



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Διερεύνηση της ανθεκτικότητας του αρπακτικού *Coccinella septempunctata* στην  
Καλαμάτα

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
Παπαδόπουλος Πέτρος  
Α.Μ:2005050

## ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**Π. Σκούρας:** Επιστημονικός Συνεργάτης - Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος  
Τεχνολόγων Γεωπόνων

**Γ. Σταθάς:** Καθηγητής Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας, Τμήμα Γεωπονίας  
Τεχνολόγων Γεωπόνων

**Κ. Δελής:** Καθηγητής Εφαρμογών, Τμήμα Γεωπονίας Τεχνολόγων Γεωπόνων

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου, αρχικά στον επιβλέποντα καθηγητή Παναγιώτη Σκούρα ο οποίος όχι μόνο δέχτηκε να δουλέψουμε μαζί επάνω στη μελέτη αλλά με καθοδήγησε ώστε να έρθει σε πέρας αυτή η για όλους, πόσο μάλλον για μένα, πρωτότυπη μελέτη.

Επίσης, είναι τιμή μου αλλά και όλων μας το γεγονός ότι είχαμε απρόσκοπτη, καθόλα υποστήριξη από τον καθηγητή, επικεφαλής υπεύθυνο εργαστηρίου και προϊστάμενο του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων, Καθηγητή Γεώργιο Σταθά, σε ότι είχε να κάνει με το επιστημονικό κομμάτι αλλά και τα έξοδα λειτουργίας του εργαστηρίου, την ανανέωση των αναλώσιμων, αλλά και την επισκευή ζημιών, όπως και τη συντήρηση του εργαστηριακού εξοπλισμού.

Χωρίς τη συμβολή καθενός από τους παραπάνω δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση της μελέτης.

## Περίληψη

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

Με την παρούσα εργασία θα προσπαθήσουμε να δούμε αν η εφαρμογή εντομοκτόνων επηρεάζει την θνησιμότητα των αρπακτικών. Αυτό θα μας δείξει κατά πόσο μπορούμε να χρησιμοποιούμε εντομοκτόνα παράλληλα με αρπακτικά έντομα για καταπολέμηση εχθρών στις καλλιέργειες. Μελέτες στην τοξικότητα των εντόμων, είναι απαραίτητες για να κατανοήσουμε το αποτέλεσμα των εντομοκτόνων. Τέτοια αποτελέσματα θα μας βοηθήσουν να ‘παντρέψουμε’ το βιολογικό έλεγχο των αφίδων με αρπακτικά είδη της οικογένειας Coccinellidae με την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των εχθρών.

Έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες μελέτες, για την επίδραση που έχουν τα εντομοκτόνα πάνω στα αρπακτικά έντομα και ιδιαίτερα της οικογένειας Coccinellidae. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η τοξικότητα τεσσάρων εντομοκτόνων, που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των αφίδων, του imidacloprid (Confidor 20SL, Bayer Crop Science Ελλάς ABEE), του deltamethrin (Decis 2,5EC, Bayer Crop Science Ελλάς ABEE), του bifenthrin (Talstar 10EC, FMC Ελλάς ΕΠΕ) και του chlorpyrifos (Pyrifos 48EC, Dow Agro Sciences, ΗΠΑ) σε προνύμφες 4<sup>ης</sup> ηλικίας σε δυο πληθυσμούς του *C. septempunctata*, σε συνθήκες εργαστηρίου. Οι πληθυσμοί του αρπακτικού συλλέχθηκαν από την Προσύμνη Αργολίδος και από την Καλαμάτα, ενώ η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της τοξικότητας των εντομοκτόνων ήταν η μέθοδος της τοπικής εφαρμογής.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα bifenthrin, deltamethrin και chlorpyrifos ήταν εξαιρετικά τοξικά για τις προνύμφες 4<sup>ης</sup> ηλικίας και για τους δυο πληθυσμούς. Το LD<sub>50</sub> για τους πληθυσμούς τόσο από την Αργολίδα όσο και από την Καλαμάτα βρέθηκε 45.8 ng/έντομο και 71.9 ng/έντομο αντίστοιχα για το chlorpyrifos, 3.7 ng/έντομο και 0.9 ng/έντομο αντίστοιχα για το deltamethrin και 7.5 ng/έντομο και 3.6 ng/έντομο για το bifenthrin αντίστοιχα. Το imidacloprid δεν ήταν τοξικό για το αρπακτικό, αφού το LD<sub>50</sub> για τους πληθυσμούς από την Αργολίδα και την Καλαμάτα ήταν πολύ υψηλότερο (18.6 μg/έντομο και 16.7 μg/έντομο αντίστοιχα) από την προτεινόμενη από την εταιρεία δόση (60 ng/έντομο).

Η υψηλή τοξικότητα των εντομοκτόνων bifenthrin, deltamethrin και chlorpyrifos σε 4<sup>ης</sup> ηλικίας προνύμφες του *C. septempunctata* που βρέθηκε στις συνθήκες του συγκεκριμένου πειράματος, δείχνει ίσως την ανάγκη περαιτέρω μελέτης ώστε να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Πρόλογος.....	8
Εισαγωγή.....	9
Α.ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> – ΑΦΙΔΕΣ	
1.1 Γενικά.....	11
1.2 Βιολογικός κύκλος των αφίδων.....	12
1.3 Η Αφίδα <i>Aphis fabae</i> Scopoli, (Hemiptera, Aphididae).....	13
1.4 Ζημιές.....	19
1.5 Καταπολέμηση.....	20
1.5.1 Δράση των εντομοκτόνων.....	22
1.5.2 Συνθετικά Οργανικά Φυτοπροστατευτικά Προϊόντα.....	25
Χλωριωμένοι Υδρογονάνθρακες.....	25
Οργανοφωσφωρικές Ενώσεις.....	26
Καρβαμιδικές Ενώσεις.....	26
Πυρεθροειδή ή Πυρεθρινοειδή.....	27
Συνθετικά πυρεθροειδή.....	28
Ρυθμιστές ανάπτυξης των εντόμων.....	29
Μιμητικές ορμονών.....	29
Ουσίες που εμποδίζουν την έκδυση.....	30
Νεονικοτινοειδή.....	31
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> - Φυσικοί εχθροί	
2.1 Τα αρπακτικά έντομα.....	32
2.2 Το αρπακτικό <i>Coccinella septempunctata</i> (Coleoptera: Coccinellidae).....	34
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ.....	35
2.3 Κανιβαλισμός των αρπακτικών Coccinellidae.....	39
2.4 Το είδος <i>Coccinella septempunctata</i> L. (Coleoptera: Coccinellidae).....	39

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

3.1 Ανθεκτικότητα των εντόμων στα εντομοκτόνα.....	41
3.2 Ανθεκτικότητα αφίδων σε εντομοκτόνα.....	43
Σκοπός της εργασίας.....	44
B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	45
A. Εισαγωγή.....	46
B. Υλικά και Μέθοδοι .....	47
Πειραματικό υλικό.....	47
Αποικία αφίδων .....	47
Αποικίες αρπακτικών.....	48
Γ. Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε .....	50
Δ. Πειραματική μεθοδολογία .....	50
Ανάλυση στοιχείων.....	51
Ε. Αποτελέσματα.....	51
Συζήτηση .....	53
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55-60

## Πρόλογος

Η παρούσα εργασία θα ασχοληθεί με την μελέτη της επίδρασης, που μπορεί να έχουν τα εντομοκτόνα πάνω στους φυσικούς εχθρούς και ιδιαίτερα στο αρπακτικό έντομο *Coccinella septempunctata* L (Coleoptera: Coccinellidae).

Η πτυχιακή διατριβή αποτελείται από δυο μέρη. Στο γενικό μέρος περιγράφεται ο βιολογικός κύκλος των αφίδων και του αρπακτικού εντόμου *C. septempunctata*. Επίσης, δίνονται πληροφορίες για τη μορφολογία, τις διατροφικές συνήθειες. Επίσης δίνονται πληροφορίες για την χρήση της Ολοκληρωμένης καταπολέμησης (σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία).

Το ειδικό μέρος περιλαμβάνει την ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, την περιγραφή των πειραματικών εργασιών, που έγιναν στα πλαίσια της διατριβής στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Α.Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, τα αποτελέσματα και τη συζήτηση αυτών.



## Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι τα φυτά ζημιώνονται σημαντικά από εντομολογικούς εχθρούς. Αυτό δημιούργησε την ανάγκη να μελετηθούν προκειμένου να αντιμετωπισθούν αποτελεσματικά. Με τη ραγδαία πρόοδο της επιστήμης, τόσο τα μέτρα καταπολέμησης όσο και οι στρατηγικές εφαρμογής τους μπορεί να αλλάζουν την πρόοδο του χρόνου και μάλιστα με σχετικά ταχύ ρυθμό.

Στα πλαίσια της προστασίας της φυτικής παραγωγής ο άνθρωπος λαμβάνει μέτρα εναντίον των επιζήμιων εχθρών και ειδικά εναντίον των εντόμων. Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν οι φυσικοί εχθροί δεν αρκούν για να περιορίσουν τον πληθυσμό των επιβλαβών εντόμων στα επιθυμητά όρια. Οι κύριοι μέθοδοι καταπολέμησης είναι η σχηματική καταπολέμηση, κατευθυνόμενη καταπολέμηση, ολοκληρωμένη, χημική μέθοδος και βιολογική μέθοδος καταπολέμησης.

Η χημική μέθοδος καταπολέμησης των εντόμων είναι ευρύτατα διαδεδομένη. Όμως, παρότι σε πολλές περιπτώσεις έχει βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό στον περιορισμό των επιζήμιων εντόμων, δε θεωρείται κατάλληλη για την αντιμετώπιση όλων των εχθρών, καθώς η εφαρμογή χημικών μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση προβλημάτων στο περιβάλλον (ανθεκτικότητα, ύπαρξη υπολειμμάτων, καταστροφή ωφελίμων, επανεμφάνιση των καταπολεμούμενων εντόμων, προβλήματα από δευτερεύοντες αρχικά εχθρούς, τοξικότητα σε ανθρώπους-ζώα), αλλά και στους παραγωγούς λόγω αύξησης του κόστους παραγωγής. Οι σύγχρονες τάσεις στη φυτοπροστασία υποστηρίζουν τον περιορισμό της χρήσης χημικών και την ενίσχυση εναλλακτικών μεθόδων, όπως είναι η χρήση εντομοκτόνων φυτικής προέλευσης με περιορισμένη επίδραση σε έντομα μη – στόχους.

Στη παρούσα εργασία, θα προσπαθήσουμε να μελετήσουμε την επίδραση που μπορεί να έχουν διάφορα εντομοκτόνα, πάνω σε αρπακτικά έντομα όπως *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Η επίδραση των εντομοκτόνων θα μας δείξει την ανθεκτικότητα, που μπορεί να έχουν τα αρπακτικά έντομα καθώς και την συμβιωτική σχέση που μπορεί να έχουν μεταξύ τους για την Ολοκληρωμένη Καταπολέμηση.

# **A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> - Αφίδες

### 1.1 Γενικά

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. Έχουν μέγεθος ποικίλλον, από μισό χιλιοστό μέχρι το πολύ επτά χιλιοστά, σε μερικές περιπτώσεις φθάνει τα δέκα χιλιοστά. Το σώμα τους είναι μαλακό, ευαίσθητο, ελάχιστα χιτινισμένο και λείο ή τριχωτό. Η κεφαλή είναι ευδιάκριτη, και φέρει μακριές κεραίες με 3-6 μακριά και λεπτά άρθρα, εκτός των βασικών που είναι βραχύτερα και παχύτερα. Επί των κεραιών υπάρχουν τα λεγόμενα αισθητήρια όργανα, αποτελούμενα από λακκίσκο περιβαλλόμενου από προεξέχοντος δακτυλίου. Οι οφθαλμοί είναι σύνθετοι και στα πτερωτά είδη συναντάμε και 3 απλούς οφθαλμούς. Ο θώρακας μόλις που διακρίνεται στις άπτερες μορφές ενώ είναι ευδιάκριτος στις πτερωτές. Φέρει λεπτά και μακριά πόδια με ταρσούς με 2 άρθρα. Τα φτερά, όταν υπάρχουν, είναι 4, μεμβρανώδη, με λίγες νευρώσεις. Τα μπροστινά είναι περισσότερο αναπτυγμένα από τα πίσω. Η κοιλία είναι μερικώς αναπτυγμένη και αποτελείται από 9 εμφανών δακτύλων. Ο τελευταίος από αυτούς σχηματίζει αιχμή που ονομάζεται ουριαία απόφυση και βρίσκεται στα νώτα του 7<sup>ου</sup> κοιλιακού δακτυλίου. Οι περισσότερες αφίδες έχουν στα νώτα του 5<sup>ου</sup> 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).

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 αφίδες είναι άφθονες, κυρίως το Μάιο και τον Ιούνιο, όπου πολλές ανοιξιάτικες καλλιέργειες είναι σε ευαίσθητο στάδιο ανάπτυξης και το φθινόπωρο, γενικά σε μετρίως θερμό και υγρό καιρό. Την άνοιξη τα παρθενογενετικά θηλυκά αναπαράγονται ταχύτατα γιατί οι συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες και τα άφθονα τρυφερά φύλλα και βλαστοί ευνοούν την ανάπτυξη τους. Σε κλίμακα όπως της Ελλάδας, οι θερμοί και ξηροί μήνες του καλοκαιριού δεν ευνοούν τη συνεχή αναπαραγωγή τους και οι πληθυσμοί των αφίδων τότε περιορίζονται σημαντικά. Στην Ελλάδα το μέγιστο του αριθμού των αφίδων όπως και των πληθυσμών τους παρατηρείται κατά το μήνα Μάιο (Tsitsipis et al. 1998).

Οι αφίδες έχουν πολλούς φυσικούς εχθρούς από διάφορες τάξεις εντόμων που μπορούν να μειώσουν το ρυθμό αύξησής τους. Ανάμεσα στους αποτελεσματικούς φυσικούς εχθρούς των αφίδων συγκαταλέγονται τα αρπακτικά Neuroptera των οικογενειών Chrysopidae και Hemerobiidae (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 1998), αρπακτικά Coleoptera της οικογένειας Coccinellidae, όπως *Coccinella septempunctata* L. και *Hippodamia convergens* (Katsarou et al. 2005, Ζάρπας 2006), *Hippodamia undecimnotata* (Schneider) (Σκούρας και συνεργάτες 2007), αρπακτικά Diptera της οικογένειας Syrphidae και παρασιτοειδή Hymenoptera των οικογενειών Braconidae, Chalcididae και Proctotrypidae (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος 1998). Επιπλέον, υπάρχουν είδη που ανήκουν στα αραχνοειδή και σε taxa μυκήτων, όπως είδη των γενών *Empusa*, *Entomophthora* και *Verticillium*.

## 1.2 Βιολογικός κύκλος των αφίδων

Ο κύκλος ανάπτυξης των αφίδων είναι συχνά αρκετά πολύπλοκος, περιλαμβάνει διάφορες μορφές (πολυμορφισμός), με διάφορες συνήθειες. Υπό ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος, ο πολλαπλασιασμός είναι ταχύς. Οι αφίδες έχουν υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό και κυρίως μικρή περίοδο ανάπτυξης δημιουργώντας έτσι μεγάλους πληθυσμούς. Ανήκουν στα πολυφάγα έντομα και συχνά βρίσκονται πολλά είδη σε έναν ξενιστή. Στα είδη με δύο ξενιστές

παρατηρείται στον πρωτεύοντα ξενιστή ο λεγόμενος πλήρης αναπαραγωγικός κύκλος και στον δευτερεύοντα ξενιστή ο λεγόμενος ετήσιος μεταναστευτικός κύκλος.

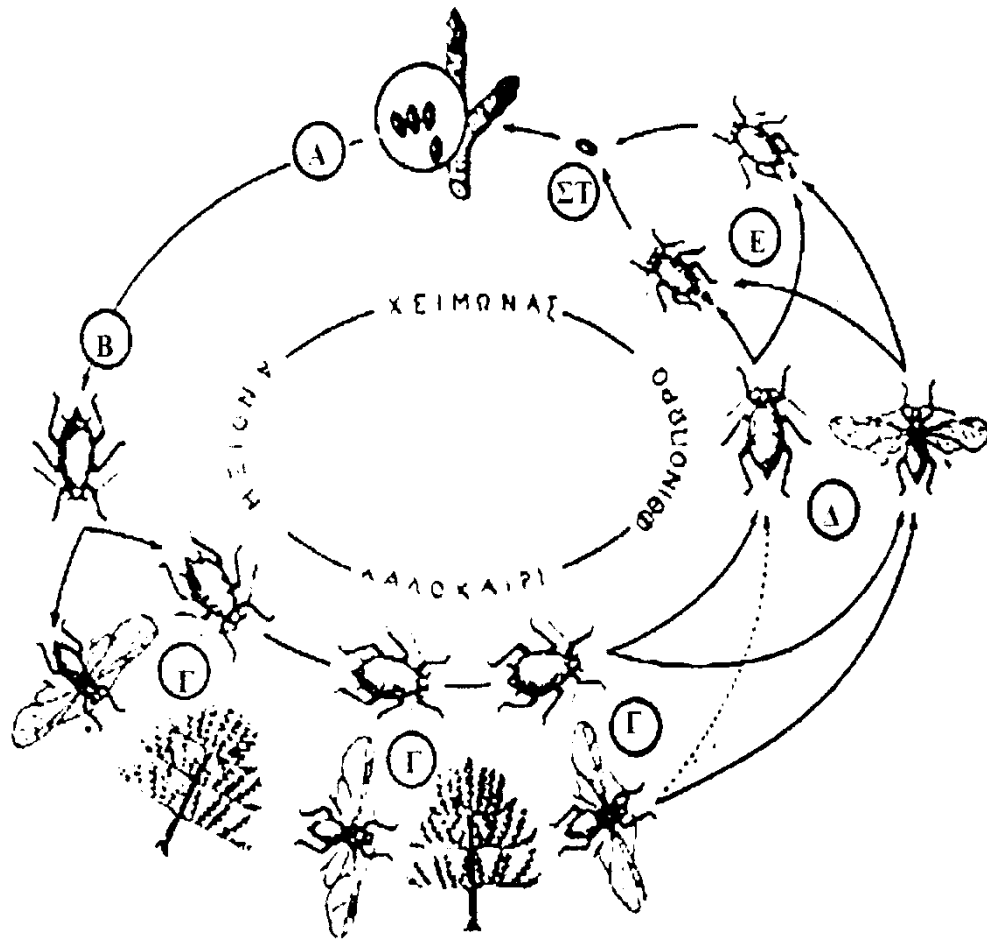
Από τις αφίδες, που έχουν μελετηθεί ο βιολογικός κύκλος τους, μόνο το 10% έχει βρεθεί ότι ανήκει στο ετερόοικο (μεταναστευτικό) βιολογικό κύκλο. Το φθινόπωρο πραγματοποιείται η σύζευξη των μεταναστευτικών ειδών αφίδων, όπου εναποθέτουν τα χειμερινά ωά τους. Πρόκειται για ανθεκτικά αυγά που εκκολάπτονται νωρίς την Άνοιξη. Το ανώριμο θηλυκό που ξεπροβάλλει από το αυγό εκδύει 4 φορές για να εξελιχθεί σε ενήλικο παρθενογενετικό, ωτόκοο ή ζωτόκοο άπτερο θηλυκό. Καλείται θεμελιωτικό ή ιδρυτικό (*fundatrix*) άτομο. Η γενεά αυτή ιδρύει την πρώτη αποικία των αφίδων, που αναπτύσσεται στον κύριο ξενιστή και αποτελεί την αρχή μιας σειράς γενεών παραγόμενων παρθενογενετικά. Ακολουθούν παρθενογενετικές γενιές με άπτερα (*apterous fundatrigeniae*) που παρουσιάζουν μεταβολή στη μορφολογία τους (Lees 1966). Παράγονται κυρίως ως το φθινόπωρο και ζουν στον κύριο ξενιστή, σε περισσότερες από μία γενεές. Δύναται να δώσουν γένεση σε πολλές γενεές παρθενογόνων θηλέων κατά το μεγαλύτερο ποσοστό άπτερων. Κυρίως της 2<sup>ης</sup> ή 3<sup>ης</sup> γενεάς είναι πτερωτά και καλούνται μεταναστευτικά (*migrantes* ή *alate fundatrigeniae*). Μεταναστεύουν πετώντας σε δευτερεύοντες ξενιστές, δίνοντας έτσι αποικίες με γενεές παρθενογενετικά. Οι απόγονοι ευρισκόμενοι σε ευνοϊκές καιρικές συνθήκες (Μάιος-Ιούνιος) αναπτύσσουν πλήρη δραστηριότητα παρουσιάζουν ταχύτατη ανάπτυξη και πολλαπλασιάζονται πάρα πολύ γρήγορα. Το φθινόπωρο, όπου η διάρκεια της ημέρας μειώνεται σε ορισμένα είδη οικογενειών όπως π.χ. στο είδος *Aphis fabae* Scopoli (Aphididae), παράγονται στο δεύτερο ξενιστή θηλυτόκα πτερωτά και αρσενικά που θα μεταναστεύσουν στον κύριο ξενιστή. Εκεί τα θηλυτόκα θα γεννήσουν τα ωτόκα θηλυκά που εναποθέτουν τα χειμερινά ωά, μετά από σύζευξη με τα αρσενικά (Σκούρας, 2009)

Είναι συνήθης περίπτωση κάποια είδη να παρουσιάζουν τον πλήρη κύκλο με φυλογόνα και αμφιγονικά άτομα, ενώ σε άλλα οι μορφές αυτές ελλείπουν και η ανάπτυξη διαιωνίζεται μόνο δια των παρθενογόνων. Τα φυλογόνα γεννούν στον πρωτεύοντα ξενιστή άπτερα αρσενικά και ωτόκα θηλυκά. Υπάρχει αμφιγονική γενεά, οι αφίδες διαχειμάζουν στο στάδιο του αυγού. Όταν υπάρχουν μόνο

παρθενογόνα θήλεα, αυτά δύνανται να εξακολουθούν να ζουν κατά την διάρκεια του χειμώνα επί των φυτών που διατηρούν το φύλλωμά τους, αντέχοντας ακόμη και σε θερμοκρασίες  $-10^{\circ}\text{C}$ , επαναλαμβάνοντας την δράση τους όταν ανέβει η θερμοκρασία. Η διαχείμαση υπό μορφή παρθενογόνων θηλέων στις ριζόβιες μορφές.

Τα θεμελιωτικά άτομα στα μονόοικα (μη μεταναστευτικά) είδη μοιάζουν με τις άλλες μορφές, σε αντίθεση με τα ετερόοικα. Τα μεταναστευτικά άτομα των μονόοικων ειδών, μπορούν να παράγονται για περισσότερο χρόνο από ότι τα ετερόοικα. Αυτό συμβαίνει διότι ο ξενιστής του μονόοικου είδους είναι ευνοϊκός για αποίκιση μεγαλύτερης χρονικής περιόδου, σε σχέση με το ετερόοικο είδος (Williams & Dixon 2008).

Τα μονόοικα είδη, τα οποία συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο σε ένα ξενιστή, παρουσιάζουν μεγάλη συγγένεια με τα ετερόοικα είδη, που χρησιμοποιούν το ίδιο φυτό ως δευτερεύοντα ξενιστή. Αυτό αποτελεί μια ένδειξη ότι η μονοοικία είναι ένα συχνό και συνεχές φαινόμενο (Blackman & Eastop, 2000). Ο ετήσιος κύκλος των μονόοικων ή μη μεταναστευτικών αφίδων, ολοκληρώνεται σε έναν ξενιστή, στο ίδιο φυτό ή φυτά ίδιου είδους. Τα φυλογόνα (άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά) θα γεννήσουν, το φθινόπωρο, ωτόκα και αρσενικά. Τα αρσενικά συνήθως είναι άπτερα, διότι δεν χρειάζεται να μεταναστεύσουν για να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο.



Εικόνα 1. Βιολογικός κύκλος αφίδας: Α : Επώαση Χειμέριου αυγού, Β : Θεμελιωτικό άτομο, Γ : Παρθενογενετικές γενεές, Δ : Φυλογόνα άτομα, Ε : Αμφιγονικά άτομα, ΣΤ : Χειμέριο Αυγό.

### 1.3 Η αφίδα *Aphis fabae* Scopoli, (Hemiptera: Aphididae)

Η αφίδα *Aphis fabae* Scopoli, είναι η επιστημονική ονομασία της μαύρης αφίδας των κουκιών (*Vicia faba*). Ανήκει στην οικογένεια Aphididae της τάξης των Ημίπτερων (Hemiptera).

Είναι έντομα μικρού μεγέθους, δυσδιάκριτο με μαλακό αχλαδόμορφο ευαίσθητο σώμα. Το μέγεθος τους είναι μήκους 1,8-2,5 χιλιοστά και το χρώμα τους είναι μαύρο ματ έως υποπράσινο. Έχουν πόδια κοντά, με πρόσθιους μηρούς ανοικτού καστανού χρώματος και μέσους και οπίσθιους βαθιά καστανούς. Οι κνήμες είναι χρώματος υποκίτρινου με άκρο υπόφαιο και 1-2 άρθρα σε κάθε ταρσό. Οι ταρσοί είναι μαύροι. Τα κεράτια είναι κυλινδρικά, μαύρα ελαφρώς στενούμενα στο άκρο. Το σωματικό τους περίβλημα είναι ασθενώς δικτυωτό. Το ουσιώδες χαρακτηριστικό του είδους αυτού που μας επιτρέπει να το διακρίνουμε από τις υπόλοιπες μαύρες αφίδες είναι ότι η πίσω κνήμη του έμφυλου θηλυκού ατόμου είναι ισχυρότατα εξοιδημένη (Bonnemaison L, 1965). Τα στοματικά τους μόρια είναι νύσσο-μυζητικού τύπου και αποτελούνται από τέσσερις λεπτές σμήριγγες που περιβάλλονται από σωληνωτό ρύγχος. Το ρύγχος εκφύεται από τα ισχία των πρόσθιων ποδιών. Οι σμήριγγες είναι πριονωτές ώστε το έντομο να τρυπάει τους φυτικούς ιστούς (Bonnemaison L., 1965) (Εικόνα 2).



**Εικόνα 2:** Ενήλικο άπτερο άτομο αφίδας *A. fabae*



Τα πρώτα ακμαία εμφανίζονται μετά από τα μέσα Μαρτίου, και γεννούν άπτερα των οποίων οι απόγονοι περιλαμβάνουν κυρίως πτερωτές μορφές οι οποίες μεταναστεύουν σε πολυάριθμους δευτερεύοντες ξενιστές φυτών (Blackman and Eastop, 2000). Οι πτερωτές παρθενότοκες εμφανίζονται στο τέλος Απριλίου ή στις αρχές Μαΐου και αποθέτουν άπτερες νύμφες στην κάτω επιφάνεια των φύλλων ή στο άκρο των στελεχών. Οι πλέον ευνοϊκές συνθήκες για την μετανάστευση των πτερωτών είναι οι θερμοκρασίες μεταξύ των 23 και 30° C και σχετική υγρασία του αέρα 40-80% (Johnson, 1952). Τα νύγματα των αφίδων προκαλούν την περιτύλιξη και την συρρίκνωση του φυλλώματος φυτών που προσβάλλουν (τεύτλα, κουκιά, φασόλια κ.α). Οι αφίδες σχηματίζουν συμπαγείς αποικίες οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν πολλές χιλιάδες άτομα. Μέσα σε αυτές εμφανίζονται πτερωτές μορφές οι οποίες διασπείρονται σε δευτερεύοντες ξενιστές. Οι αποικίες αυξάνονται ταχέως μέχρι τα μέσα Ιουνίου (Εικόνα 3). Οι προσβολές μειώνονται λόγω της δράσης αρπακτικών και παρασιτοειδών και εξαφανίζονται εντελώς μέχρι τα μέσα Ιουλίου.

Η *Aphis fabae* είναι ένα πολυφάγο έντομο. Οι ξενιστές της ξεπερνάνε τους 200. Συνήθως προσβάλλει ετήσια ψυχανθή και τεύτλα (Τζανακάκης, 1973). Οι φτερωτές μεταναστεύουν σε πολλά καλλιεργούμενα είδη και όπως κουκιά, φασόλια, μηδική, τεύτλα, ρεπάνια, πατάτα, ντομάτα, καπνός, χρυσάνθεμα, χηνοπόδια (Μπούρμπο, 1990). Από άλλες βιβλιογραφικές πηγές η *Aphis fabae* προσβάλλει επίσης τα καρότα, είδη φασολιών την αγκινάρα, τη γλυκίριζα και ορισμένα καλλιεργούμενα λουλούδια. Επίσης τα είδη *Euonymus europe*, *Viburnum opulus* και *Philadelphus sp* (ΠΗΓΗ INRA). Πολλά πειράματα έγιναν στα παντζάρια στα κίτρινα τεύτλα, στα ζαχαρότευτλα (Limburg, 1997) στις παπαρούνες, (Emden, 2007). Είναι δίοικο άτομο, το οποίο κατά την διάρκεια του βιολογικού του κύκλου μεταφέρεται και περνάει ένα μέρος της ζωής του σε άλλο από τον κύριο ξενιστή. Η διατροφή του στηρίζεται στην απομύζηση χυμών από τα φυτικά τμήματα μέσω του ρύγχους του. Τα νύγματα των μαύρων αφίδων προκαλούν την περιτύλιξη και την συρρίκνωση του φυλλώματος του τεύτλου.

Επί των κουκιών και των φασολιών, οι αφίδες σχηματίζουν συμπαγείς θήκες που μπορεί να περιλαμβάνουν χιλιάδες άτομα και εντός των αποικιών αυτών εμφανίζονται και πτερωτές μορφές .Η αύξηση των φυτών παρεμποδίζεται ισχυρώς και οι ζημιές γίνονται μεγαλύτερες από τα εγκαύματα που δημιουργούνται στο φύλλωμα από την παραγωγή μελιτώματος.



www.shutterstock.com · 58218676

**Εικόνα 3:** Αποικία *A. fabae*

## 1.4 Ζημιές

Οι αφίδες πραγματοποιούν ζημιές κυρίως σε νεαρά φυτά και κυρίως σε τρυφερούς βλαστούς και φύλλα. Αφαιρούν μεγάλη ποσότητα χυμού από το φυτό και μερικά είδη αφίδων, λόγω του νύγματος που διαθέτουν, προκαλούν συστροφή των φύλλων. Αυτή η συστροφή προστατεύει τις αφίδες από το ψεκαστικό υγρό και δυσκολεύει την καταπολέμηση τους (όταν δεν πραγματοποιείτε έγκαιρα). Επιδρά με αρκετά δραματικό τρόπο στην ανάπτυξη του φυτού και στην ωρίμανση του, αναχαιτίζοντας σημαντικά το βαθμό ανάπτυξης και την κανονική λειτουργία των προσβαλλόμενων οργάνων. Μειώνεται το μέγεθος των φύλλων και των βλαστικών τμημάτων και των ριζών του φυτού.

Στα νεαρά φύλλα και τους μίσχους παρατηρείται η εμφάνιση εξογκωμάτων, κηκκίδων, που ονομάζονται κύστες. Αυτές προέρχονται από την αύξηση του ινδολικού οξικού οξέος (IAA) στο φυτό σαν αποτέλεσμα της προσθήκης του στους σιελογόνους αδένες του εντόμου. Σε μερικές από αυτές εσωκλείεται ένας αριθμός αφίδων που συνεχίζουν την διατροφή τους και αναπαραγωγή τους μέχρι την διάρρηξη της κύστης (*Viteus vitifoliae* : Homoptera, Phylloxeridae), ( Τζανακάκης & Κατσόγιαννος, 2003).

Ορισμένα είδη αφίδων αφήνουν μελιτώδη αποχωρήματα, τα οποία ρυπαίνουν το φυτό και τους καρπούς και ευνοούν το μύκητα της καπνιάς και τα μυρμηγκιά, τα οποία τις προστατεύουν και διώχνουν τα αφιδοφάγα έντομα. 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. Η *Aphis fabae* είναι φορέας παραπάνω από 30 ιώσεων (Μπούρμπο, 1990).

Ο συνήθως μεγάλος αριθμός γενεών κατά έτος σε συνδυασμό με την μετάδοση ιών στα φυτά, κατατάσσει τις αφίδες ανάμεσα στους πιο βλαβερούς εχθρούς των καλλιεργούμενων φυτών. 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, 1998).

## 1.5 Καταπολέμηση

Η χημική καταπολέμηση εντόμων, με χρήση χημικών εντομοκτόνων αποτελούσε την πιο αποτελεσματική, γρήγορη και διαδεδομένη μέθοδο καταπολέμησης. Όμως πλέον ο άνθρωπος γνωρίζοντας τα μειονεκτήματα των χημικών σκευασμάτων, χρησιμοποιεί πιο φιλικά προς αυτόν, αλλά και προς το περιβάλλον, μέτρα αντιμετώπισης. Έτσι, η χρήση χημικών εντομοκτόνων γίνεται συμπληρωματικά με άλλες μεθόδους, όπως βιολογική καταπολέμηση. Έτσι, έχουμε την ολοκληρωμένη μέθοδο καταπολέμησης, η οποία όμως για να μπορεί να είναι αποτελεσματική θα πρέπει να μην εξαφανίζει τα ωφέλιμα αφιδοφάγα έντομα και άλλα αρθρόποδα, που συμπληρώνουν το έργο των εντομοκτόνων, ώστε η καταπολέμηση να είναι οικονομική, να έχει διάρκεια και να μην συντελεί στην δημιουργία ανθεκτικών πληθυσμών αφίδων στα εντομοκτόνα. Χημική αντιμετώπιση συστήνεται μόνο όταν η αξιοποίηση των βιολογικών μεθόδων καταπολέμησης δεν είναι επαρκής για τον περιορισμό της επέκτασης των παρασίτων και η ζημιά μπορεί να φτάσει στο επίπεδο της αξιοσημείωτης οικονομικής ζημίας. Συστήνεται μόνο όταν έχουμε μεγάλους πληθυσμούς αφίδων σε ένα μικρό μέρος της καλλιέργειας έτσι ώστε να προλάβουμε τυχόν επέκτασή τους.

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 ωφέλιμων εντόμων, η

χρήση βιολογικών εντομοκτόνων και η εφαρμογή ορισμένων καλλιεργητικών μεθόδων αποτελούν την βιολογική καταπολέμηση.

Τα παρασιτοειδή έντομα, τα οποία διέρχονται μέρος του βιολογικού τους κύκλου μέσα στο σώμα άλλων εντόμων ή προσηλωμένα σταθερά πάνω στο σώμα τους και τρέφονται εις βάρος τους.

Τα ωφέλιμα παρασιτοειδή έντομα που έχουν γεωργικό ενδιαφέρον από άποψη φυτοπροστασίας ανήκουν στις τάξεις των Υμενόπτερων και Δίπτερων. Από την τάξη των Υμενόπτερων τα πιο σημαντικά είδη ανήκουν στις οικογένειες Chalcidida (Aphelinidae), Braconidae, Eulophidae, Ichneumonidae, Encyrtidae. Από την τάξη των Δίπτερων ενδιαφέροντα είδη περιλαμβάνουν οι οικογένειες Bombyllidae, Tachinidae (Larvevoridae).

Τα αρπακτικά έντομα είναι εντομοφάγα. Ζουν, δηλαδή, τρώγοντας άλλα έντομα, όπως η οικογένεια Coccinellidae, Syrphidae, Cecidomyidae, Chrysopidae. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι αφίδες διαθέτουν μηχανισμούς άμυνας κατά την εισβολή των αρπακτικών ή παρασίτων εντόμων σε μία αποικία. Κύριο όργανό τους το σιφώνιο ή κεράτιο το οποίο εκκρίνει μία ουσία όταν ο εχθρός πλησιάζει προς το μέρος τους. Αυτό αποσκοπεί, στο να προειδοποιήσουν τα γειτονικά άτομα της αποικίας τους ότι πλησιάζει ο εχθρός ώστε να προλάβουν να διαφύγουν. Η έκκριση ουσίας είναι αποτελεσματική μόνο σε αρπακτικά που έχουν μέγεθος ίσο ή μικρότερο από της αφίδας. Τέλος, μεγάλη βοήθεια λαμβάνουν από την συμβίωση τους με μυρμήγκια αφού αυτά τις προστατεύουν από τα αρπακτικά.

Πριν από τη χρήση οποιασδήποτε μεθόδου αντιμετώπισης πρέπει να λαμβάνονται και ορισμένα καλλιεργητικά μέτρα για την πρόληψη εμφάνισης υψηλών πληθυσμών αφίδων. Τα μέτρα αυτά είναι:

- Ζιζανιοκτονία
- Εδαφοκάλυψη
- Τακτικός έλεγχος της καλλιέργειας, των γειτονικών καλλιεργειών και των ζιζανίων.
- Αντιμετώπιση του εντόμου στις πρώτες εστίες τους καταρχήν μηχανικά ( κλάδεμα, εκρίζωση).
- Κάλυψη της καλλιέργειας με δίκτυ σκίασης.

- Ρύθμιση χρόνου φύτευσης της καλλιέργειας για να μην έχουμε μικρά φυτά σε περιόδους πτήσης πτερωτών αφίδων.
- Καταστροφή φυτών εθελοντών (φυτά από προηγούμενη καλλιέργεια ).
- Καταστροφή υπολειμμάτων της καλλιέργειας μετά την συγκομιδή.
- Φύτευση υγιών φυταρίων.
- Ορθολογιστική λίπανση. (Χρήστος Γ. Αθανασίου, 1999).

### 1.5.1 Δράση των εντομοκτόνων

Για να εκδηλωθεί η δράση των εντομοκτόνων σε εχθρούς των φυτών, μέλη του ζωικού ή του φυτικού βασιλείου, είναι απαραίτητο να εισέλθουν τα φυτοφάρμακα στο σώμα τους. Για τους ζωικούς οργανισμούς (έντομα, ακάρεα κ.α.) διακρίνονται τρεις διαφορετικές οδοί εισόδου, από το πεπτικό σύστημα (φάρμακα στομάχου), με λήψη από το στόμα, από το αναπνευστικό σύστημα (φάρμακα αναπνοής) και φάρμακα επαφής.

Φάρμακα στομάχου είναι κυρίως, ενώσεις αρσενικού, φθορίου και χαλκού, καθώς και αλκαλοειδή φυτικής προέλευσης, με τα περισσότερα να μην χρησιμοποιούνται πλέον. Τα φάρμακα αναπνοής χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή τάση ατμών και είναι συχνά γνωστά σαν καπνογόνα. Τα φάρμακα επαφής μπορούν να εισέλθουν στο σώμα του οργανισμού, είτε από την απ' ευθείας εφαρμογή του φαρμάκου πάνω στον οργανισμό, είτε κατά τη μετακίνηση του οργανισμού πάνω σε επιφάνειες, όπου έχει εφαρμοστεί το φυτοφάρμακο (π.χ. οργανοφωσφορικά, χλωριωμένα).

Πάντως ο παραπάνω διαχωρισμός των φυτοφαρμάκων είναι τελείως συμβατικός και ατελής εφόσον πολλά φάρμακα εισέρχονται στο σώμα εντόμων από περισσότερες από μία οδούς, π.χ. τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα που δρουν κυρίως με επαφή αλλά και από το στομάχι, ενώ μερικά με την αναπνοή.

Η ευαισθησία των εντόμων και ακάρεων στα φυτοφάρμακα είναι κατά κανόνα μεγαλύτερη από ότι των ανώτερων ζώων. Αυτό οφείλεται κατά ένα μεγάλο μέρος στη μεγαλύτερη ποσοτικά είσοδο φυτοφαρμάκων στο σώμα των αρθρόποδων

αυτών συγκριτικά με το ζων βάρος των. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως: α)στη μεγάλη αναλογία επιφάνεια/μάζα των αρθρόποδων, β)στην εντατικότερη διατροφή τους και γ) στην εντονότερη αναπνοή εξαιτίας του εντονότερου μεταβολισμού τους.

Τα κύρια εμπόδια για την είσοδο φυτοφαρμάκων στο σώμα των εντόμων και ακάρεων είναι, οι κηρώδεις ουσίες που εκκρίνουν μερικά έντομα όπως οι αφίδες και τα κοκκοειδή, οι άκανθες, λέπια και τρίχες. Αυτά παρεμποδίζουν περισσότερο την είσοδο φυτοφαρμάκων που είναι σε μορφή σκόνης. Φρακτικά όργανα των στιγμάτων των τραχειών, στην περίπτωση των καπνογόνων.

Η τοξικότητα ενός φυτοφαρμάκου στο παράσιτο που στοχεύει εξαρτάται βέβαια σε κάθε περίπτωση από πολλούς παράγοντες, που σχετίζονται με το ίδιο το παράσιτο και συνθέτουν την ευαισθησία του στο συγκεκριμένο φυτοφάρμακο. Οι ενεργοί τοξικοί παράγοντες των φυτοφαρμάκων είναι δυνατό να υποστούν μεταβολές στο μόριό τους, κάτω από την επίδραση φυσικών, χημικών, ενζυματικών και άλλων παραγόντων. Οι μεταβολές αυτές παρουσιάζουν ενδιαφέρον επειδή πολύ συχνά επιδρούν στην τοξικότητα του φυτοφαρμάκου. Οι οξειδώσεις συνήθως οδηγούν στην παραγωγή υψηλότερης τοξικότητας, π.χ. parathion, malathion, dimethoate, thimet, χλωριωμένα εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα. Εκτός από την αύξηση της τοξικότητας οι οξειδώσεις προκαλούν και αύξηση της υπολειμματικής δράσης επειδή τα παράγωγα της οξειδωσης είναι πιο σταθερά μόρια από το αρχικό. Οι υδρολύσεις, προκαλούν εξασθένηση της τοξικότητας του αρχικού μορίου, π.χ. το DDT στα ζώα, καρβαμιδικά εντομοκτόνα όπως το carbaryl σε φυτά και ζώα, οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα όπως τα parathion και malathion. Η ανθεκτικότητα ορισμένων παρασίτων σε φυτοφάρμακα οφείλεται στην ικανότητα τους να διασπούν το μόριο του φαρμάκου με υδρόλυση σε λιγότερο τοξικούς ή μη τοξικούς μεταβολίτες.

Όλα τα φυτοφάρμακα διαθέτουν ένα χρόνο δράσης, όπου χρειάζονται για να γίνουν αποτελεσματικά και η δράση τους μπορεί να είναι συγκεκριμένη, απέναντι σε μεγάλο αριθμό παρασίτων ή σε λίγα συγγενικά είδη μόνο. Έτσι, έχουμε τα πολυδύναμα (μεγάλο αριθμό δράσης) και τα εκλεκτικά.

Πολυδύναμα γεωργικά φάρμακα είναι τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα και τα πιο πρόσφατα πυρεθροειδή. Σε πολλές περιπτώσεις το ευρύ φάσμα δράσης

είναι επιθυμητό, σε άλλες όμως προκαλεί προβλήματα στην εφαρμογή προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

Τα εκλεκτικά φυτοφάρμακα προτιμώνται για την ολοκληρωμένη καταπολέμηση επειδή, στοχεύοντας σε μικρό αριθμό ειδών παρασίτων, επιτρέπουν την αντιμετώπιση των υπολοίπων με βιολογικά μέσα. Ο όρος «εκλεκτικό φυτοφάρμακο» χρησιμοποιείται πρόσφατα για περιπτώσεις ουσιών που καταπολεμούν εχθρούς, αλλά αφήνουν ανέπαφα τα αρπακτικά, τα παράσιτα ή τις μέλισσες, π.χ. το αφιδοκτόνο pirimicarb. Η εκλεκτικότητα δεν πρέπει να θεωρηθεί σαν κάτι το απόλυτο. Εξαρτάται από τη δόση εφαρμογής και τη χρονική στιγμή μετά την εφαρμογή κατά την οποία ο κάθε οργανισμός έρχεται σε επαφή με το υπόλειμμα του φαρμάκου.

Μετά από κάθε εφαρμογή φυτοφαρμάκου περνάει ένα διάστημα χρόνου μέχρι να παρατηρηθεί η παρασιτοκτόνος ενέργεια. Έτσι, σαν άμεση παρασιτοκτόνος ενέργεια εννοείται, η ιδιότητα ενός φυτοφαρμάκου να επιφέρει τοξικό αποτέλεσμα μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα από την εφαρμογή του. Για παράδειγμα στα πυρεθροειδή εντομοκτόνα παρατηρείται ταχύτατο αποτέλεσμα (knock down) σε διάστημα μερικών λεπτών της ώρας, ενώ στους ρυθμιστές αύξησης εντόμων απαιτούνται μερικές ημέρες για να γίνει αισθητή η μείωση του πληθυσμού των παρασίτων. Η άμεση ενέργεια των φυτοφαρμάκων εξαρτάται κυρίως από το μηχανισμό δράσης τους.

Υπολειμματική ενέργεια είναι το χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή, κατά το οποίο συνεχίζεται η τοξική ενέργεια ενός φυτοφαρμάκου πάνω σε ένα παράσιτο. Παράγοντες που καθορίζουν την διάρκεια της υπολειμματικής ενέργειας ενός φυτοφαρμάκου είναι α) η ταχύτητα διάσπασης του κάτω από τις συνθήκες εφαρμογής. β) η εφαρμοζόμενη δόση. Υψηλές δόσεις έχουν μακρά υπολειμματική δράση. γ) η ευαισθησία του οργανισμού που δέχεται την τοξική επίδραση του φυτοφαρμάκου. Η μακρά υπολειμματική ενέργεια των φυτοφαρμάκων ενώ είναι επιθυμητή ως προς το παρασιτοκτόνο αποτέλεσμα, είναι επιβλαβής όσον αφορά τη ρύπανση του περιβάλλοντος.



## 1.5.2 Συνθετικά οργανικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα

### Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες

Το DDT ήταν το πρώτο της κατηγορίας αυτής που χρησιμοποιήθηκε για τις εντομοκτόνες ιδιότητές του. Το εντομοκτόνο αυτό συντέθηκε το 1939 και χάρις την υψηλή εντομοτοξική και μακρά υπολειμματική δράση του χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα κατά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου για την καταπολέμηση όχι μόνο γεωργικών και δασικών εντόμων αλλά και εναντίον εντόμων κατοικιών και εντόμων που μετέδιδαν την ελονοσία και τον τύφο.

Πρόκειται για άτομα άνθρακα, που είναι ενωμένα με άτομα χλωρίου (Καπετανάκης, 2002). Τα οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα δρουν όπως και πυρεθρίνες στοχεύουν στα διαμεμβρανικά, πρωτεϊνικά κανάλια μεταφοράς ιόντων όπως του νατρίου αλλά και κανάλια μεταφοράς ιόντων χλωρίου (GABA). Η λειτουργία τους και ο έλεγχος ροής ιόντων από και προς τα κύτταρα αποσυντονίζονται, με συνέπεια την σταδιακή παράλυση και τον θάνατο του εντόμου. Χαρακτηριστικό των ενώσεων αυτών είναι η μεγάλη σταθερότητα τους στο περιβάλλον πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα την μεγάλη υπολειμματική τους δράση.

Στη δεκαετία του 40 και αργότερα, συντέθηκαν και τα άλλα οργανοχλωριωμένα παράγωγα όπως τα: εξαχλωροκυκλοεξάνιο (HCH), methoxychlor, toxaphene, endosulfan, chlordane, aldrin, dieldrin, τα ακαρεοκτόνα dicofof, chlorobenzilate κ.ά. Τα αποτελέσματα της καταπολέμησης των εχθρών των καλλιεργειών με τα εντομοκτόνα αυτά ήταν θεαματικά. Με τη χρήση τους, όμως άρχισαν να δημιουργούνται σημαντικές παρενέργειες με τη διατάραξη του οικολογικού συστήματος της περιοχής που γινόταν εφαρμογή και την ανάπτυξη ανθεκτικότητας εντόμων σ' αυτά. Τα πιο πολλά εμφανίζουν μεγάλη σταθερότητα στο περιβάλλον και αθροιστικές ιδιότητες στο λιπώδη ιστό των εντόμων και άλλων ζωικών οργανισμών με αποτέλεσμα να δημιουργούν κινδύνους για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Έτσι η χρήση των πιο επικίνδυνων εντομοκτόνων της ομάδας αυτής έχει απαγορευτεί σε πολλές χώρες του κόσμου, όπως και στην Ελλάδα από το 1973, ενώ ορισμένων άλλων επιτρέπεται με περιορισμούς.

## **Οργανοφωσφορικές ενώσεις**

Οι οργανοφωσφορικές ενώσεις ή οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα είναι εστέρες του φωσφορικού οξέος και έχουν κυρίως εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο δράση. Το Pestox 3H ή Schradan ήταν το πρώτο που συντέθηκε το 1941 και στη συνέχεια το παραθείο (Folidol) του οποίου η χρήση άρχισε το 1944.

Τα οργανοφωσφορικά είναι εντομοκτόνα κυρίως επαφής, ορισμένα δε είναι και διασυστηματικά. Τα περισσότερα είναι πολυδύναμα, με ευρύ φάσμα εντομοτοξικότητας. Η υπολειμματική τους διάρκεια είναι μικρή ως σχετικά μεγάλη. Τα περισσότερα είναι λιγότερο σταθερά και περισσότερο πτητικά από τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Δεν αθροίζονται στο λιπώδη ιστό ή στο έδαφος, όμως τα περισσότερα είναι υψηλός λιποδιαλυτά, ενώ όσα έχουν διασυστηματική δράση είναι και υδατοδιαλυτά.

Στην αντιμετώπιση των εντόμων αποδείχθηκαν δραστικά και αποτελεσματικά εναντίον πολλών εντόμων, όπως αφίδων, θριπών, κοκκοειδών, προνυμφών Λεπιδοπτέρων, φυτοφάγων ακάρεων, δίπτερων (δάκος, μύγα της Μεσογείου, μύγα κερασιών, σε ψεκασμούς καλύψεως ή δολωματικούς), φυλλορυκτών και άλλων. Ορισμένα είναι εκλεκτικά, δηλαδή έχουν μικρή τοξικότητα για πολλά αρπακτικά ακάρεα και μερικά εντομοφάγα και ακαρεοφάγα έντομα ή μπορούν να δράσουν εκλεκτικά όταν χρησιμοποιηθούν κατάλληλα. Γι' αυτό είναι παραδεκτά και ταιριάζουν σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

## **Καρβαμιδικές ενώσεις**

Τα καρβαμιδικά είναι παράγωγοι ενώσεις του καρβαμιδικού οξέος και χρησιμοποιούνται από το 1951. Η σύνθεσή τους αποσκοπούσε στο να αναπληρώσουν τα οργανοφωσφορικά στα οποία ανέπτυξαν ανθεκτικότητα ορισμένα έντομα ή όσα μειονεκτούσαν στην αντιμετώπιση ειδών, Π.χ. εντόμων εδάφους.

Το πρώτο της κατηγορίας αυτής που χρησιμοποιήθηκε στην Ευρώπη ήταν το Isolal, ένα εντομοκτόνο αποτελεσματικό εναντίον αφίδων και άλλων μυζητικών

εντόμων. Ακολούθησε το carbaryl (Sevin) που έτυχε ευρύτατης εφαρμογής σε ετήσιες και δεντρώδεις καλλιέργειες (εναντίον της ευδεμίδας, της καρπόκαψας κ.ά.) και στη συνέχεια τα methomyl, aldicarb, carbofuran.

Η οξεία από του στόματος τοξικότητά τους για τα θερμόαιμα ποικίλλει από πολύ μεγάλη (aldicarb, carbofuran) σε μέτρια (carbaryl). Ορισμένα όπως τα carbaryl και carbofuran είναι πολύ μελισσοτοξικά. Τα καρβαμιδικά εντομοκτόνα δεν έχουν δυσάρεστη οσμή και διαρκούν αρκετά σε ψεκασμένες επιφάνειες. Τα περισσότερα είναι εντομοκτόνα επαφής, ενώ τα aldicarb, carbofuran και methomyl είναι διασυστηματικά.

### **Πυρεθροειδή ή Πυρεθρινοειδή**

#### **Φυσικά πυρεθροειδή (πυρεθρίνες)**

Πρόκειται για τα εντομοτοξικά συστατικά του πυρέθρου. Το *Chrysanthemum cinerariaefolium* είναι το κυριότερο είδος του γένους *Chrysanthemum* που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πυρέθρου. Οι ανθοταξίες του περιέχουν κατά μέσο όρο 1,2% πυρεθρίνες, που είναι ένα μίγμα 4 ή 6 εντομοκτόνων ουσιών.

Οι πυρεθρίνες έχουν μεγάλη εντομοτοξικότητα, γρήγορη εντομοκτόνο δράση και ικανότητα κατάρριψης των εντόμων (knock down), μικρή τοξικότητα για τα θερμόαιμα και μεγάλη χημική αστάθεια στον αέρα και στο φως. Μέσα στον οργανισμό αποικοδομούνται προς μη τοξικές ουσίες. Οι ιδιότητες αυτές καθιστούν τις πυρεθρίνες κατάλληλες για ψεκασμούς χώρου κατοικιών, αποθηκών, στάβλων, κ.α. Χρησιμοποιούνται εναντίον μυγών, κουνουπιών, κοριών, μυρμηγκιών, κατσαρίδων και άλλων εντόμων. Οι πυρεθρίνες είναι αποτελεσματικές και εναντίον φυλλοφάγων και άλλων φυτοφάγων εντόμων, όμως η αστάθειά τους δεν επέτρεψε ως τώρα να χρησιμοποιηθούν για φυτοπροστασία στο ύπαιθρο.

## Συνθετικά πυρεθροειδή

Τα συνθετικά πυρεθροειδή ή πυρεθρινοειδή είναι συνθετικός παραγόμενες χημικές ενώσεις παρόμοιες με τις φυσικές πυρεθρίνες. Χαρακτηριστικό πολλών συνθετικών πυρεθροειδών είναι η μεγάλη εντομοτοξικότητα σε σχέση με πολλά άλλα οργανικά συνθετικά εντομοκτόνα ευρείας χρήσεως. Σε αντίθεση με τους περισσότερους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες, τα συνθετικά πυρεθροειδή αποδομούνται μέσα στο σώμα των ζώων προς μη τοξικά προϊόντα. Η τοξικότητά τους για θερμόαιμα είναι μικρότερη από πολλών οργανικών συνθετικών εντομοκτόνων και ιδιαίτερα σε σχέση με την τοξικότητά τους για βλαβερά έντομα. Τα πυρεθροειδή από πλευράς ιδιοτήτων και χρήσεων κατατάσσονται σε ασταθή και σε σταθερά.

Τα ασταθή έχουν παρόμοιες με τις πυρεθρίνες ιδιότητες δηλαδή χαρακτηρίζονται από μεγάλη χημική αστάθεια (ιδίως στο φως και παρουσία οξυγόνου), γρήγορη εντομοτοξική δράση, κατάρριψη των εντόμων, και γρήγορη αποδόμηση μέσα στον οργανισμό. Οι χρήσεις τους είναι παρόμοιες με των πυρεθρινών, δηλαδή αφορούν κατοικημένους ή κλειστούς χώρους και έντομα κυρίως κατοικιών, αποθηκών και θερμοκηπίων. Στην ομάδα αυτή ανήκουν οι ουσίες allethrin, bioallethrin, bioresmethrin, resmethrin κ.α. Ορισμένα ασταθή πυρεθροειδή είναι από τα ασφαλέστερα για τον άνθρωπο εντομοκτόνα και χρησιμοποιούνται για εφαρμογή στο δέρμα του εναντίον ψειρών, ψύλλων (π.χ. το bioatlethrin). Άλλα που έχουν μεγαλύτερη από τα λοιπά σταθερότητα σε υψηλή θερμοκρασία και πτητικότητα, όπως τα allethrin, bioallethrin και prothrin, χρησιμοποιούνται σε θερμαινόμενα πλακίδια ή σε καύσιμες σπείρες με σκοπό την αντιμετώπιση εντόμων.

Τα σταθερά συνθετικά πυρεθροειδή έχουν μεγαλύτερη χημική σταθερότητα και υπολειμματική διάρκεια από τα ασταθή. Έχουν ευρύ φάσμα εντομοτοξικότητας και δρουν ως εντομοκτόνα επαφής και στομάχου. Δεν έχουν διασυστηματική ούτε σε βάθος δράση. Έχουν δώσει καλά αποτελέσματα στο ύπαιθρο εναντίον φυλλοφάγων προνυμφών Λεπιδοπτέρων και Υμενοπτέρων, ορισμένων Κολεόπτέρων και πολλών Δίπτερων υγειονομικής σημασίας (μυγών, κουνουπιών κ.ά.) και, μάλιστα και φυλών ανθεκτικών σε οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα. Ορισμένα όπως τα cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, cyfluthrin,

fenpropathrin, flucithrinat έχουν ικανοποιητική υπολειμματική διάρκεια ώστε να χρησιμοποιούνται σε ορισμένες περιπτώσεις και στην ύπαιθρο.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα πυρεθροειδή γενικά είναι πολύ τοξικά στα ψάρια. ενώ δεν υπάρχουν επαρκή τοξικολογικά πειράματα σε θερμόαιμα και άλλα ωφέλιμα ζώα. Ακόμη τα σταθερά πυρεθροειδή με το ευρύ φάσμα εντομοτοξικότητάς τους ζημιώνουν τα ωφέλιμα έντομα (παράσιτα, αρπακτικά) και τις μέλισσες, ενώ έχουν ήδη διαπιστωθεί και στη χώρα μας εξάρσεις πληθυσμών βλαβερών εντόμων και φυτοφάγων ακάρεων μετά από εφαρμογή πυρεθροειδών. Οι εξάρσεις αυτές πιθανότατα οφείλονται στην εξολόθρευση των ωφέλιμων εντόμων. Άλλες ιδιότητες των πυρεθροειδών είναι η μικρή ως μέτρια εντομοδιωκτικότητα τους, καθώς και η δημιουργία ανθεκτικών σε αυτά φυλών βλαβερών εντόμων και ακάρεων. Κατά συνέπεια η χρήση των πυρεθροειδών πρέπει να γίνεται με σύνεση και να χρησιμοποιούνται μόνο όταν χρειάζεται, στις κατάλληλες δόσεις και όχι τακτικά σε εφαρμογές ρουτίνας.

### **Ρυθμιστές ανάπτυξης των εντόμων**

Πρόκειται για εντομοκτόνα τα οποία παρουσιάζουν εξειδικευμένη δράση στο τρόπο δράσης. Προκαλούν την παρεμπόδιση της φυσιολογικής και ομαλής ανάπτυξης των εντόμων. Έτσι χωρίζονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το μηχανισμό δράσης τους, σε μιμητικές ορμόνες και σε ουσίες που εμποδίζουν την έκδυση (Τζανακάκης, 1995)

### **Μιμητικές ορμονών**

Οι μιμητικές των ορμονών των εντόμων ουσίες βασίζονται στο ρόλο της νεανικής ορμόνης, αλλιώς νεοτίνης. Η νεοτίνη επιτελεί θεμελιώδη και καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του εντόμου, καθόσον η παράταση της παρουσίας της στον οργανισμό του εμποδίζει τη μεταμόρφωση της προνύμφης σε νύμφη. Έτσι, το έντομο σε αυτή την περίπτωση δεν μπορεί να εξελιχθεί και να δώσει κανονικό ενήλικο για να ωοτοκήσει. Ένα από τα πλεονεκτήματα των ουσιών της κατηγορίας αυτής που δοκιμάστηκαν ως τώρα, είναι η έλλειψη τοξικότητας για τα θερμόαιμα ζώα. Μειονέκτημα είναι ότι απαιτούν εφαρμογή σε ορισμένο στάδιο του εντόμου

πράγμα που μειώνει την αποτελεσματικότητά τους για πληθυσμούς ανομοιογενείς ως προς τα βιολογικά στάδια. Επίσης, επειδή οι μιμητικές των νεανικών ορμονών παρατείνουν το προνυμφικό στάδιο που για πολλά είδη εντόμων είναι το βλαβερό στάδιο, είναι φανερό ότι οι ουσίες αυτές θα έχουν πρακτική αξία κυρίως για είδη εντόμων όπου το ενήλικο προκαλεί τη ζημιά και η προνύμφη είναι εκτεθειμένη ώστε να μπορεί να έρθει σε επαφή με την ουσία (Τζανακάκης, 1995)

Από πλευράς ανθεκτικότητας των εντόμων σε συνθετικά ανάλογα της νεανικής ορμόνης, ορισμένα είδη όπως η οικιακή μύγα (*Musca domestica*) έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν μεγάλο βαθμού ανθεκτικότητα. Επίσης φυλές ορισμένων εντόμων ανθεκτικές σε οργανικά συνθετικά εντομοκτόνα μπορεί να παρουσιάσουν έμμεση ανθεκτικότητα σε συνθετικά ανάλογα της νεανικής ορμόνης.

### **Ουσίες που εμποδίζουν την έκδυση**

Οι ουσίες αυτές βασίζονται στον ειδικό βιοχημικό μηχανισμό δράσης τους, στο να παρεμβαίνουν δηλαδή ανταγωνιστικά και εμποδίζουν ορισμένες ουσίες, όπως είναι η συνθετάση, η χιπινάση και άλλα, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται κατά τη διαδικασία της "έκδυσης" η σύνθεση χιτίνης και ο σχηματισμός νέου, μεγαλύτερου περιβλήματος. Η δράση αυτή έχει ως τελικό αποτέλεσμα το θάνατο του εντόμου.

Το πρώτο της κατηγορίας αυτής που εμφανίστηκε ήταν το Dimilirl (δρ. ουσία diflubenzuron) το οποίο δοκιμάστηκε με ικανοποιητικά αποτελέσματα εναντίον φυλλοφάγων καμπών σε οπωροφόρα (καρπόκαψες), σε δασικά (κάμπη της πεύκης) και στο βαμβάκι. Άλλες νεότερες ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν στην πράξη είναι οι: buprofezin (Applaud), teflubenzuron (Nomolt), triflumuron (Alsystin), κ.α. Γενικά οι ουσίες αυτές έχουν πολλές δυνατότητες για ένταξή τους σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης με την προϋπόθεση όμως ότι η εφαρμογή τους θα γίνεται στον κατάλληλο χρόνο ανάλογα με το στάδιο και την ηλικία της προνύμφης (Τζανακάκης, 1995).

## **Νεονικοτινοειδή**

Πρόκειται για μια ομάδα εντομοκτόνων που δρουν διαφορετικά από τα υπόλοιπα εντομοκτόνα. Ο τρόπος δράσης τους 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. Θεωρούνται πολύ λιγότερο τοξικά από τα μόρια των προηγούμενων κατηγοριών.

Τα νεονικοτινοειδή είναι η σημαντικότερη νέα ομάδα συνθετικών εντομοκτόνων των τελευταίων τριών δεκαετιών (Tomizawa & Casida, 2003, Tomizawa *et al.*, 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 & Casida, 2003, Brunner *et al.*, 2005). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι χημικές ουσίες imidacloprid, nitenpyram, acetamiprid, thiacloprid και thiamethoxam (Ako *et al.*, 2004, Tomizawa & Casida, 2003). Το imidacloprid χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά στις αρχές του 1990, με μεγάλη εμπορική επιτυχία. Χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την αντιμετώπιση σοβαρών εχθρών πολλών καλλιεργειών, όπως οι αφίδες. Είναι αποτελεσματικό εναντίον εντόμων με μυζητικού τύπου στοματικά μόρια, όπως αφίδες, αλευρώδεις, διάφορα είδη Κολεόπττερων, Δίπτερων και Λεπιδοπτέρων (Ako *et al.*, 2004).

## Κεφάλαιο 2 - Φυσικοί εχθροί

### 2.1 Τα αρπακτικά έντομα

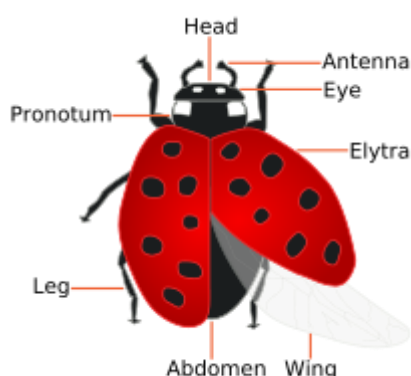
Αρκετές φορές οι πληθυσμοί διάφορων εντόμων μειώνονται σημαντικά από τη δράση των αρπακτικών, παρασιτοειδών και παθογόνων, τα οποία συνήθως αποκαλούνται ως αφιδοφάγα. Αυτό συμβαίνει διότι στα περισσότερα η κύρια τροφή τους είναι οι αφίδες. Τα αρπακτικά σκοτώνουν και τρέφονται με το θήραμα τους. Τα αρπακτικά έντομα, ανάλογα με την οικογένεια στην οποία ανήκουν, περιέχουν αρπακτικά έντομα (πχ πασχαλίτσες Coccinellidae) στα οποία προνύμφες αλλά και ενήλικα είναι αρπακτικά της τροφή τους (συνήθως αφίδες), όμως υπάρχουν και αρπακτικά που μόνο οι προνύμφες είναι θηρευτές της τροφής τους (Syrphidae, Chrysoroidea). Όμως, η επίδραση που θα έχει ένας φυσικός εχθρός στη μείωση του πληθυσμού ενός εχθρού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ χημικών εντομοκτόνων και βιολογικής καταπολέμησης είναι ότι τα περισσότερα εντομοκτόνων είναι τοξικά στους φυσικούς εχθρούς. Με την ολοκληρωμένη καταπολέμηση των εχθρών πραγματοποιείται η ενίσχυση και η διατήρηση των φυσικών εχθρών μέσω της ενίσχυσης και διατήρησης των ενδαιτημάτων τους ή μέσω της χρήσης εκλεκτικών εντομοκτόνων, που δεν επηρεάζουν τους φυσικούς εχθρούς ή έχουν μεγαλύτερη τοξικότητα στα έντομα στόχους (Hopper 2003). Η εκλεκτικότητα των εντομοκτόνων μπορεί να συμβεί είτε με οικολογικές είτε με φυσιολογικές μεθόδους (Ripper 1956). Με οικολογικές μεθόδους επιτυγχάνεται μείωση της έκθεσης των φυσικών εχθρών σε εφαρμογές εντομοκτόνων (Ripper 1956, Croft & Brown 1975), ενώ με φυσιολογικές μεθόδους επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση εντομοκτόνων τοξικών στα έντομα στόχους αλλά σχετικά ακίνδυνα στους φυσικούς εχθρούς (Yu 1988, Stark et al. 1995). Η συντήρηση των φυσικών εχθρών μέσω της χρησιμοποίησης εκλεκτικών εντομοκτόνων μειώνει την πιθανότητα επανεμφάνισης του εντόμου στόχου (Johnson & Tabashnik 1999) και των αριθμό επεμβάσεων με εντομοκτόνα (Hutchison et al. 2004).

Τα έντομα της οικογένειας Coccinellidae αποτελούνται από την κεφαλή, το θώρακα και την κοιλιά. Ο θώρακας καλύπτεται από το πρόνωτο και τα έλυτρα, τα



οποία σκεπάζουν και την κοιλιά. Οι κεραίες των ειδών αυτών είναι κοντές, ροπαλοειδείς, και τα πόδια βαδιστικού τύπου. Επίσης, τα Coccinellidae έχουν το πρόσθιο ζεύγος πτερυγών τροποποιημένο, έτσι ώστε να σχηματίζει σκληρά έλυτρα, που ενώνονται σε μια κεντρική γραμμή και καλύπτουν την κοιλιά. Τα πρόσθια έλυτρα καλύπτουν το οπίσθιο ζεύγος πτερυγών, όταν το έντομο δεν πετά. Οι πίσω πτέρυγες είναι μεμβρανώδεις. Τα στοματικά μέρη των εντόμων είναι μασητικού τύπου (Majerus & Kearns 1989) (Εικόνα 4).



**Εικόνα 4:** σχεδιάγραμμα με μορφολογία αρπακτικού εντόμου

Τα Coccinellidae είναι ολομετάβολα έντομα και οι προνύμφες τους έχουν μακρύ και ευλύγιστο σώμα. Τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα παρουσιάζουν κάποιες μορφολογικές διαφορές. Στα περισσότερα είδη, τα θηλυκά έχουν ελαφρά μεγαλύτερο μέγεθος από τα αρσενικά άτομα (Εικόνα 5). Οι διαφορές σωματικού μεγέθους δεν αποτελούν ωστόσο απόλυτα αξιόπιστο κριτήριο αναγνώρισης του φύλου. Το ασφαλέστερο μορφολογικό κριτήριο που διαφοροποιεί τα αρσενικά από τα θηλυκά άτομα, είναι η ύπαρξη τριών κυρτωμένων δακτυλίων από λευκό εύκαμπτο δερμάτιο στα τελευταία κοιλιακά μεταμερή. Οι δακτύλιοι αυτοί επιτρέπουν την κάμψη της κοιλιάς των αρσενικών στις σωστές γωνίες κατά τη σύζευξη με τα θηλυκά (Majerus & Kearns 1989).



**Εικόνα 5:** Αρσενικό (δεξιά) και θηλυκό (αριστερά) του είδους *Hippodamia convergens*. Διακρίνεται η διαφορά μεγέθους, καθώς το αρσενικό είναι αρκετά μικρότερο (Κλίμακα 1:10<sup>-1</sup>)

## 2.2 Το αρπακτικό *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae)

Η οικογένεια Coccinellidae περιλαμβάνει περισσότερα από 5.000 είδη αρπακτικά των Homoptera και ιδιαίτερα των αφίδων. Το όνομα της οικογένειας Coccinellidae, σημαίνει ότι περιβάλλεται με κόκκινο χρώμα και αναφέρεται στο κυρίαρχο κόκκινο χρώμα του καλύμματος των φτερών των εντόμων της οικογένειας αυτής. Παρόλα αυτά, μια πιο λεπτομερή περιγραφή των εντόμων της οικογένειας Coccinellidae, αν και δεν αποτελούν την πλειοψηφία των εντόμων αυτών, έχουν σκοτεινό χρώμα. Η οικογένεια Coccinellidae περιέχει επτά υποοικογένειες. Από τις υποοικογένειες, η Coccinellinae και η Epilachninae, περιέχουν είδη που τρέφονται με μύκητες ή με ανώτερα φυτά. Από τα αρπακτικά είδη τα περισσότερα τρέφονται με αφίδες είτε με κοκκοειδή, με μερικά είδη να τρέφονται και με τα δυο είδη θηράματος. Μερικά είδη τρέφονται με ακάρεα (Putman 1955), αφίδες της οικογένειας Adelgidae (Delucci 1954, Pope 1973), αλευρώδεις (Heinz & Zalom 1996), μυρμήγκια (Pope & Lawrence 1990), προνύμφες της οικογένειας Chrysomelidae (Elliott & de Little 1980), φυλλοξήρα (Pope 1973), ψύλλους (Booth 1997) κ.α. Στη παρούσα εργασία θα αναφερθούμε σε αρπακτικά έντομα της οικογένειας Coccinellidae που τρέφονται με αφίδες.

Οι πασχαλίτσες ανήκουν στα Κολεόπτερα, έτσι ο βιολογικός κύκλος τους έχει τέσσερα στάδια μιας και ανήκουν στα ολομετάβολα έντομα. Έχουν δηλαδή πλήρη

μεταμόρφωση και η ανάπτυξη τους περνά από τα παρακάτω στάδια: αυγό, προνύμφη 1ης έως 4ης ηλικίας (larva), νύμφη ή πλαγγών (pupa) και ενήλικο ή τέλειο (imago) (M. Τζανακάκης 1995), για να ολοκληρώσουν την ανάπτυξη τους (μερικοί συγγραφείς αναφέρουν το στάδιο της pre-pupa ως ξεχωριστό στάδιο από αυτό της pupa). Ο βιολογικός τους κύκλος ξεκινά με το αυγό, το οποίο εκκολάπτεται και δίνει την προνύμφη πρώτης ηλικίας, η οποία περνά από τέσσερα στάδια μέχρι να νυμφωθεί και στην συνέχεια να μεταμορφωθεί σε ενήλικο.

### **Βιολογικός Κύκλος**

Αρκετά αρπακτικά έντομα της οικογένειας Coccinellidae, έχουν πλήρες βιολογικό κύκλο στη φύση, που διαρκεί μέχρι και ένα χρόνο, ανάλογα με το είδος. Τα αυγά εναποτίθενται την άνοιξη ή τις αρχές του καλοκαιριού, εκκολάπτονται και εμφανίζονται προνύμφες πρώτης ηλικίας. Οι προνύμφες τρέφονται για περίπου ένα μήνα, όπου περνούν από τέσσερα στάδια έκδυσης, μέχρι να εμφανιστεί η νέα γενιά ενηλίκων στα μέσα με τέλη του καλοκαιριού. Τα ενήλικα συνήθως διατρέφονται, αλλά δε ζευγαρώνουν μέχρι την επόμενη Άνοιξη. Έτσι τα παραπάνω είδη έχουν μόνο μια γενιά το χρόνο (Majerus & Kearns 1989). Οπότε, για την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των αρπακτικών εντόμων της οικογένειας Coccinellidae χρειάζονται τέσσερα στάδια μεταμόρφωσης. Πιο αναλυτικά:

**Αυγά:** Τα αυγά είναι επιμήκη, συνήθως ωοειδούς σχήματος και το χρώμα τους ποικίλλει από ανοικτό κίτρινο έως βαθύ πορτοκαλί. Τα περισσότερα είδη στερεώνουν τα αυγά στη μια άκρη τους και έτσι αυτά βρίσκονται σε όρθια θέση. Υπάρχει ποικιλομορφία όσον αφορά τον αριθμό των αυγών που γεννιούνται κάθε φορά, αν και τα περισσότερα είδη γεννούν ομάδες αυγών (Majerus & Kearns 1989). Σύμφωνα με τον Dixon (2000) τα αφιδοφάγα Coccinellidae γεννούν τα αυγά τους σε ομάδες, ενώ αυτά που τρέφονται με κοκκοειδή γεννούν κάθε αυγό ανεξάρτητα. Τα αυγά σε μερικές ημέρες εκκολάπτονται, αν και το διάστημα αυτό ποικίλλει και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία. Λίγες ημέρες πριν την εκκόλαψη τα αυγά γίνονται γκριζα (Hodek 1973, Hodek & Honek 1996).

**Προνύμφες:** Μετά την εκκόλαψη των αυγών, οι νεαρές προνύμφες παραμένουν κοντά στο κέλυφος για περίπου μια ημέρα. Συνήθως τρώγουν τα κελύφη, ενώ πολύ

συχνά τρώγουν και τα αυγά που δεν έχουν εκκολαφθεί ή τις προνύμφες που εκκολάπτονται μετά από αυτές (Hodek & Honek 1996). Μόλις αφήσουν τα κελύφη, οι προνύμφες πρώτου σταδίου αρχίζουν να ψάχνουν για θηράματα ώστε να τραφούν κανονικά. Ο τρόπος με τον οποίο προσλαμβάνουν την τροφή εξαρτάται από τα σχετικά μεγέθη αρπακτικού και θηράματος. Είναι συνηθισμένο να συναντάται μια μικροσκοπική προνύμφη πρώτου σταδίου 'αγκιστρωμένη' στην πλάτη μιας σχετικά μεγάλης αφίδας. Τα στοματικά της μόρια είναι χωμένα βαθειά μέσα στην αφίδα και τρέφεται αναρροφώντας τα σωματικά υγρά της αφίδας, ενώ το περίβλημα και τα εξαρτήματα του σώματος παραμένουν ανέπαφα (Butt 1951, Harpaz 1958, Hagen 1962, Kesten 1969). Αυτός ο τρόπος διατροφής είναι συνηθισμένος στις μικρότερες προνύμφες (πρώτου και δευτέρου σταδίου). Καθώς η προνύμφη μεγαλώνει, αρχίζει να τρέφεται και με συμπανή μέρη του σώματος του θηράματος, όπως τα πόδια ή οι κεραίες (Majerus & Kearns 1989). Οι προνύμφες υφίστανται έκδυση τρεις φορές πριν τη νύμφωση. Το παλιό έκδυμα σχίζεται από την ραχιαία πλευρά και η προνύμφη ελευθερώνεται σε περίπου μια ώρα. Ο νέος εξωσκελετός είναι αρχικά μαλακός και ωχρός, αλλά γρήγορα σκληραίνει και σκουραίνει. Η χρονική διάρκεια των προνυμφικών σταδίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Σημαντικό ρόλο παίζει και η πυκνότητα των θηραμάτων, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο πιο γρήγορα μεγαλώνουν και οι προνύμφες.

**Pre-pupa:** Η προνύμφη 4ου σταδίου πριν από τη νύμφωση σταματά να τρέφεται και παραμένει ακίνητη. Η άκρη της κοιλιάς τους προσκολλάται σε μια επιφάνεια, που μπορεί να είναι φύλλο, μίσχος ή φλοιός και αρχίζει να κυρτώνεται (Hodek, 1973).

**Νύμφη:** Η νύμφη εμφανίζεται σε μια χαρακτηριστική, κυρτωμένη θέση. Το τελευταίο προνυμφικό έκδυμα (της pre-pupa), έχει αποβληθεί έως το σημείο προσκόλλησης στην επιφάνεια και η νύμφη είναι ακάλυπτη. Παρότι οι νύμφες θεωρείται πως είναι αδρανείς, δεν είναι τελείως ακίνητες. Εάν ερεθιστούν υπάρχει ένας μηχανισμός ανταπόκρισης στον κίνδυνο, σύμφωνα με τον οποίο η περιοχή της κεφαλής σηκώνεται πολλαπλές φορές μέσω ανοδικών, απότομων κινήσεων του σώματος. Ο χρωματισμός της νύμφης επηρεάζεται πολύ από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ η διάρκεια της νύμφωσης ποικίλει ανάλογα με την θερμοκρασία.

**Ενήλικο:** Το ενήλικο έντομο προβάλλει σκίζοντας το μπροστινό μέρος της νυμφικής θήκης. Χρειάζονται αρκετά λεπτά μέχρι το έντομο να αποβάλλει το νυμφικό περίβλημα. Στο στάδιο αυτό τα φτερά και τα έλυτρα είναι πολύ μαλακά και περιέχουν πολύ λίγη χρωστική ουσία. Το χρώμα των ελύτρων είναι κίτρινο ή ανοικτό πορτοκαλί. Ο χαρακτηριστικός χρωματισμός και τα σχέδια του ενηλικού αποκτούν την κανονική τους εμφάνιση σταδιακά, ανάλογα με τη θερμοκρασία. Οι περισσότερες αλλαγές συμβαίνουν μέσα στις πρώτες ώρες, όμως το κόκκινο χρώμα έχει μια ανοικτή απόχρωση για εβδομάδες ή και μήνες. Έτσι για αρκετό χρόνο είναι εύκολο να διακρίνουμε τα ενήλικα άτομα της νέας γενιάς. Μια μόνο σύζευξη είναι αρκετή για να καλύψει όλη την αναπαραγωγική ζωή των θηλυκών ατόμων των περισσότερων ειδών, παρόλα αυτά τα ενήλικα ζευγαρώνουν πολλές φορές (Σκούρας, 2009)(Εικ 6).



**Εικόνα 6:** Αριστερά προνύμφη, στη μέση νύμφη και δεξιά ενήλικα.

Με τη μείωση της διάρκειας της ημέρας τα έντομα εισέρχονται σε διάπαυση, που με την ύπαρξη ενεργειακών αποθεμάτων και τον μειωμένο μεταβολισμό καθιστούν δυνατή την επιβίωση για μεγάλη περίοδο χωρίς διατροφή. Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την είσοδο των εντόμων αυτών σε διάπαυση είναι η φωτοπερίοδος. Η μείωση της θερμοκρασίας και η φυσιολογική ωρίμανση των φυτών δεν επαναλαμβάνονται κάθε χρόνο με τόση ακρίβεια, όσο οι αλλαγές στη διάρκεια της ημέρας (Hodek 1973). Κατά τη διάρκεια της διάπαυσης η αντοχή σε αντίξοες κλιματικές συνθήκες αυξάνεται χάρη σε φυσιολογικά και μερικές φορές μορφολογικά γνωρίσματα που συνδυάζονται σε ένα "σύνδρομο προσαρμογής", το οποίο ποικίλλει μεταξύ των ειδών (DeWilde 1970). Το είδος *C. septempunctata* διαχειμάζει πάντοτε στο έδαφος : κάτω από πέτρες, σε στρώματα

ξερών φύλλων, σε τρύπες του εδάφους, κοντά στη βάση των φυτών και αλλού. Συνήθως διαχειμάζει κοντά στα μέρη όπου πολλαπλασιάζεται. Αν κάποια περιοχή μεγαλύτερου υψομέτρου, όσο μικρή και αν είναι, βρίσκεται κοντά στις βιοθέσεις πολλαπλασιασμού του εντόμου, προτιμά να διαχειμάσει εκεί. Στις πεδιάδες οι συνήθεις θέσεις διάπαυσης συναντώνται στις άκρες ή τα ξέφωτα δασών, αλλά και σε δέντρα που λειτουργούν ως ανεμοφράκτες. Αν δεν υπάρχουν τέτοιες θέσεις, το *C. septempunctata* διαχειμάζει κοντά σε απομονωμένους θάμνους, σε άλλα φυτά ή σε πλαγιές λόφων (Hodek 1973).

Στην Κεντρική Ελλάδα, το *C. septempunctata* παρουσιάζει και θερινή διάπαυση κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους. Η βιοθέση που επιλέγουν τα έντιμα για να διαπαύσουν είναι η κορυφή του πλησιέστερου βουνού, όπου και συναντώνται ενήλικα άτομα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αντίθετα στις πεδιάδες, από τον Ιούλιο μέχρι τον Αύγουστο συναντώνται ελάχιστα έντομα του είδους. Η διάπαυση αυτή τερματίζεται αργά τον Αύγουστο και ακολουθεί μια νέα περίοδος διάπαυσης των εντόμων, κατά την οποία η αναστολή της ανάπτυξης διαρκεί όσο διαρκούν οι δυσμενείς για το είδος συνθήκες, δηλαδή από τον Νοέμβριο έως τον Μάρτιο της επόμενης χρονιάς (Κατσόγιαννος κ.ά. 1997).

Κατά την περίοδο πριν τη χειμερινή διάπαυση, το συγκεκριμένο αρπακτικό συσσωρεύει αποθέματα ενέργειας, προτού μεταναστεύσει στα μέρη διαχείμασης. Η εκδήλωση της διάπαυσης καθορίζεται στα τελευταία προνομφικά στάδια. Έτσι, τα ενήλικα άτομα που πρόκειται να διαπαύσουν, τρέφονται αχόρταγα με αφίδες για μια σχετικά μικρή περίοδο. Αυτή η τροφή θα χρησιμεύσει ως πηγή ενέργειας κατά τη μακρά περίοδο χωρίς τροφή που θα ακολουθήσει (Hodek 1973).

## 2.3 Κανιβαλισμός των αρπακτικών Coccinellidae

Οι καινούργιες προνύμφες παραμένουν μέσα στο κέλυφος του αυγού τους και στη συνέχεια καταναλώνουν τα διπλανά αυγά και έπειτα διασκορπίζονται. Το ίδιο συμβαίνει και σε μεγαλύτερες προνύμφες, οι οποίες όμως δεν βρίσκουν τροφή. Ο κανιβαλισμός αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσης των κανίβαλων αρπακτικών. Οι υψηλές τιμές κανιβαλισμού συνήθως είναι ψευδείς επειδή η εκτροφή των αρπακτικών Coccinellidae στο εργαστήριο οδηγεί σε μεγάλα ποσοστά στειρότητας (Mills 1982). Συμφωνά με τον Mills διαπιστώθηκαν ποσοστά κανιβαλισμού στη φύση μεταξύ 6-30%. Έτσι, η μαζική παραγωγή Coccinellidae θα πρέπει να περιορίζεται, καθώς οι προνύμφες θα πρέπει να απομονώνονται μόλις βγουν από το αυγό.

## 2.4 Το είδος *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae)

Η κοκκινέλα ή πασχαλιά είναι αρπακτικό κολεόπτερο έντομο της οικογένειας Coccinellidae. Είναι αφιδοφάγο και το συναντάμε σε διάφορες καλλιέργειες, όπως καπνού και ροδακινιάς, ψυχανθών αλλά και βαμβακιού. Τρέφεται με είδη αφίδων όπως *Aphis fabae* (ψυχανθή), *Myzus persicae* (ροδακινιά και καπνό), *Brevicoryne brassicae* (λάχανα), *A. gossypii* (βαμβάκι) (Εικόνα 7).



**Εικόνα 7:** Ενήλικο που τρέφεται με αφίδα *A. fabae*

Το *C. septempunctata* χαρακτηρίζεται από τα πορτοκαλί ως κόκκινα έλυτρά του, τα οποία φέρουν επτά μαύρα στίγματα, κατά το πρότυπο σχέδιο 1-4-2. Σε κάθε έλυτρο υπάρχουν τρία στίγματα και το έβδομο στίγμα βρίσκεται πίσω από τη μέση του προθώρακα. Η κεφαλή και ο θώρακάς του έχουν μαύρο χρώμα. Σε κάθε πλευρά της κεφαλής υπάρχει μια λευκή ή ωχρή κηλίδα. Το κοιλιακό μέρος και τα πόδια του εντόμου είναι μαύρα. Τα θηλυκά άτομα διακρίνονται μορφολογικά από τα αρσενικά από το μεγαλύτερό τους μέγεθος και από το τελευταίο κοιλιακό τους τμήμα. Στα θηλυκά άτομα αυτό είναι επίπεδο, ενώ στα αρσενικά εξογκωμένο. Το μέγεθος του σώματος συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 5,99 mm στους 14°C και 6,12 mm στους 23°C και το πλάτος του μεταξύ 4,07 mm στους 14°C και 4,3 mm στους 23°C (Katsarou et al. 2005). Οι προνύμφες του είδους έχουν σκούρο καστανό χρώμα και μακρύ σώμα που φτάνει τα 7-8 mm σε μήκος στο 4ο στάδιο και τρία ζεύγη ποδιών. Οι νύμφες έχουν συνήθως σκούρο καστανό χρώμα, αλλά σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας, αποκτούν ανοιχτή πορτοκαλί απόχρωση (Hodek 1973). Τα αυγά είναι μακρά, ελλειπτικά με μήκος περίπου 1mm και κίτρινο χρώμα. Η ποιότητα και η ποσότητα τροφής των προνυμφών έχουν σημαντικό ρόλο στο μέγεθος και το βάρος των ενηλίκων αρπακτικών.

Ως ολομετάβολο έντομο, έχει τέσσερα στάδια ανάπτυξης αυγό, προνύμφη, νύμφη και ενήλικο. Στο στάδιο της προνύμφης παρατηρούνται τέσσερα εκδύματα μέχρι να πραγματοποιηθεί η νύμφωση του εντόμου. Η διάρκεια που θα ολοκληρωθεί ο βιολογικός κύκλος του εντόμου εξαρτάται από τις συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν και κυρίως τις θερμοκρασίες που επικρατούν. Συμφωνά με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί για την ολοκλήρωση της διάρκειας των σταδίων (αυγό μέχρι να εμφανιστεί το ακμαίο) χρειάζονται 70,4 μέρες στους 14°C, ως 22,1 μέρες στους 23°C (Katsarou et al. 2005).

Στη χώρα μας παρατηρείται η περίοδο τέλος Μαρτίου έως το Ιούλιο η αναπαραγωγική δραστηριότητα των κολεόπττερων, στα πλαίσια αυτής της περιόδου έχουμε κι αναπαραγωγή της *C. septempunctata*. Η θερινή περίοδο διάπαυσης παρατηρείται από το Ιούλιο έως τον Αύγουστο η περίοδο διακοπής της διάπαυσης και επανεμφάνισης του είδους στον αγρό από το Σεπτέμβριο ως το Νοέμβριο και την περίοδο διαχείμασης από το Νοέμβριο ως τα τέλη Φεβρουαρίου ή τις αρχές



Μαρτίου. Τα ενήλικα που εξέρχονται από τη διαχείμαση, εμφανίζονται στις πεδινές περιοχές από τα τέλη Μαρτίου ως τις αρχές Απριλίου. Τρέφονται και αναπαράγονται και γεννούν τα πρώτα αυγά κατά το δεύτερο μισό Απριλίου. Στην Ελλάδα παρατηρήθηκε ότι το είδος εμφανίζει τέσσερις γενιές το έτος, με την πρώτη να παρατηρείται στον αγρό κατά το δεύτερο ή τρίτο δεκαήμερο Μαΐου, τη δεύτερη κατά τα τέλη Ιουνίου ως τις αρχές Ιουλίου, την τρίτη από τα τέλη Ιουλίου ως αρχές Αυγούστου και την τέταρτη από τις αρχές Σεπτεμβρίου ως τα τέλη του ίδιου μήνα ή το αργότερο ως το τρίτο δεκαήμερο Οκτωβρίου (Katsoyiannos et al. 1997).

## **Κεφάλαιο 3**

### **3.1 Ανθεκτικότητα των εντόμων στα εντομοκτόνα**

Η ανθεκτικότητα ενός εντόμου σε ένα εντομοκτόνο, όπως και σε κάθε οργανισμό που έρχεται σε επαφή με μια τοξική ουσία, ποικίλει από άτομο σε άτομο ενός πληθυσμού. Ο βαθμός αντοχής του κάθε εντόμου σε ένα εντομοκτόνο καθορίζεται από τις ιδιότητες του εντόμου σχετικά με ένα ή περισσότερα στάδια της διαδρομής του εντομοκτόνου ή των τοξικών παραγώγων του, από τη στιγμή της εφαρμογής του ώσπου να δράσει στο στόχο.

Στην εντομολογία αυτό που ονομάζουμε εθισμό ή ανθεκτικότητα των εντόμων στα εντομοκτόνα είναι κάτι διαφορετικό από αυτό που ονομάζει ανθεκτικότητα, η φαρμακολογία. Ο διεθνής όρος της ανθεκτικότητας είναι *resistance*, τα άτομα δεν εθίζονται κατά την διάρκεια της ζωής τους, αλλά ο πληθυσμός από ευπαθής γίνεται με την πάροδο γενεών ανθεκτικός. Αυτό πραγματοποιείται με την επιλογή των ανθεκτικών στο εντομοκτόνο γονιδίων που ο πληθυσμός ήδη έχει. Παράγοντας επιλογής είναι το εντομοκτόνο, το οποίο επιλέγει τα ανθεκτικά γονίδια θανατώνοντας τα ευπαθή άτομα (Τζανακάκης, 1995).

Η ανθεκτικότητα είναι ένα προσαρμοσμένο φαινόμενο αντανακλώντας την επιλογή ξεχωριστών κύριων κληρονομήσιμων γενετικών χαρακτηριστικών που συμβάλλουν θετικά στην επιβίωση ή αναπαραγωγή σε περιβάλλον εκτεθειμένο σε εντομοκτόνα. Μπορεί και λειτουργεί με την αυξημένη ικανότητα των εντόμων να αποτοξινώνουν τα εντομοκτόνα ή στη δομική μεταβολή των στόχων που δρουν τα εντομοκτόνα στο έντομο. Πιθανόν να λειτουργεί με μειωμένη διείσδυση των

εντομοκτόνων μέσω της επιδερμίδας των εντόμων και ιδιαίτερη συμπεριφοράς, που καθιστούν ικανούς τους εχθρούς να μειώνουν ή να αποφεύγουν την έκθεση σε τοξικές ουσίες. Η εμφάνιση της ανθεκτικότητας μπορεί να επηρεαστεί από γενετικούς και βιολογικούς παράγοντες, οι οποίοι ταξινομούνται ανάλογα με τις γενετικές και οικολογικές ιδιότητες των εχθρών ή τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας. Επιπλέον, μπορούν να ταξινομηθούν και σε λειτουργικούς, συνδυάζοντάς τον τύπο του εντομοκτόνου που χρησιμοποιείται και με το πώς εφαρμόζεται.

Η διαπίστωση της ανθεκτικότητας, κατά την Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των εχθρών, είναι υποχρεωτική μιας κι αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στη γεωργία, σε παγκόσμιο επίπεδο. Σαν αποτέλεσμα έχει την αύξηση της συχνότητας εφαρμογών και της ποσότητας του εφαρμοζόμενου εντομοκτόνου, τη μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας σε συνδυασμό με το ρίσκο για αυξημένα υπολείμματα στις τροφές και υποβάθμιση του περιβάλλοντος μιας και αυξάνονται οι ξενοβιοτικές ουσίες στον αέρα, το έδαφος και το νερό. Για την αντιμετώπισή της είναι απαραίτητο να διαγνωστεί στους πληθυσμούς των εντόμων, που μας ενδιαφέρουν. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί αρκετοί μέθοδοι αντιμετώπισης, οι οποίες μπορούν να χωριστούν σε τρεις κύριες κατηγορίες, τις κλασικές, βιοχημικές και μοριακές μεθόδους.

Οι κλασικές μέθοδοι είναι οι πιο διαδεδομένες και περιλαμβάνουν κυρίως βιοδοκιμές με διαφορετικές δόσεις του εντομοκτόνου που εξετάζεται κάθε φορά. Οι βιοδοκιμές αυτές μπορεί να γίνουν με τοπική εφαρμογή, ακριβή ψεκάσμο πρότυπων διαλυμάτων, έκθεση των ουσιών σε φιλμ, χαρτί ή γυαλί και εμβάπτιση του εντόμου. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται κυρίως από το είδος και το μέγεθος του εντόμου αλλά και τον τρόπο ελέγχου του. Σε όλες τις περιπτώσεις, υπολογίζεται το LC50, ED50, LD50 κλπ. ώστε να διαπιστωθεί η ανθεκτικότητα. Οι κλασικές μέθοδοι διαπίστωσης της ανθεκτικότητας είναι αρκετά αποτελεσματικές, παρόλα αυτά είναι χρονοβόρες και δεν μπορούν να απαντήσουμε ακρίβεια σε άλλα ερωτήματα, όπως π.χ. ποιος είναι ο υπεύθυνος μηχανισμός (ή μηχανισμοί) της ανθεκτικότητας. Για μεγαλύτερη λεπτομέρεια, υπάρχουν οι βιοχημικές και οι μοριακές μέθοδοι (Σκούρας, 2009).

Οι βιοχημικές και μοριακές μέθοδοι μπορούν να ανιχνεύσουν τους μηχανισμούς που είναι υπεύθυνοι για την ανθεκτικότητα εξετάζοντας άτομα και όχι ομάδες απόμων. Για αυτόν ακριβώς το λόγο μπορούν να επιβεβαιώσουν την ύπαρξη ανθεκτικότητας χρησιμοποιώντας έναν πολύ μικρό αριθμό εντόμων. Η αναγνώριση των μηχανισμών ανθεκτικότητας είναι πολύ σημαντική γιατί: (α) βοηθάει στον καθορισμό του φάσματος της διασταυρωτής ανθεκτικότητας, που αποτελεί ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα στην αντιμετώπιση των εντόμων, (β) διευκολύνει την επιλογή εναλλακτικών εντομοκτόνων, και (γ) επιτρέπει τη λεπτομερή χαρτογράφηση περιοχών με ανθεκτικούς πληθυσμούς (Denholm et al. 1998).

### **3.2 Ανθεκτικότητα αφίδων σε εντομοκτόνα**

Η συνεχής χρήση εντομοκτόνων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε πολλά είδη εντόμων, όπως και στις αφίδες, με αυτό να αποτελεί μια από τις κύριες αιτίες για την αποτυχία ελέγχου των εχθρών των καλλιεργειών. Από την παγκόσμια επισκόπηση της ανθεκτικότητας από τον Georgiou (1983) 400 αρθρόποδα είχαν αναφερθεί να έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα, σε μια ή περισσότερες τάξεις εντομοκτόνων, και αυτά περιλαμβάνουν 18 είδη αφίδων. Σήμερα, παρόλο που έχουν αναφερθεί περισσότερα από 20 είδη ανθεκτικών αφίδων, το πρόβλημα είναι πιο επίμονο, διαδεδομένο και σοβαρό σε λίγα είδη, όπως τα *M. persicae*, η *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) κ. α.

Η *A. gossypii* είναι μια από τις αφίδες, που έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες για τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας της. Έτσι, έχει βρεθεί ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της δραστηριότητας των εστερασών και της ανθεκτικότητας τους σε οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα. Έχει αναφερθεί ότι ανθεκτικοί κλώνοι σε οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα μπορεί να έχουν από 15 έως και 35 φορές περισσότερη δραστηριότητα των εστερασών από ότι οι ευαίσθητοι κλώνοι. Επίσης, η ανθεκτικότητα δεν έχει αποδοθεί σε ένα μόνο ένζυμο αλλά σε μια ομάδα διαφορετικών ισοενζύμων.

## Σκοπός της εργασίας

Το είδος *C. septempunctata* αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των φυσικώς συναντώμενων ωφελίμων εντόμων που ασκούν βιολογική καταπολέμηση στις αφίδες, συνεπώς ενδιαφέρει η σχέση που έχει με τα εντομοκτόνα. Αυτό μας δείχνει τη σωστή εφαρμογή της Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της μέσης θανατηφόρου δόσης ( $LD_{50}$ ) διαφόρων εντομοκτόνων με διαφορετικό μηχανισμό δράσης, δυο νεονικοτεινοειδών (imidacloprid και acetamiprid), δυο πυρεθροειδών (bifenthrin και deltamethrin) και ενός οργανοφωσφορικού (chlorpyrifos), τα οποία χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των αφίδων, στην επιβίωση του αρπακτικού *C. septempunctata*.

Η γνώση των προβλημάτων που μπορούν να προκαλέσουν τα εντομοκτόνα στα αρπακτικά έντομα, θα μας βοηθήσει στη σωστή εφαρμογή αυτών χωρίς κινδύνους ανθεκτικότητας ή μεγάλης ελλειμματικότητας και για το περιβάλλον.

Μελέτες στην συμπεριφορά είναι απαραίτητες για να κατανοήσουμε το αποτέλεσμα των εντομοκτόνων και να καταλάβουμε τη τροφική συμπεριφορά των αρπακτικών Coccinellidae. Τέτοια αποτελέσματα θα μας βοηθήσουν να 'παντρέψουμε' το βιολογικό έλεγχο των αφίδων με αρπακτικά είδη της οικογένειας Coccinellidae με την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των εχθρών.

## **B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## A. Εισαγωγή

Ο βιολογικός έλεγχος των εχθρών είναι συνδεδεμένος με τα αρπακτικά έντομα της οικογένειας Coccinellidae. Ως σημαντικοί φυσικοί εχθροί διάφορων επιζήμιων εντόμων, όπως οι αφίδες, αλευρώδεις, ακάρεα κ. α., αποτελούν ένα σημαντικό μέρος των φυσικών ωφέλιμων εντόμων, που βοηθούν στη βιολογική καταπολέμηση των εχθρών. Η γνώση των χαρακτηριστικών του βιολογικού κύκλου των αρπακτικών είναι απαραίτητη για την βιολογική καταπολέμηση, ανεξάρτητα σε ποιο στάδιο βασίζεται (από την επιλογή φυσικού εχθρού έως την απελευθέρωση του στον αγρό).

Αρκετοί από τους φυσικούς εχθρούς χρησιμοποιούνται σε προγράμματα βιολογικής καταπολέμησης. Έτσι, η σημασία της βιολογίας τους, για τον έλεγχο των εχθρών που προσβάλλουν γεωργικές καλλιέργειες, είναι απαραίτητη. Όμως, αρκετές φορές αυτή η μέθοδος δεν είναι αρκετή και αποτελεσματική γι'αυτό καταφεύγουμε σε χημικές μεθόδους ή ολοκληρωμένες. Η Ολοκληρωμένη Καταπολέμηση Εχθρών (Integrated Pest Management, IPM) είναι ο τρόπος χρησιμοποίησης προγραμμάτων εκλεκτικών εντομοκτόνων. Η εκλεκτικότητα των εντομοκτόνων μπορεί να προέλθει με οικολογικές ή με φυσικές μεθόδους. Οι οικολογικές μέθοδοι πετυχαίνουν με μείωση της έκθεσης των φυσικών εχθρών σε κάθε εφαρμογή εντομοκτόνου, ενώ οι φυσικές μέθοδοι χρησιμοποιούν εντομοκτόνα τοξικά στα έντομα στόχους αλλά μη τοξικά σε φυσικούς εχθρούς.

Στην πτυχιακή αυτή μελετήθηκε η δράση που μπορεί να έχουν εντομοκτόνα από διάφορες κατηγορίες σε ορισμένα βιολογικά χαρακτηριστικά αλλά και στην αδηφαγία του είδους *C. septempunctata*.

## Β. Υλικά και Μέθοδοι

### Πειραματικό υλικό

Το είδος αρπακτικού των Κολεόπττερων *C. septempunctata* συλλέχθηκε στην περιοχή της Καλαμάτας και Προσύμνη Αργολίδας το έτος 2011, από καλλιεργούμενα και αυτοφυή φυτά. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η αφίδα *Aphis fabae*, της οποίας η εκτροφή γινόταν στο χώρο του εργαστηρίου. Για την εκτροφή της αφίδας χρησιμοποιήθηκαν φυτά κουκιών (*Vicia faba*).

### Αποικία αφίδων

Η εκτροφή των αφίδων πραγματοποιήθηκε στο χώρο του εντομοτροφείου, το οποίο βρίσκεται στο Α.ΤΕΙ Καλαμάτας, στα πλαίσια του εργαστηρίου της Εντομολογίας και Ζωολογίας του τμήματος Φ.Π.

Οι συνθήκες, που επικρατούσαν στο θάλαμο εκτροφής, ήταν θερμοκρασία 20°C ( $\pm 0,5$ ), υγρασία 60 % ( $\pm 5$ ) και φωτοπερίοδος L16:D8 (L=Light, D=Darkness, Φ:Σ ώρες φωτός:ώρες σκότους). Έτσι, οι αφίδες τοποθετήθηκαν σε ειδικά κλουβιά για την εκτροφή τους. Τα κλουβιά είναι σιδερένια με ξύλινο πάτο, γύρω γύρω έχουν ανοίγματα. Προστατεύονται από ένα λεπτό ύφασμα οργανίνης, το οποίο κλείνει ερμητικά εμποδίζοντας τη διαφυγή των αφίδων, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγονταν η μόλυνση από άλλα έντομα (Εικόνα 8). Οι συνθήκες εξασφάλιζαν τη συνεχή παρθενογενετική αναπαραγωγή των αφίδων. Οι αφίδες τρέφονταν με φυτά κουκιών (*Vicia faba*), η τοποθέτηση καινούργιων φυτών γινόταν κάθε τρεις ημέρες.



**Εικόνα 8:** Αριστερά, αποικία αφίδων σε κλουβιά εκτροφής σε θάλαμο του εργαστηρίου, δεξιά αποικία αφίδων πάνω σε φυτό κουκιών.

### **Αποικίες αρπακτικών**

Ενήλικα άτομα του αρπακτικού μετά τη συλλογή του από το χωράφι, τοποθετήθηκαν σε ειδικά αεροστεγή σακουλάκια δειγματοληψίας και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για την ίδρυση αποικίας.

Τα ενήλικα άτομα του αρπακτικού τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς, διάφανους κυλίνδρους, όπου ταϊστήκαν με μολυσμένα κουκιά από *A.fabae* και κλείστηκαν με λεπτή οργανίνα, για τον αερισμό τους (Εικόνα 9).



**Εικόνα 9:** Ενήλικα αρπακτικά *C. septempunctata* σε πλαστικούς κλωβούς για την δημιουργία αποικίας, στο θάλαμο του εργαστηρίου.

Διατηρήθηκαν σε αίθουσα στο εργαστήριο, με ρυθμιζόμενη θερμοκρασία 25°C, με υγρασία 60% και με φωτοπερίοδο 16:8 (L:D). Κάθε δύο με τρεις ημέρες γινόταν ανανέωση της τροφής και καθημερινά γινόταν έλεγχος για εναπόθεση αυγών. Τα οποία συλλέγονταν και μεταφέρονταν σε τριβλία μέχρι την εκκόλαψη τους. Μετά την εκκόλαψη τους οι νεαρές προνύμφες τοποθετούνταν σε ξεχωριστά βαζάκια, για να αποφευχθεί ο κανιβαλισμός και κάθε ημέρα προσθέτονταν υπερεπάρκεια αφίδων για την διατροφή τους. Όταν τα έντομα έφθαναν στο στάδιο του ακμαίου ,



μεταφέρονταν στα μεγαλύτερα κλουβιά προκειμένου να αναπαραχθούν και να διατηρηθεί η αποικία.

## Φυτά

Σε μικρά γλαστράκια (15 χ15εκ), πραγματοποιήθηκε η σπορά του φυτού *Vicia faba* (κουκιά). Οι σπόροι, οι οποίοι παρέμειναν για ένα 24ωρο μέσα στο νερό, τοποθετήθηκαν πάνω σε βρεγμένο περλίτη. Τα γλαστράκια παρέμειναν στους 25°C μέχρι να φυτρώσουν (περίπου 8-10 μέρες). Τα φυτά είναι έτοιμα για μόλυνση μόλις φθάσουν περίπου τα 10 εκατοστά ύψους. Έτσι, τοποθετούνται μέσα σε ειδικούς κλωβούς (οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι με σίδηρο και έχουν ξύλινη βάση), όπου πραγματοποιούμε την τεχνητή μόλυνση με αφίδα *Aphis fabae* και στη συνέχεια κλείνουμε τους κλωβούς με λεπτό ύφασμα οργανίνης (Εικόνα 10).

Από τα φυτά αυτά θα συλλεχθούν ενήλικα άτομα αφίδας, τα οποία θα είναι η τροφή των προνυμφών στο πείραμα. Επίσης, είναι τροφή και για την αποικία των ενήλικων αρπακτικών, που υπάρχουν στο εργαστήριο.



**Εικόνα 10:** Αριστερά, γλαστράκια με σπόρους από κουκιά πάνω σε περλίτη, δεξιά φυτρωμένοι σπόροι κουκιών έτοιμα για τεχνητή μόλυνση με *A. fabae*.

## Γ. Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένας βιοκλιματικός θάλαμος με φωτοπερίοδο 16:8 (L:D) και θερμοκρασία 25°C. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε μια σύριγγα Hamilton των 10 μl, για την τοπική εφαρμογή εντομοκτόνων στο scutellum κάθε εντόμου.

#### **Δ. Πειραματική μεθοδολογία**

Για την μελέτη των εντομοκτόνων σε αρπακτικά έντομα χρειάστηκαν προνύμφες τέταρτου σταδίου. Έτσι, μεταφέρθηκαν αυγά από τις αποικίες των ενήλικών μεμονωμένα και διατηρήθηκαν στο βιοκλιματικό θάλαμο, στους 25°C, με φωτοπερίοδο 16:8 και υγρασία 60% μέχρι την εκκόλαψη τους. Κάθε νεοεκκολαφόμενη προνύμφη τοποθετείται σε ατομικά βαζάκια, όπου παρέμεινε μέχρι να φθάσει στο τέταρτο προνυμφικό στάδιο, μέσα στον θάλαμο. Κάθε μέρα οι προνύμφες, ταιΐζονταν και ελέγχονταν για τα εκδύματα τους, όπου στο τρίτο έκδυμα η προνύμφη βρισκόταν στο τέταρτο στάδιο. Σ' αυτό το στάδιο πραγματοποιήθηκαν οι βιοδοκιμές.

Εφαρμόστηκαν πέντε εντομοκτόνα και μάρτυρας, imidacloprid (Confidor 20SL, Bayer Crop Science Ελλάς ABEE), acetemiprid (Profil 20SG, Ευθυμιάδη Κ. & Ν. ABEE), του deltamethrin (Decis 2,5EC, Bayer Crop Science Ελλάς ABEE), του bifenthrin (Talstar 10EC, FMC Ελλάς ΕΠΕ) και του chlorpyrifos (Pyrifos 48EC, Dow Agro Sciences, ΗΠΑ) με τοπική εφαρμογή στο scutellum του κάθε εντόμου με σύριγγα Hamilton τον 10 μl. Κάθε προνύμφη έπειτα από την βιοδοκιμή τοποθετήθηκε στο βαζάκι με ένα φύλλο από κουκιά, έτσι ώστε να διατηρούνται σε υπερεπάρκεια μέχρι το στάδιο της νύμφωσης.

Σε κάθε δόση εντομοκτόνου και στον μάρτυρα πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον εικοσιπέντε άτομα, όμως στα τελικά αποτελέσματα συμπεριλήφθηκαν μόνο οι επαναλήψεις των εντόμων που ολοκλήρωσαν το βιολογικό τους κύκλο ως το στάδιο του ακμαίου.

#### **Ανάλυση στοιχείων**

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).

## Ε. Αποτελέσματα

Η επίδραση των εντομοκτόνων σε αρπακτικά έντομα, και ειδικότερα σε αρπακτικά της οικογένειας Coccinellidae, έχει μελετηθεί ελάχιστα ενώ επίσης δεν έχει μελετηθεί και η επίδραση τους σε αυτά. Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών σε προνύμφες 4<sup>ου</sup> σταδίου στο αρπακτικό έντομο *C. septempunctata* έδειξε ότι τα bifenthrin, deltamethrin, chlorpyrifos ήταν ιδιαίτερα τοξικά, ενώ τα imidacloprid και acetamiprid βρέθηκαν να είναι λιγότερο τοξικά (Πίνακας 1, 2 και 3).

**Πινάκας 1.** Τοξικότητα πέντε εντομοκτόνων σε προνύμφες 4<sup>ης</sup> ηλικίας του αρπακτικού *C. septempunctata*

Εντομοκτόνο	Περιοχή	N <sup>a</sup>	N <sup>b</sup>	LD50 (95% CL)	LD95 (95% CL)	df	Χ <sup>2</sup>	P
Imidacloprid (μg)	Προσύμνη	197	9	18.62 (13.89 - 26.02)	177.50 (104.49 - 397.45)	7	8,01	0,332
	Καλαμάτα	223	9	16.69 (12.60 - 22.24)	123.41 (78.48 - 240.69)	7	5,154	0,641
Acetamiprid (μg)	Προσύμνη	157	7	0.11 (0.065 - 0.15)	0.99 (0.57 - 2.57)	5	3,714	0,591
	Καλαμάτα	162	8	0.10 (0.07 - 0.14)	0,77 (0.47 - 1.78)	5	1,435	0,92
Chlorpyrifos (ng)	Προσύμνη	249	11	45.83 (34.40 - 58.83)	290.79 (196.66 - 534.09)	8	9,016	0,341
	Καλαμάτα	236	11	71.91 (60.79 - 84.00)	177.52 (139.76 - 268.01)	8	0,541	1,000
Deltamethrine (ng)	Προσύμνη	260	11	3.97 (3.11 - 4.99)	25.56 (17.33 - 46.03)	9	11,236	0,26
	Καλαμάτα	267	11	0.88 (0.63 - 1.16)	5.94 (4.16 - 9.83)	9	11,966	0,215
Bifenthrin (ng)	Προσύμνη	133	6	7.49 (5.86 - 9.02)	18.06 (14.01 - 29.73)	5	3,155	0,676
	Καλαμάτα	170	7	3.55 (2.41 - 4.63)	19.22 (12.82 - 35.59)	5	5,826	0,324

N<sup>a</sup>: Αριθμός εντόμων, N<sup>b</sup>: Αριθμός δόσεων, CL: Όρια Εμπιστοσύνης

**Πινάκας 2.** Τοξικότητα πέντε εντομοκτόνων μέχρι το στάδιο της νύμφης του αρπακτικού *C. septempunctata*

Εντομοκτόνο	Περιοχή	N <sup>a</sup>	N <sup>b</sup>	LD50 (95% CL)	LD95 (95% CL)	df	Χ <sup>2</sup>	P
Imidacloprid (μg)	Προσύμνη	197	9	14.87 (10.69 - 20.69)	137.41 (82.05 - 299.24)	7	4.570	0.712
	Καλαμάτα	223	9	5.68 (3.75 - 8.09)	92.70 (51.61 - 235.69)	7	4.963	0.697
Acetamiprid (μg)	Προσύμνη	157	7	0.07 (0.05 - 0.01)	0.44 (0.275 - 0.99)	5	5.221	0.390
	Καλαμάτα	162	8	0.05 (0.031 - 0.071)	0.323 (0.201 - 0.709)	5	2.593	0.762

<b>Cloropyrifos (ng)</b>	Προσύμνη	249	11	44.93 (33.87 - 57.47)	271.95 (185.53 - 492.58)	8	11.370	0.182
	Καλαμάτα	236	11	41.20 (24.26 - 60.88)	263.08 (151.93 - 823.97)	8	12.890	0.116
<b>Deltamethrine (ng)</b>	Προσύμνη	260	11	1.73 (1.16 - 2.42)	32.67 (18.73 - 76.24)	9	12.655	0.179
	Καλαμάτα	267	11	0.16 (0.07 - 0.31)	4.14 (4.16 - 9.83)	9	3.321	0.950
<b>Bifethrin (ng)</b>	Προσύμνη	133	6	1.71 (1.18 - 2.39)	9.26 (5.94 - 18.42)	5	5.258	0.385
	Καλαμάτα	170	7	1.26 (0.82 - 1.86)	12.83 (7.55 - 28.36)	5	5.759	0.330

N<sup>a</sup>: Αριθμός εντόμων, N<sup>b</sup>: Αριθμός δόσεων, CL: Όρια Εμπιστοσύνης

**Πινάκας 3.** Τοξικότητα πέντε εντομοκτόνων μέχρι το στάδιο του ενηλίκου του αρπακτικού *C. septempunctata*

Εντομοκτόνο	Περιοχή	N <sup>a</sup>	N <sup>b</sup>	LD50 (95% CL)	LD95 (95% CL)	df	Χ <sup>2</sup>	P
Imidacloprid (μg)	Προσύμνη	197	9	11.64 (8.29 - 16.27)	116.64 (68.89 - 259.09)	7	1.813	0.969
	Καλαμάτα	223	9	2.73 (1.63 - 3.96)	36.92 (21.41 - 93.31)	7	3.616	0.823
Acetamiprid (μg)	Προσύμνη	157	7	0.06 (0.041 - 0.091)	0.40 (0.249 - 0.890)	5	5.296	0.381
	Καλαμάτα	162	8	0.04 (0.026 - 0.056)	0.196 (0.126 - 0.428)	5	1.079	0.956
Cloropyrifos (ng)	Προσύμνη	249	11	43.02 (23.32 - 68.18)	289.08(153.63 - 1234.40)	8	18.161	0.020
	Καλαμάτα	236	11	39.82 (23.62 - 58.41)	227.16 (134.09 - 686.98)	8	13.308	0.102
Deltamethrine (ng)	Προσύμνη	260	11	0.76 (0.20 - 1.57)	31.04 (11.10 - 362.26)	9	19.553	0.021
	Καλαμάτα	267	11	0.07 (0.02 - 0.01)	1.41 (0.79 - 3.57)	9	2.328	0.985
Bifethrin (ng)	Προσύμνη	133	6	1.00 (0.71 - 1.41)	4.13 (2.59 - 9.94)	5	0.422	0.995
	Καλαμάτα	170	7	0.35 (0.20 - 0.55)	4.03 (2.20 - 11.34)	5	4.799	0.441

N<sup>a</sup>: Αριθμός εντόμων, N<sup>b</sup>: Αριθμός δόσεων, CL: Όρια Εμπιστοσύνης

## Συζήτηση

Στα πλαίσια της Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης των Εχθρών (IPM) των αφίδων, η τοξικότητα των εντομοκτόνων σε φυσικούς της εχθρούς θα πρέπει να εξετάζεται όπως και η τοξικότητα τους στις αφίδες. Η συντήρηση των αρπακτικών χρησιμοποιώντας εκλεκτικά εντομοκτόνα μπορεί να βελτιώσει την συμβατότητα με την βιολογική καταπολέμηση σε ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

Τα εντομοκτόνα μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη των αρπακτικών με αρκετούς τρόπους. Είτε με την απευθείας επαφή με το εντομοκτόνο, με την επαφή με φυτό που περιέχει το εντομοκτόνο ή τέλος με θήραμα μολυσμένο με το εντομοκτόνο. Στην συγκεκριμένη διατριβή μελετήσαμε την περίπτωση που το αρπακτικό έρχεται σε απευθείας επαφή με το εντομοκτόνο.

Παρόλο που τα εργαστηριακά πειράματα μπορεί να υπερεκτιμήσουν την επίδραση ενός εντομοκτόνου, μιας και η αρχιτεκτονική των φυτών μπορεί να επηρεάσουν την συμπεριφορά του εντόμου (Singh et al., 2001). Το νεονικοτινοειδές εντομοκτόνο imidacloprid παρεμποδίζει την μετάδοση των νευρικών σημάτων στα έντομα, καταλαμβάνοντας την θέση της ακετυλοχολίνης στους νικοτινεργικούς δέκτες της. Μιμείται τη δράση της φυσικής ουσίας ακετυλοχολίνης, η οποία μεταδίδει τα νευρικά σήματα. Το imidacloprid, δρα ενεργοποιώντας ορισμένα συγκεκριμένα νευρικά κύτταρα. Σε αντίθεση με την ακετυλοχολίνη, η οποία αποδομείται ταχύτατα από το ένζυμο ακετυλοχολινεστεράση, το δραστικό συστατικό imidacloprid δεν μπορεί να αποδομηθεί ή αποδομείται εξαιρετικά αργά. Τα έντομα που δέχτηκαν την επέμβαση πεθαίνουν ως αποτέλεσμα της δυσλειτουργίας του νευρικού τους συστήματος. Είναι εντομοκτόνο στομάχου κυρίως και δευτερευόντως επαφής. Στις συνιστώμενες δόσεις στα έντομα εμφανίζονται τα συμπτώματα της νευροτοξικότητας, ενώ σε χαμηλές συγκεντρώσεις εμφανίζει αντιτροφική δράση και προκαλεί γενικά αλλαγή στη συμπεριφορά των εντόμων.

Μόνο τα imidacloprid και acetamiprid βρέθηκαν να έχουν LD<sub>50</sub> μεγαλύτερο και στα τρία στάδια, από την συνιστώμενη από την εταιρεία δόση, ενώ τα bifenthrin, bifenthrin, chlorpyrifos είχαν LD<sub>50</sub> πολύ μικρότερο από την συνιστώμενη από την εταιρεία δόση. Ανάμεσα στους δυο πληθυσμούς διαφορές βρέθηκαν μονό στο chlorpyrifos και το bifenthrin.

Η υψηλή τοξικότητα των εντομοκτόνων bifenthrin, deltamethrin και chlorpyrifos σε 4ής ηλικίας προνύμφες του *C. septempunctata* που βρέθηκε στις συνθήκες του συγκεκριμένου πειράματος, δείχνει ίσως την ανάγκη περαιτέρω μελέτης ώστε να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξένη Βιβλιογραφία

**Ako, M., C. Borgemeister, H.-M. Poehling, A. Elbert, and R. Nauen. 2004.**

Effects of neonicotinoid insecticides on the bionomics of two spotted spider mite (Acari:Tetranychidae). J. Econ. Entomol. 97 : 1587-1594.

**Blackman R.L., Eastop V.F, 2000.** Aphids on the World's Crops. An identification and Information Guide. Second edition.

**Bonnemaison L. 1965.** Οι ζωικοί εχθροί των καλλιεργούμενων φυτών και των δασών. Θεσσαλονίκη

**Booth,R.G.,1997.** A review of the species of *Calvia* (Coleoptera: Coccinellidae) from the Indian subcontinent, with descriptions of two new species. Journal of Natural History, 31:917-934.

**Brunner, J.F., E.H. Beers, J.E. Dunley, M. Doerr, and K. Granger. 2005.** Role of neonicotinyl insecticides in Washington apple integrated pest management. Part I. Control of lepidopteran pests. 10pp. J. Ins. Sci. 5: 14.

**Butt, F.H. 1951.** Feeding habitats and mechanism of the Mexican bean beetle. Cornell University Agricultural Experimental Station Memories 306, 32 pp., Ithaca, New York.

**Croft BA and Brown AWA, 1975.** Responses of arthropod natural enemies to insecticides. Annual Review of Entomology, 20: 285-335.

**Delucci D., 1954.** Pullus impexus (Muls.) (Coleoptera, Coccinellidae), a predator of *Adelges piceae* (Ratz.) (Hemiptera, Adelgidae), with notes on its parasites. Bulletin of Entomological Research, 45: 243-278.

**De Wilde, J. 1970.** Hormones and insect diapause. In Hormones and the Environment (ed. G. K. Benson and J. G. Phillips, Memories of the Society for Endocrinology), no. 18, pp. 487-514. Cambridge University Press.

**Dixon, A. F. G. 2000.** Insect Predator-prey Dynamics Ladybird Beetles and Biological Control. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp 268.

**Elliott H.J. & de Littke D.W. 1980.** Laboratory studies on predation of *Chrysophtharta bimaculata* (Olivier) (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs by the coccinellids *Cleobara mellyi* Mulsant and *Harmonia conformis*

(Boisduval). *General & Applied Entomology*, 12: 33–36.

**Hagen, K.S. 1962.** Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annual Review of Entomology*, 7: 289-326.

**Harpaz, I. 1958.** Bionomics of the 11-spotted ladybird beetle, *Coccinella Undecimpunctata* L., in a subtropical climate. 10. *International Congress Entomology Montreal 1956*, 2: 657-659.

**Heinz, K. M. and F. G. Zalom. 1996.** Performance of the predator *Delphastus pusillus* on *Bemisia* resistant and susceptible tomato lines. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 81: 345-352.

**Hodek I. 1973.** *Biology of Coccinellidae*. Junk, The Hague.

**Hodek I. 1986.** Life cycle strategies, diapause and migration in aphidophagous Coccinellidae (minireview). In: *Ecology of Aphidophaga*, Hodek I. (Editor), Academia, Prague and Dr W. Junk, The Hague.

**Hodek, I. & Honek, A. 1996.** *Ecology of Coccinellidae*. London, Kluwer Academic Publishers.

**Hopper KR, 2003.** United States Department of Agriculture- Agricultural Research Service research on biological control of arthropods. *Pest Management Science*, 59: 643–653

**Hutchison WD, Burkness EC, Pahl G and Hurley TM, 2004.** Integrating novel technologies for cabbage IPM in the USA: value of on-farm research. *Proc 4th Int Workshop on the Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests*, 26–29 November 2001, University of Melbourne, Australia, pp. 371–379.

**Johnson M.W. & Tabashnik B.T, 1999.** Enhanced biological control through pesticide selectivity, in Handbook of Biological control, ed. by Bellows TS and Fisher TW. Academic, San Diego, CA, pp. 297–317.

**Kaakeh N., Kaakeh G.W. & Bennett G N 1996.** Topical toxicity of imidacloprid, fipronil and seven conventional insecticides to the abult convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) J. Entomol Sci 31:315-322.

**Katsarou, I., Margaritopoulos, J.T., Tsitsipis, J.A., Perdikis, D.Ch. & Zarpas, K.D. 2005.** Effect of temperature on development, growth and feeding of *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia convergens* reared on the tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae*. BioControl, 50: 565-588.

**Katsoyannos P., Stathas G.J., & Kontodimas D.C. 1997b.** Phenology of *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) in Greece. Entomophaga, 42: 435-444.

**Kesten, U. 1969.** Zur Morphologie und Biologie von *Anatis ocellata* (L.) (Coleoptera, Coccinellidae). Zeitschrift für angewandte Entomologie, 63: 412-445.

**Majerus M.& P. Kearns 1989.** Ladybirds. The Richmond Publishing Co. Ltd Great Britain.

**Mills, N J. 1982.** Voracity, cannibalism and coccinellid predation. Annals of Applied Biology, 101: 144–148.

**Pope, R. D. and J. F. Lawrence 1990.** A preliminary review of *Scymnodes* Blackburn (Coleoptera: Coccinellidae), with the description of a new Australian species and its larva. Systematic Entomology, 15: 241-252.



**Putman, W.L. 1955.** Bionomics of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) in Ontario. Canadian Entomologist, 86: 9-33.

**Roger C., Coddere D. & Vincent C. 1994.** Mortality and predation efficiency of *Coleomegilla maculate lengi* Timb. (Col., Coccinellidae) following pesticide applications. J. Econ. Entomol 87: 583-588.

**Roger C., Coddere D. & Vincent C. 1994.** Mortality and predation efficiency of *Coleomegilla maculate lengi* Timb. (Col., Coccinellidae) following applications of Neem extracts (*Aza- dirachta indica* A. Juss., Meliaceae) J. Appl. Entomol. 119: 439-443.

**Ripper WE, 1956.** Effect of pesticides on balance of arthropod populations. Annual Review of Entomology, 1: 403–438.

**Stark JD, Jepson PC and Mayer DF, 1995.** Limitations to use of topical toxicity data for predictions of pesticide side effects in the field. Journal of Economic Entomology, 88: 1081-1088.

**Singh, S.R., Walters, K.F.A., Port, G.R., 2001.** Behaviour of the adult seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in response to dimethoate residue on bean plants in the laboratory. Bull. Entomol. Res. 91, 221–226.

**Singh SR, Walters KFA, Port GR, Northing P. 2004.** Consumption rates and predatory activity of adult and fourth instar larvae of the seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (L.), following contact with dimethoate residue and contaminated prey in laboratory arenas. Biological Control 30:127-133.

**Tomizawa, M., and J.E. Casida. 2003.** Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annu. Rev. Entomol.* 48 : 339-364.

**Tomizawa, M., N. S. Millar, and J. E. Casida. 2005.** Pharmacological profiles of recombinant and native insect nicotinic acetylcholine receptors. *Insect Biochem. Molec. Biol.* 1347-1355.

**Tsitsipis, J. A., Lykouressis, D., Katis, N., Avgelis, A. D., Gargalianou, J., Papapanayotou, A. & Kokinis, G. M. 1998.** Aphid species diversity demonstrated by suction trap captures in different areas in Greece. pp. 495-501. In Nieto J.M. Nafria & Dixon, A. F. G. (Eds.), *Aphids in natural and managed ecosystems*. Universidad de León (Secretariado de publicaciones), León (Spain).

**Yu SJ, 1988.** Selectivity of insecticides to the spined soldier bug (Heteroptera: Pentatomidae) and its lepidopterous prey. *Journal of Economic Entomology*, 81: 119–122.

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

**Αθανασίου Γ. Χρήστος, 1999.** Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση. Πρακτικά 8<sup>ου</sup> Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου, 2-5 Νοεμβρίου 1999, Χαλκίδα.

**Ηλιόπουλος Γ. Αναστάσιος, .** Σημειώσεις Φυτοπροστασίας II, Εκδ. ΤΕΙ Καλαμάτας, 1997.

**Ιωαννίδης Φ.Μ. 1999.** Προβλήματα ανθεκτικότητας των εντόμων στα εντομοκτόνα στην Ελλάδα. Πρακτικά Συμποσίου: Αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας των εντόμων στα εντομοκτόνα. Αγρότυπος, σελ 272.

**Καπετανάκης, 2002.** Γεωργική Εντομολογία, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης-Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας

**Καπετανάκης, 2002.** Μέθοδοι κα Μέσα Αντιμετώπισης Φυτοπαράσιτων, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης-Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.

**Σκούρας, Π.Ι., Μαργαριτόπουλος, Ι., Ζάρπας Κ.Δ. και Τσιτσιπής, Ι. 2007.** Μελέτη δημογραφικών παραμέτρων σε αρπακτικά είδη της οικογένειας Coccinellidae. Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου, 13-16 Νοεμβρίου 2007, Λάρνακα, Κύπρος.

**Σκούρας, Π.Ι. 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, Μ.Ε.,1995.** Εντομολογία. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 501 σελ.

**Τζανακάκης, Μ.Ε. & Κατσόγιαννος, Β.Ι. 1998.** Έντομα Καρποφόρων Δένδρων και Αμπέλου. Αθήνα, Αγρότυπος Α.Ε.

**Τζανακάκης, Μ.Ε. & Κατσόγιαννος, Β.Ι. 2003.** Έντομα Καρποφόρων Δένδρων και Αμπέλου. Αθήνα, Αγρότυπος Α.Ε

**Τσιτσιπής, Ι. 1999.** Γενική Εντομολογία. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος.