp JM, Eggert AN (1979) *Coccinella septempunctata* in the United States: recolonization and notes on its ecology. *Environ Entomol*, 8: 896–901
- Bedford ID, Kelly A, Banks GK, Fuog D, Markham PG (1998) The effect of pymetrozine, a feeding inhibitor of Homoptera, in preventing transmission of cauliflower mosaic caulimovirus by the aphid species *Myzus persicae* (Sulzer). *Ann Appl Biol*, 132: 453–462
- Birch ANE, Griffiths DW, Macfarlane SWH (1990) Changes in forage and oilseed rape (*Brassica napus*). Root glucosinolates in response to attack by turnip root fly (*Delia floralis*). *J Sci Food Agric*, 51: 309–320
- Bozsik A (2006) Susceptibility of adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to insecticides with different modes of action. *Pest Manag Sci*, 62: 651-654
- Brattsten LB, Holyoke Jr CW, Leeper JR, Kava KF (1986) Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. *Science*, 231: 1255–1260
- Brown MW, Miller SS (1998) Coccinellidae (Coleoptera) in apple orchards of eastern West Virginia and the impact of invasion by *Harmonia axyridis*. *Entomol News*, 109: 136–142.
- Cahill M, Gorman K, Day S, Denholm I, Elbert L, Nauen R (1996) Baseline determination and detection of resistance to imidacloprid in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Bull Entomol Res*, 86:343-349
- Cantrell C (2011) 'Seven spot Ladybeetle' (Coleoptera: Coccinellidae) (online). Accessed 1 Apr. 2013 at <http://ninnescahlife.wichita.edu/node/378>.

- Campbell CAM, Lilley R (1999) The effects of timing and rates of release of *Phytoseiulus persimilis* against two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on dwarf hops. *Biocontrol Sci Technol*, 9: 453–465
- Croft BA (1990). *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*. John Wiley, New York. 723 pp.
- Cox D, Denholm I and Devonshire A, Monitoring of insecticide resistance in *Myzus persicae* from Greece, in *Aphids in a New Millennium*, ed. by Simon J-C, Dedryver CA, Rispe C and Hull'e M. INRA Editions, Paris, France, pp. 275–280 (2004)
- Daane KM, Yokota GY (1997). Release strategies affect survival and distribution of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) in augmentation programs. *Environ Entomol*, 26: 455–464
- Devine GJ, Harling ZK, Scarr LW, Devonshire AL (1996) Lethal and sublethal effects of imidacloprid on nicotine-tolerant *Myzus nicotianae* and *Myzus persicae*. *Pestic Sci*, 48:57-62
- Devonshire AL, Moore GD (1982) A carboxylesterase with broad substrate specificity causes organophosphorus, carbamate and pyrethroid resistance in peach-potato aphid (*Myzus persicae*). *Pestic Biochem Physiol*, 18: 235-246
- Dixon AFG (1985) *Aphid Ecology*. Blackie, Glasgow, 157 pp.
- Elbert A, Overbeck H (1990) Imidacloprid, a novel systemic nitromethylene analogue insecticide for crop protection. *Proc British Crop Prot Conf – Pests and Diseases*, BCPC, Farnham, Surrey, UK, pp. 21–28
- Elbert A, Nauen R (2004) New applications for neonicotinoid insecticides using imidacloprid as an example, in *Insect Pest Management, Field and Protected Crops*, ed. by Horowitz AR and Ishaaya I. Springer, Berlin–Heidelberg–New York, pp. 29–44
- Elbert A, Becker B, Harwig J, Erdelen C (1991) Imidacloprid – a new systemic insecticide. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer (German edition)*, 44:113–136.
- Elbert A, Nauen R, Leicht W (1998) Imidacloprid, a novel chloronicotinyl insecticide: biological activity and agricultural importance, in: *Insecticides and Novel Mode of Action, Mechanism and Application*, ed. by Ishaaya I and Degheele D. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 50–73
- Elbert A, Nauen R, McCaffery A (2007) IRAC, insecticide resistance and mode of action classification of insecticides, in: *Modern Crop Protection*

- Compounds, ed. by Krämer W and Schirmer U. Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany, pp. 753–771.
- Elbert A, Nauen R (2000). Resistance of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. *Pest Manag Sci*, 60: 60-64
- Elbert A, Haas M, Springer B, Thielert W, Nauen R (2008) Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Manag Sci*, 64: 1099–1105
- El Habi, M, El Jadd L, Sekkat A, Boumezzough A (1999) Lutte contre *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) sur concombre sous serre par *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae). *Insect Sci Appl*, 19: 57–63
- El Habi, M, Sekkat, A, El Jadd L, Boumezzough A. (2000) Biology of *Hippodamia variegata* Goeze (Col., Coccinellidae) and its suitability against *Aphis gossypii* Glov. (Hom., Aphididae) on cucumber under greenhouse conditions. *J Appl Entomol*, 124: 365–374
- Elzen GW (2001) Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Eocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J Econ Entomol*, 94: 55–59
- Fereres A and Collar JL (2001) Analysis of non circulative transmission by electrical penetration graphs. In *Virus-Insect-Plant Interactions*. (eds) Harris KF, Smith OP and Duffus JE. San Diego, CA: Academic Press.
- Ferran A, Niknam H, Kabiri F, Picart JL, DeHerce C, Brun J, Iperfi G, Lapchin L (1996) The use of *Harmonia axyridis* larvae (Coleoptera: Coccinellidae) against *Macrosiphum rosae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae) on rose bushes. *Eur J Entomol*, 93: 59–67
- Field LM, Anderson AP, Denholm I, Foster SP, Harling ZK, Javed N, Martinez-Torres D, Moores GD, Williamson MS, Devonshire AL (1997) Use of biochemical and DNA diagnostics for characterising multiple mechanisms of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* Sulzer. *Pestic Sci*, 51: 283-289
- Finney DJ 1971. *Probit analysis*, third ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Foster SP, Harrington R, Devonshire AL, Denholm I, Devine GJ, Kenward MG, Bale JS (1996) Comparative survival of insecticide-susceptible and resistant peach-potato aphids, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), in low temperature field trials. *Bull Entomol Res*, 86: 17–27

- Frank JH, McCoy ED (2007) The risk of classical biological control in Florida. *Biol Control*, 41: 151–174
- Frank R, Braun HE, Ripely BD, Clegg BS (1990) Contamination of rural ponds with pesticides, 1971–85, Ontario, Canada. *Bull Environ Contam Toxicol*, 44: 401–409
- Frazer BD (1988) Coccinellidae. In *Aphids—Their Biology, Natural Enemies and Control*. (eds) AK Minks, Harrewijn P. Vol. B, New York, Amsterdam, Elsevier. pp. 231–47
- Furk C, Hines CM (1993) Aspects of insecticide resistance in the melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Ann Appl Biol* 123: 9–17
- Galvan TL, Koch RL, Hutchison WD (2005). Effects of spinosad and indoxacarb on survival, development and reproduction of the multicoloured Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol Control*, 34: 108–114
- Giles K, Obrycki J (1997) Reduced insecticide rates and strip-harvest: effects on arthropod predator abundance in first-growth alfalfa. *J Kans Entomol Soc*, 70: 160–168
- Gordon RD (1985) The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. *J New York Entomol Soc*, 93: 1–912
- Gorman K, Devine G, Bennison J, Denholm I (2007) Report of resistance to the neonicotinoid insecticide imidacloprid in *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Manag Sci*, 63: 555–558
- Hagen KS, van den Bosch R (1968) Impact of pathogens, parasites, and predators on aphids. *Annu Rev Entomol*. 13:325–84
- Hagen KS (1974) The significance of predaceous Coccinellidae in biological and integrated control of insects. *Entomophaga Mém. Hors-Sér.* 7:25–44
- Hämäläinen M (1980) Evaluation of two native coccinellids for aphid control in glasshouses. *Bulletin IOBC/WPRS*, 3: 59–64
- Harmon JP, Stephen E, Losey J (2007) The decline of native coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in the United States and Canada. *J Insect Conserv*. 11: 85–94
- Harrington R, Hullé M, Plantegenest M (2007) Monitoring and Forecasting. In: *Aphids as crop pests*. Van Emden HF and Harrington R (eds). CABI Millennium Volume, CABI, U.K., pp. 515–531
- Heftmann E (1970) Cardenolide-mediated interactions between plant and herbivores. In: *Herbivores: Their interactions with secondary plant*

- metabolites, (eds) Rosenthal GA, Berenbaume MR, New York: Academic Press. pp. 151–191
- Hodek I (1973) *Biology of Coccinellidae*. The Hague: Acad. Prague, 260 pp.
- Hodek I, Honek A (1996). *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston London, 464 pp.
- Hodek I, Michaud JP (2008) Why is *Coccinella septempunctata* so successful? *Eur J Entomol*, 105: 1-12
- Hoebeker R and Wheeler A (1983) Exotic insects reported new to Northeastern United States and eastern Canada since 1970. *New York Entomol Soc*, 91:193-222
- Honek A, Martinkova Z (2005) Long term changes of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in the Czech Republic. *Eur J Entomol*, 102: 443-448
- Honek A, Martinkova Z, Pekar S (2007) Aggregation characteristics of three species of Coccinellidae (Coleoptera) at hibernation sites. *Eur J Entomol*, 104: 51-56
- Hutchison WD, Burkness EC, Pahl G., Hurley TM. (2004) Integrating novel technologies for cabbage IPM in the USA: value of on-farm research, pp. 371-379. *In: Proceedings of the 4th International Workshop on the Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests*, 26-29 November 2001, University of Melbourne, Australia
- Ishaaya I, Horowitz AR (eds.) (1998). *Insecticides with Novel Modes of Action: Mechanisms and Applications*. Springer-Verlag Press, Berlin.
- James DG (2003) Pesticide Susceptibility of Two Coccinellids (*Stethorus punctum picipes* and *Harmonia axyridis*) Important in Biological Control of Mites and Aphids in Washington Hops. *Biocontrol Sci Technol*, 13: 253-259
- Jung C, Han S, Lee JH (2004) Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of *Amblyseius womersleyi* and *Tetranychus urticae*: test of two release rates on apple. *Appl Entomol and Zool*, 39: 477–484
- Johnson MW, Tabashnik BE (1999). Enhanced biological control through pesticide selectivity. In: Bellows TS, Fisher TW (eds.), *Handbook of Biological Control; Principles and Applications of Biological Control*. Academic Press, New York, NY, USA.
- Kaakeh N, Kaakeh W, Bennett GW (1996) Topical toxicity of imidacloprid, fipronil, and seven conventional insecticides to the adult convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *J Entomol Sci*, 31:315–22

- Karunker I, Benting J, Lueke B, Ponge T, Nauen R, et al. (2008) Overexpression of cytochrome P450 CYP6CM1 is associated with high resistance to imidacloprid in the B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Insect Biochem Mol Biol* 38: 634–644
- Katsarou I, Martinou A, Papachristos DP, Zoaki D (2009) Toxic effects of insecticide residues on three aphidophagous coccinellid species. *Hellen Plant Prot J*, 2: 101-106
- Katsoyannos P, Kontodimas DC, Stathas GJ, Tsartsalis CT (1997) Establishment of *Harmonia axyridis* on citrus and some data on its phenology in Greece. *Phytoparasitica*, 25:183–191
- Klausnitzer B, Klausnitzer H (1997) Marienkäfer. Neue Brehm - Bücherei, Magdeburg, Germany
- Kristensen M, Jespersen JB (2008) Susceptibility to thiamethoxam of *Musca domestica* from danish livestock farms. *Pest Manag Sci*, 64: 126-32
- Lamb RJ (1989) Entomology of oilseed Brassica crops. *Annu Rev Entomol*, 34: 211–229
- Lucas E, Giroux S, Demougrot S, Duchesne RM, Coderre D (2004) Compatibility of natural enemy, *Coleomegilla maculata lengi* (Col., Coccinellidae) and four insecticides used against the Colorado potato beetle (Col., Chrysomelidae). *J Appl Entomol*, 128: 233-239
- Majerus MEN (1994) Ladybirds. London, Harper Collins. pp. 367
- Malcolm SB (1991) Cardenolide-mediated interactions between plants and herbivores. In: Rosenthal GA, Berenbaum MR, eds. *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites*, 2nd edn, Vol. I: The chemical participants. San Diego, CA, USA: Academic Press, pp. 251–296
- Martinez-Torres D, Foster SP, Field LM, Devonshire AL, Williamson MS (1999) A sodium channel point mutation is associated with resistance to DDT and pyrethroid insecticides in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Ins Mol Biol*, 8: 339-346
- Meyer JR (2005) General Entomology ENT 425, NC State University (online). Accessed 1 Apr. 2013 at <http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/tutorial/herbivores.html>
- Michaud JP (2002) Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. *Environ Entomol*, 31:827–835
- Mizell RF, Sconyers MC (1992) Toxicity of imidacloprid to selected arthropods in the laboratory. *Fla Entomol*, 75: 277-280

- Moores GD, Devine GJ, Devonshire AL (1994) Insecticide-insensitive acetylcholinesterase can enhance esterase-based resistance in *Myzus persicae* and *Myzus nicotianae*. *Pestic Biochem Physiol*, 49: 114-120
- Nauen R, Denholm I (2005) Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: Current status and future prospects. *Arch Insect Biochem Physiol*, 58: 200–215
- Nault LR, Stayer WE (1972) Cited in Pickett JA, Wadhams LJ, Woodcock 1992. The chemical ecology of aphids. *Annu Rev Entomol*, 37:67–90
- Nault LR (1997) Arthropod transmission of plant viruses: a new synthesis. *Ann Entomol Soc Am*, 90: 521 – 548
- Obrycki JJ, King TJ (1998) Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annu Rev Entomol*, 43: 295-321
- Olszak RW (1999) Influence of some pesticides on mortality and fecundity of the aphidophagous coccinellid *Adalia bipunctata* L. (Col., Coccinellidae) *J Appl Entomol*, 123: 41-45
- Papachristos DP, Milonas PG (2008) Adverse effects of soil applied insecticides on the predatory coccinellid *Hippodamia undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol Control*, 47: 77-81
- Peters DC, Webster JA, Chlouber CS. (1991) *Aphid-Plant Interactions: Populations to Molecules*. Oklahoma Agricultural Experimental Station, Stillwater, 335 pp
- Philippou D, Field L, Moores G (2010) Metabolic enzymes confer imidacloprid resistance in a clone of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) from Greece. *Pest Manag Sci*, 66: 390-395
- Plapp FW (1991) The nature, modes of action, and toxicity of insecticides. In: Pimentel, D (ed.) *CRC Handbook of Pest Management in Agriculture*, Volume 2, 2nd edn. CRC, Boston, pp. 447–459
- Plapp FW, Bull DC (1978) Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa carnea*, a predator of the tobacco budworm. *Environ Entomol*, 7: 431-434
- Ponsen MB (1972) The site of potato leaf roll virus multiplication in its vector, *Myzus persicae*. An anatomical study. *Mededlingen Landbouwhogeschool Wageningen*, 72: 1–147
- Puinean AM, Foster SP, Oliphant L, Denholm I, Field LM, Millar NS, Williamson MS, Bass C (2009) Amplification of a Cytochrome P450 Gene is associated with resistance to neonicotinoid insecticides in the aphid *Myzus persicae*. *PLOS Genetics*, 6:e1000999

- Rajakwendran SV, Plapp FW (1982) Comparative toxicity of five synthetic pyrethroids to the tobacco budworm, an ichneumonid parasite *Compoletis sonorensis* and a predator *Chrysopa carnea*. *J Econ Entomol*, 75: 769-772
- Rasmann S, Agrawal AA (2011) Evolution of specialization: a phylogenetic study of host range in the red milkweed beetle (*Tetraopes tetraophthalmus*). *Am Nat*, 177: 728–737
- Rasmann S, Erwin AC, Halitschke R, Agrawal AA (2011) Direct and indirect root defense of milkweed (*Asclepias syriaca*): trophic cascades, tradeoffs, and novel methods for studying subterranean herbivory. *J Ecol*, 99: 16–25
- Roditakis E, Grispou M, Morou E, Kristoffersen JB, Roditakis NE, Nauen R, Vontas J, Tsagkarakou A (2009) Current status of insecticide resistance in Q biotype *Bemisia tabaci* populations from Crete. *Pest Manag Sci*, 65: 313–322
- Ruberson JR, Nemoto H, Hirose Y (1998) Pesticides and conservation of natural enemies in pest management. In: Barbosa P (Ed.), *Conservation Biological Control*. Academic Press, New York, NY, USA, pp. 207–220.
- Sauls CE, Nordlund DA, Lewis WJ (1979) Kairomones and their use for management of entomophagous insects. VIII. Effect of diet on the kairomonal activity of frass from *Heliothis zea* (Boddie) larvae for *Micropolitis croceipes* (Cresson). *J Chem Ecol*, 5: 363–369
- Seiber JN, Lee SM, Benson JM (1983) Cardiac glycosides (cardenolides) in species of *Asclepias* (Asclepiadaceae). In: Keeler RF, Tu AT (eds). *Handbook of natural toxins, Vol. I: plant and fungal toxins*. Amsterdam, the Netherlands: Marcel Dekker, pp. 43–83
- Shenhar M, Brar KS (1995) Biological control of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) in the Punjab. *J Biol Control*, 9: 9–12
- Smith SF, Krischik VA (1999) Effects of systemic imidacloprid on *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ Entomol*, 28: 1189–1195
- Snyder WE, Evans EW (2006) Ecological effects of invasive arthropod generalist predators. *Annu Rev Ecol Syst*, 37: 95–122
- Snyder WE, Ballard, SN, Yang S, Clevenger, GM, Miller TD, Ahn JJ, Hatten TD, Berryman AA (2004) Complementary biocontrol of aphids by the ladybird beetle *Harmonia axyridis* and the parasitoid *Aphelinus asychis* on greenhouse roses. *Biol Control*, 30: 229–235
- Sterk G, Meesters P (1997) IPM on strawberries in glasshouses and plastic tunnels in Belgium, new possibilities. *Acta Horticulturae*, 439: 905–911

- Tan J, Salgado VL, Hollingworth RM (2008) Neural actions of imidacloprid and their involvement in resistance in the colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (say). *Pest Manag Sci*, 64: 37-47
- Theiling KM, Croft AB (1988) Pesticide side effects on arthropod natural enemies: a database summary. *Agric Ecos Environ*, 21: 191-218
- Tomizawa M, Casida JE (2003) Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annu Rev Entomol*, 48: 339-364
- Tomizawa M, Casida JE (2005) Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanisms of selective action. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*, 45:247-68.
- Turnock W, Wise I, Matheson F (2003) Abundance of some native coccinellines (Coleoptera: Coccinellidae) before and after the appearance of *Coccinella septempunctata*. *Canad Entomol*, 135: 391-404
- Vincent C, Ferran A, Guige L, Gambier J, Brun J (2000) Effects of imidacloprid on *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) larval biology and locomotory behavior. *Eur J Entomol*, 97: 501–506.
- Way MJ, van Emden HF (2000) Integrated pest management in practice-pathways towards successful application. *Crop Prot*, 19: 81-103
- Wyss E, Villiger M, Muller-Scharer H (1999) The potential of three native insect predators to control the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*. *Biocontrol*, 44: 171–182.
- Wheeler AG, Hoebeke ER (1995) *Coccinella novemnotata* in northeastern North America: historical occurrence and current status (Coleoptera: Coccinellidae). *Proc Entomol Soc Wash*, 97: 701–16
- Youn YN, Seo MJ, Shin JG, Jang C, Yu YM (2003) Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol Control*, 28: 164-170
- Zewen L, Zhaojun H, Yinchang W, Lingchun Z, Hongwei Z, Chengjun L (2003) Selection for imidacloprid resistance in *Nilaparvata lugens*: Cross-resistance patterns and possible mechanisms. *Pest Manag Sci*, 59: 1355-1359
- Zhao G, Liu WEI, Brown JM, Knowles CO (1995) Insecticide resistance in field and laboratory strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). *J Econ Entomol*, 88: 1164-1170

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Σκούρας ΠΙ., Μαργαριτόπουλος Ι, Ζάρπας ΚΔ,Τσιτσιπής Ι (2007) Μελέτη δημογραφικών παραμέτρων σε αρπακτικά είδη της οικογένειας Coccinellidae. Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου, 13-16 Νοεμβρίου 2007, Λάρνακα, Κύπρος
- Σκούρας ΠΙ (2009) Μελέτη της βιο-οικολογίας, της γενετικής πληθυσμών και της ανθεκτικότητας σε εντομοκτόνα της αφίδας *Myzus persicae* και των αρπακτικών της. Διδακτορική διατριβή. Νέα Ιωνία Μαγνησίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Τζανακάκης ΜΕ (1995) Εντομολογία. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 501 σελ.
- Τζανακάκης, Μ.Ε. & Κατσόγιαννος, Β.Ι. 2003. Έντομα Καρποφόρων Δένδρων και Αμπέλου. Αγρότυπος ,Αθήνα, Α.Ε σελ.360