

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ
ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΕ ΘΗΡΕΥΤΙΚΑ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ
COCCINELLIDAE

ΙΩΑΝΝΑ Δ. ΚΑΤΣΑΡΟΥ
ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΓΕΩΠΟΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΔΗΜΗΤΡΑ Σ. ΖΩΑΚΗ-ΜΑΛΙΣΙΟΒΑ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2008



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ
ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΕ ΘΗΡΕΥΤΙΚΑ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ
COCCINELLIDAE

ΙΩΑΝΝΑ Δ. ΚΑΤΣΑΡΟΥ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2008



ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΤΡΟΠΗ

Δ. ΖΩΑΚΗ: Καθηγήτρια ΤΕΙ Ηπείρου

Γ. ΠΑΤΑΚΙΟΥΤΑΣ: Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΙ Ηπείρου

Ν. ΜΑΛΙΣΙΟΒΑΣ: Καθηγητής ΤΕΙ Ηπείρου



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε κατά το χρονικό διάστημα Σεπτεμβρίου 2005 έως Μαΐου 2006 με υπεύθυνη την Καθηγήτρια Φυτοπροστασίας - Εντομολογίας και Προϊσταμένη του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του ΤΕΙ Ηπείρου κα Δ. Ζωάκη - Μαλισιόβα. Τα εργαστηριακά πειράματα πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής του ΤΕΙ Ηπείρου.

Η μεταπτυχιακή διατριβή αποτελείται από τέσσερα μέρη που παρουσιάζονται ως αυτόνομα κεφάλαια. Στο πρώτο γίνεται μια γενική εισαγωγή, δίνονται πληροφορίες για βασικά χαρακτηριστικά των θηρευτικών Κολεοπτέρων καθώς και των χρησιμοποιούμενων για την προστασία της φυτικής παραγωγής εντομοκτόνων και προσδιορίζεται ο σκοπός των πειραμάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το υλικό που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα και ο τρόπος εκτροφής και διατήρησής του.

Στο τρίτο και το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων εργαστηρίου και γίνεται μια ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στην επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου κα Δ. Ζωάκη - Μαλισιόβα για την ανάθεση του θέματος τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου προσέφερε όχι μόνον κατά την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής αλλά καθ' όλη τη διάρκεια τη συνεργασίας μας.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Δρ. Δ. Παπαχρήστο Ερευνητή του Μπενάκειου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου για την πολύτιμη βοήθεια και επιστημονική στήριξη που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια υλοποίησης της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστίες εκφράζονται ακόμη στον Ανδρέα Παπαβλασόπουλο, γεωπόνο Msc. για την επιστημονική βοήθεια και την πολύτιμη συμπαράσταση. Πολλές ευχαριστίες στην οικογένειά μου που πάντα με στηρίζει.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μελετήθηκε η επιβίωση, η διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων, το βάρος και η διάρκεια ζωής των ενηλίκων των τριών αρπακτικών Κολεοπτέρων *Hippodamia undecimnotata* (Schneider), *Oenopia globata* L. και *Propylaea quatuordecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), όταν ως θήραμά τους χρησιμοποιήθηκε η αφίδα των κουκιών *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) με φυτά ξενιστές της αφίδας φυτά φασολιού ή κουκιού σε σταθερές εργαστηριακές συνθήκες. Επίσης μελετήθηκε η τοξικότητα των δραστικών ουσιών imidacloprid, thiacloprid και methomyl σε προνύμφες και ενήλικα των αρπακτικών εντόμων *H. undecimnotata*, *O. globata* και *P. quatuordecimpunctata*.

Το είδος του φυτού που χρησιμοποιήθηκε ως ξενιστής των αφίδων επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την επιβίωση προνυμφών και νυμφών, την ταχύτητα ανάπτυξης των προνυμφών και το βάρος των ενηλίκων των θηρευτικών εντόμων. Δεν επέδρασε όμως σημαντικά στη μακροβιότητα των ενηλίκων. Τα είδη *H. undecimnotata* και *O. globata* αναπτύχθηκαν ταχύτερα, παρουσίασαν υψηλότερη επιβίωση και έδωσαν βαρύτερα και μακροβιότερα ενήλικα όταν αναπτύχθηκαν θηρεύοντας πάνω σε φυτά κουκιού σε σχέση με όταν αναπτυσσόταν θηρεύοντας πάνω σε φυτά φασολιού. Αν και τα τρία Κολεόπτερα φάνηκε να προσαρμόζονται καλύτερα στο κουκί σε σχέση με το φασόλι, το είδος *P. quatuordecimpunctata* έδειξε να επηρεάζεται σε μικρό βαθμό από το είδος του φυτού ξενιστή των αφίδων.

Μεταξύ των τριών εντόμων το φασόλι είναι καλύτερος ξενιστής στο σύνολο της ανήλικης ανάπτυξης για το είδος *P. quatuordecimpunctata*, ενώ είναι ακατάλληλο ως φυτό ξενιστής της *A. fabae* για το είδος *O. globata* αφού μόνον ένα μικρό ποσοστό των προνυμφών του είδους *O. globata* κατάφερε να επιβιώσει στο συγκεκριμένο φυτό. Στο κουκί καλύτερη προσαρμογή, παρουσίασε το είδος *O. globata*.

Η *A. fabae* στο φασόλι αποτέλεσε καταλληλότερο θήραμα για το είδος *P. quatuordecimpunctata* και αμέσως μετά για το είδος *H. undecimnotata*, ενώ η διατροφή της στο κουκί την κατέστησε καταλληλότερο θήραμα για το είδος *O. globata* και στη συνέχεια για το *H. undecimnotata*.

Και τα τρία αρπακτικά Κολεόπτερα ολοκλήρωσαν επιτυχώς την ανάπτυξή τους και στα δυο φυτά ξενιστές των αφίδων, όμως η ανάπτυξη και η επιβίωση τους ευνοείται όταν χρησιμοποιούν ως λεία την *A. fabae* πάνω σε φυτά κουκιών.

Η μέση διάρκεια ζωής των ενήλικων για τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata* ήταν από 20 έως 55% μεγαλύτερη με λεία αφίδες σε κουκί σε σχέση με λεία αφίδες σε φασόλι ανάλογα με το είδος και το φύλο του εντόμου. Για το είδος *P. quatuordecimpunctata* η μέση διάρκεια ζωής ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο περιπτώσεων τόσο για τα θηλυκά όσο και για τα αρσενικά έντομα.

Τα εντομοκτόνα προκάλεσαν σημαντική θνησιμότητα στα θηρευτικά έντομα η οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων έφτασε το 100% τόσο για τα έντομα που εκτέθηκαν στα εντομοκτόνα μια ημέρα μετά τον ψεκασμό τους όσο και για τα έντομα που εκτέθηκαν στα εντομοκτόνα οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό τους. Η πλειοψηφία των προνυμφών πρώτης ηλικίας που εκτέθηκαν στα ψεκασμένα φύλλα θανατώθηκε άμεσα. Η θνησιμότητα ήταν υψηλή και για τις προνύμφες τρίτης ηλικίας, ενώ επιβίωση έως και το στάδιο του ενηλίκου παρατηρήθηκε κυρίως στις προνύμφες που εκτέθηκαν στη δραστική ουσία imidacloprid. Παρόμοια τοξική δράση διαπιστώθηκε και για ενήλικα των θηρευτικών εντόμων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ενηλίκων (πάνω από 60%) πέθαιναν σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την επαφή τους με τα εντομοκτόνα (μικρότερο της μιας ημέρας), ενώ όπως και στην περίπτωση των προνυμφών έτσι και στην περίπτωση των ενηλίκων επιβίωση για μεγάλο χρονικό διάστημα παρατηρήθηκε κυρίως για τα ενήλικα που εκτέθηκαν στη δραστική ουσία imidacloprid.

Στην περίπτωση που τα χρησιμοποιούμενα φύλλα ψεκάστηκαν μια ημέρα πριν την κοπή τους, το imidacloprid βλάπτει στο μικρότερο βαθμό όλα τα στάδια ζωής του *H. undecimnotata*. Μεταξύ των τριών Κολεοπτέρων το είδος *O. conglobata* είναι το πιο ευπαθές στη χρήση των εντομοκτόνων μία ημέρα μετά τον ψεκασμό των φύλλων και φάνηκε πιο ανθεκτικό στο thiacloprid. Ο μεγαλύτερος αριθμός εντόμων που επιβιώνουν μετά την έκθεση στα τρία εντομοκτόνα μία ημέρα μετά τον ψεκασμό των φύλλων συναντήθηκε στο είδος *P. quatuordecimpunctata*, το οποίο παρουσιάζει παραπλήσια αντοχή στο imidacloprid και στο thiacloprid. Οι προνύμφες τρίτου σταδίου του *P. quatuordecimpunctata* ήταν το μόνο στάδιο ζωής - από τα εξεταζόμενα στα υπολείμματα μιας ημέρας έντομα - που έδειξε ένα βαθμό ανθεκτικότητας στο methomyl.

Όταν τα έντομα ήρθαν σε επαφή με φύλλα που ψεκάστηκαν οκτώ ημέρες πριν με εντομοκτόνα το είδος *H. undecimnotata* έδειξε μεγαλύτερη ανεκτικότητα στο imidacloprid και το thiacloprid, ενώ τα ενήλικα του είδους *O. conglobata* επιβίωσαν έστω και σε μικρό ποσοστό μετά την έκθεση σε methomyl, κατ' εξαίρεση με όσα

παρατηρήθηκαν στα ενήλικα των υπολοίπων ειδών. Το είδος *P. quatuordecimpunctata* παρουσίασε μικρή αντοχή στα εντομοκτόνα και στα τρία στάδια ζωής.

Το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από τον ψεκασμό των φυτών έως την κοπή των φύλλων ήταν σημαντικό μόνον για τη θνησιμότητα των ενηλίκων του είδους *O. conglobata* που εκτέθηκαν σε imidacloprid ενώ μια σαφώς μεγαλύτερη αρνητική επίδραση του methomyl παρατηρήθηκε σε όλα τα στάδια ανάπτυξης και στα ενήλικα των τριών θηρευτικών ακόμη και οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό.

Τα ωφέλιμα έντομα φάνηκε πως επηρεάζονται από την εφαρμογή εντομοκτόνων στα φυτά παρότι δεν τρέφονται από αυτά και τα τρία εξεταζόμενα εντομοκτόνα επιδρούν αρνητικά στην επιβίωση των τριών θηρευτικών Κολεοπτέρων αφού μειώνουν σημαντικά τους πληθυσμούς τους.

ABSTRACT

The present study covers the survival, duration of development of the immature stages, adult weight and longevity of three predatory ladybirds *Hippodamia undecimnotata* (Schneider), *Oenopia conglobata* L. and *Propylaea quatuordecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), in standard temperature. The prey used was the black bean aphid *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) which was reared on bean or broad bean plants. It is also studied the residual toxicity of three insecticides (containing imidacloprid, thiacloprid and methomyl) against larvae (first and third instar) of predacious coccinellids *H. undecimnotata*, *O. conglobata* and *P. quatuordecimpunctata*.

The plant species used as aphid host affected in great extent the survival of the coccinellid larvae and pupae. The larval developmental rate and adult weight were affected as well. The longevity of the adults was not affected significantly though. *H. undecimnotata* and *O. conglobata* developed faster, had higher rate of survival and gave heavier, longer living adults when developed by hunting on broad bean plants, compared to those developed by hunting on bean plants. Even though all three coccinellids seemed to adjust better on the broad bean, *P. quatuordecimpunctata* seemed to be affected to a small extent by the kind of the aphid host plant.

The bean is the best host for *A. fabae* when it is being used as prey for the *P. quatuordecimpunctata* throughout all of its immature development, however, it proved to be a unsuitable host plant for the aphids when they are used as prey for the *O. conglobata*, because only a small percentage survived a larval stage when the aphids were fed this particular plant species. In the broad bean *O. conglobata* presented the best adjustment.

In the bean plants *P. quatuordecimpunctata* proved to be the best predator, as far as *A. fabae* is concerned, followed by the *H. undecimnotata*. The nutrition value in the broad bean made the aphids the best prey for *O. conglobata* followed by *H. undecimnotata*.

All three predatory beetles completed successfully their development in both aphid host plants, but their development and survival is favoured when *A. fabae* is reared on broad bean plants.

The mean life expectancy of the adults for both *H. undecimnotata* and *O. conglobata* was 20 - 55% higher when preying on aphids on broad beans, compared to

when preying on aphids on beans according to the species and the sex of the insect. For *P. quatuordecimpunctata* the mean life expectancy was similar among the two cases for both the female and male insects.

A very high mortality rate was noted (nearly 100%) both when the insects were exposed to plant one day after treatment with insecticides, as well as when the insects were exposed to the treated plants eight days after the insecticides treatment. The majority of the first instars that were exposed to treated leaves died instantly. The mortality was high for the third instars, while survival up to the stage of adult was noted mainly in the larvae that were exposed to imidacloprid. Similar toxic action was detected for adult predatory insects. Most of the adult population died shortly after its interaction with insecticides (less than one day). Adult survivorship was noted to be longer mainly in the adults that were exposed to imidacloprid.

In the case that the leaves were sprayed one day before used, imidacloprid affected to a small extent all the life stages of *H. undecimnotata*. Among the three coccinellids *O. conglobata* is the most susceptible to the use of insecticides one day after the treatment of the leaves and it appeared to be the most tolerant to thiacloprid. The largest amount of insects that survived after their exposure to the three insecticides (one day after the treatment) was found in *P. quatuordecimpunctata*, which presents similar tolerance to both imidacloprid and thiacloprid. The third instar of *P. quatuordecimpunctata* was the only life stage that showed some tolerance to methomyl (of the examined in the residues of one day coccinellids).

When the coccinellids came in touch with leaves that were sprayed eight days before with insecticides, *H. undecimnotata* showed greater tolerance to imidacloprid and thiacloprid, while the adults of *O. conglobata* survived even to a small percentage after the exposure to methomyl in exception to what was observed in the adults of the rest of the species. *P. quatuordecimpunctata* presented low tolerance to the pesticides in all three life stages.

The period of time between the treatment and the pick of the leaves was important only for the mortality of the adults of *O. conglobata* that were exposed to imidacloprid, while an obviously higher negative effect of methomyl was observed to all the developmental stages and the adults of the three predatory beetles even eight days after the treatment.

The beneficial insects seemed to be affected by the application of insecticides in the plants, even though they are not fed on those and all three examined

insecticides reflected in a negative way to the survival of the three coccinellids since they may reduce significantly their population.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ABSTRACT	v

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Γενική Εισαγωγή

1. Σύγχρονη Φυτοπροστασία	3
2. Aphididae	5
2.1. Το είδος <i>Aphis fabae</i> Scopolì	5
3. Coccinellidae	7
3.1. Γενικά	7
3.2. Μορφολογία	8
3.3. Βιολογικός Κύκλος	9
3.4. Οικολογία	12
Διατροφικές Συνήθειες	12
Μετανάστευση	13
3.5. Βιολογική Καταπολέμηση	14
3.6. Το είδος <i>Hippodamia undecimnotata</i>	14
3.7. Το είδος <i>Oenopia conglobata</i> L.	15
3.8. Το είδος <i>Propylaea quatuordecimpunctata</i> L.	15
4. Χημική Καταπολέμηση Αφίδων	16
4.1. Νεονικοτινοειδή Εντομοκτόνα	17
4.2. Καρβαμιδικά Εντομοκτόνα	18
5. Σκοπός της Εργασίας	20
6. Βιβλιογραφία	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Γενικά Υλικά και Μέθοδοι

1. Πειραματικό Υλικό	25
2. Διατήρηση Πειραματικού Υλικού	25
Αποικίες Αφίδων	25
Αποικίες Αρπακτικών	26
Φυτά	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Ανάπτυξη και επιβίωση τριών θηρευτικών της οικογένειας *Coccinellidae* με λεία την αφίδα των κουκιών *Aphis fabae*

1. Περίληψη	28
2. Εισαγωγή	30
3. Υλικά και Μέθοδοι	32
3.1. Πειραματικό Υλικό	32
3.2. Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε	32
3.3. Πειραματική Μεθοδολογία	32
3.4. Ανάλυση Στοιχείων	34
4. Αποτελέσματα	36
5. Συζήτηση – Συμπεράσματα	51
6. Βιβλιογραφία	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Τοξικότητα ορισμένων εντομοκτόνων σε θηρευτικά έντομα της οικογένειας *Coccinellidae*

1. Περίληψη	59
2. Εισαγωγή	61
3. Υλικά και Μέθοδοι	63
3.1. Πειραματικό Υλικό	63
3.2. Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε	63
3.3. Πειραματική Μεθοδολογία	64
3.4. Ανάλυση Στοιχείων	66
4. Αποτελέσματα	67
5. Συζήτηση – Συμπεράσματα	78
6. Βιβλιογραφία	83



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Σύγχρονη Φυτοπροστασία

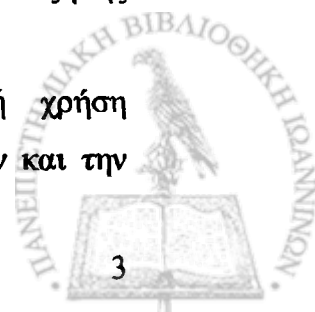
Παρά την πρόοδο στην επιστήμη της φυτοπροστασίας, ακόμη και σήμερα παρατηρούνται σημαντικές απώλειες παραγωγής λόγω της δραστηριότητας διαφόρων εχθρών των καλλιεργούμενων φυτών, όπως τα έντομα.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση των πληθυσμών αποτελεί τη σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργουμένων φυτών. Ολοκληρωμένη καταπολέμηση σύμφωνα με την ICPP και την Ελληνική Εντομολογική Εταιρεία, ονομάζεται η συνδυασμένη χρησιμοποίηση πολλαπλών μεθόδων (βιολογικών, χημικών, καλλιεργητικών, βιοτεχνολογικών κ.α.) συμβατών μεταξύ τους, για τη διατήρηση των πληθυσμών των εχθρών σε επίπεδα κάτω από αυτά που προκαλούν οικονομική ζημιά στην παραγωγή, ενώ εξασφαλίζεται προστασία στον άνθρωπο, στα οικιακά ζώα, στα φυτά και στο περιβάλλον.

Με τον όρο βιολογική καταπολέμηση πολλές φορές εννοείται η καταπολέμηση των εχθρών που συμβαίνει χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου (φυσική βιολογική καταπολέμηση) αλλά και η εισαγωγή και ο χειρισμός των φυσικών εχθρών από τον άνθρωπο για το σκοπό αυτό (εφαρμοσμένη βιολογική καταπολέμηση) (Τσιτσιπής 2000).

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 εκτεταμένη χρήση εντομοκτόνων στις καλλιέργειες μπορεί να οδηγήσει σε επανεμφάνιση των πρωτευόντων εχθρών, αντικατάστασή τους από πληθυσμούς δευτερευόντων εχθρών (Elzen 2001), μόλυνση του περιβάλλοντος (Frank *et al.* 1990), επιδράσεις σε οργανισμούς μη στόχους (Croft 1990), ανάπτυξη ανθεκτικότητας των επιβλαβών εντόμων (Brattsten *et al.* 1986), τοξικότητα σε ανθρώπους-ζώα, αλλά και εμφάνιση προβλημάτων στους παραγωγούς λόγω αύξησης του κόστους παραγωγής (Τσιτσιπής 2000).

Το αυξανόμενο κοινωνικό ενδιαφέρον για την υπερβολική χρήση εντομοκτόνων και τις επιπτώσεις τους στη δημόσια υγεία, το περιβάλλον και την



ποιότητα των προϊόντων υποδεικνύει την ανάγκη για ανάπτυξη και εφαρμογή προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης. Οι μέθοδοι βιολογικής καταπολέμησης ενός τέτοιου προγράμματος, πρέπει να συμπληρώνονται με τεχνικές βασιζόμενες στα αποτελέσματα ερευνών σχετικών με την εκλεκτικότητα των εντομοκτόνων, γενετικές παραμέτρους, την ανθεκτικότητα των φυτών κ.α.

2. Aphididae

Οι αφίδες κατατάσσονται μεταξύ των πιο βλαβερών εχθρών των καλλιεργουμένων φυτών. Είναι μικρόσωμα έντομα μήκους 1-3 και σπανίως 7 mm, με μαλακό σώμα που απομυζούν τα φυτά και χαρακτηρίζονται κυρίως από τον ιδιόμορφο βιολογικό τους κύκλο, την ικανότητά τους να αναπαράγονται αγενώς και εγγενώς καθώς και από τον πολυμορφισμό τους. Ανήκουν στην οικογένεια Aphididae, της τάξης Hemiptera (Heie 1980). Είναι δυνατό να εμφανιστούν σε μεγάλους αριθμούς στα καλλιεργούμενα φυτά. Εγκαθίστανται κατά προτίμηση στις κορυφές τρυφερών βλαστών και στα τρυφερά φύλλα, που συστρέφονται εξαιτίας της προσβολής. Προκαλούν άμεσες ζημιές μέσω της απομύζησης χυμών από τα φυτά, που οδηγεί στη χλώρωση ή κηλίδωση των φύλλων και των καρπών. Ενώ υπάρχει περίπτωση να βλάψουν τα φυτά και με έμμεσο τρόπο, καθώς η ρύπανση του φυτού και των καρπών από τα μελιτώδη αποχωρίσματά τους ευνοεί την ανάπτυξη καπνιάς από σαπροφυτικούς μύκητες. Οι αφίδες θεωρούνται μία από τις κύριες κατηγορίες εντόμων που συμβάλουν στη μετάδοση ιώσεων, ζημιώνοντας έτσι έμμεσα τα φυτά.

Η μαύρη αφίδα των κουκιών αποτελεί ένα από τα κυριότερα έντομα που ζημιώνουν τις καλλιέργειες φασολιού και κουκιού στη χώρα μας (Γαλανοπούλου 1999).

2.1. Το είδος *Aphis fabae* Scopoli

Ταξινόμηση: Το είδος *Aphis fabae* ανήκει στην οικογένεια Aphididae, την υπεριοικογένεια Aphidoidea, στην υποτάξη Homoptera, της τάξης Hemiptera σύμφωνα με τη συστηματική κατάταξη του Heie (1980). Το κοινό όνομα του είδους είναι μαύρη αφίδα των κουκιών και των φασολιών.

Περιγραφή ενηλίκου: Το άπτερο παρθενογεννητικό ζωοτόκο θηλυκό έχει σχετικά παχύ σώμα μήκους 2-2,5 mm και χρώμα σκούρο πρασινόμαυρο έως θαμπό μαύρο. Οι κεραίες είναι μικρότερες από τα 2/3 του σώματος. Στο τέλος της κοιλιάς έχει δυο σωληνοειδή εξαρτήματα, τους σίφωνες ή κεράτια που είναι λεπτοί και κοντοί. Στην άκρη της κοιλιάς υπάρχει μια απόφυση, η ουρίτσα (cauda) που είναι πιο μικρή από τους σίφωνες. Οι κεραίες, οι σίφωνες και η ουρά έχουν μαύρο χρώμα, ενώ τα πόδια είναι ανοιχτόχρωμα (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Άπτερο παρθενογενετικό θηλυκό του είδους *Aphis fabae* (πηγή: www3.imperial.ac.uk).

Γεωγραφική εξάπλωση: Συναντάται σε πολλές περιοχές της γης και κυρίως στην Ευρώπη και τη Μέση Ανατολή.

Ξενιστές: το είδος αυτό είναι εξαιρετικά πολυφάγο καθώς προσβάλλει περισσότερα από 200 είδη φυτών. Από τα καλλιεργούμενα ζημιώνει κυρίως τα κουκιά, τα φασόλια, τη μηδική, τα τεύτλα, την πατάτα κ.ά.

Βιολογία: Το *A. fabae* έχει πολλές γενιές το έτος. Σε εύκρατα κλίματα το έντομο διαχειμάζει με τη μορφή του χειμέριου αυγού στο φλοιό των κυρίων ξενιστών (*Enonymus*, *Viburnum*, *Philadelphus*). Οι θεμελιακές μορφές είναι άπτερες για 1-3 γενιές, κατόπιν μεταναστεύουν σε δευτερεύοντες ξενιστές και το Φθινόπωρο τα πτερωτά αρσενικά και τα θηλυτόκα μεταναστεύουν στον πρωτεύοντα ξενιστή, όπου τα θηλυτόκα γεννούν άπτερα ωοτόκα έντομα. Σε περιοχές με ήπιο κλίμα το έντομο παρουσιάζει ανολοκυκλικό κύκλο.

Ζημιές: Εκτός από την αξιόλογη άμεση ζημιά που προκαλεί στα φυτά και αναφέρθηκε, η αφίδα αυτή είναι σημαντικός φορέας έμμονων, μη-έμμονων και ημι-έμμόνων ιών σε πολλά φυτά.

Καταπολέμηση: Συνήθως γίνεται με χημικά μέσα. Σε περίπτωση που η επέμβαση με εντομοκτόνα εναντίον των αφίδων κρίνεται αναγκαία (όταν ο πληθυσμός είναι αξιόλογος και οι συνθήκες ευνοϊκές για το έντομο -μετρίως θερμός και υγρός καιρός-) πρέπει να γίνεται έγκαιρα με εκλεκτικά, αποτελεσματικά αφιδοκτόνα (Τσιτσιπής 1999).

3. Coccinellidae

3.1. Γενικά

Τα αποτελέσματα του περιορισμού του πληθυσμού των αφίδων από εντομοφάγα έντομα σε ορισμένες περιπτώσεις υπήρξαν εντυπωσιακά. Τα ωφέλιμα έντομα δεν μπορούν να θεωρηθούν πλήρως υπεύθυνα για την κατάρρευση του πληθυσμού των αφίδων, αφού συνήθως οι πληθυσμοί τους δε συγχρονίζονται πλήρως. Είναι όμως δυνατό να συμβάλουν σημαντικά, καθώς και μόνο η συνεχής παρουσία τους μπορεί να εμποδίσει την αναγέννηση του πληθυσμού των αφίδων ή τον επαναποικισμό των φυτών.

Ανάμεσα στους πιο αποτελεσματικούς φυσικούς εχθρούς των αφίδων περιλαμβάνονται παρασιτοειδή Υμενόπτερα (Proctotrupidae, Chalcididae, Braconidae, Aphidiidae), αρπακτικά Νευρόπτερα των οικογενειών Chrysopidae και Hemerobiidae, αρπακτικά Δίπτερα των οικογενειών Syrphidae και Cecidomyiidae, και αρπακτικά Κολεόπτερα των οικογενειών Coccinellidae, Carabidae και Staphylinidae.

Περίπου 3500 είδη της οικογένειας Coccinellidae έχουν περιγραφεί παγκοσμίως. Πολυάριθμα είδη των αφιδοφάγων αυτών εντόμων, όπως τα *Hippodamia undecimnotata* (Schneider), *Oenopia conglobata* L. και *Propylaea quatuordecimpunctata* L., είναι σημαντικοί φυσικοί εχθροί σε πολλά αγροοικοσυστήματα. Παρόλ' αυτά λίγα είναι γνωστά σχετικά με τους πληθυσμούς αρπακτικών Coccinellidae σε καλλιέργειες κουκιού και φασολιού ή για την επίδρασή τους στους πληθυσμούς των αφίδων που συναντώνται στα φυτά αυτά.

Τα Coccinellidae είναι μικρά ή μετρίου μεγέθους έντομα, μήκους 0.8 έως 18 mm το μέγιστο. Το σώμα τους είναι κυρτό, με στρογγυλό ή οβάλ σχήμα. Το πιο εμφανές γνώρισμα της ραχιαίας πλευράς τους όταν βρίσκονται σε ηρεμία είναι τα έλντρα, που στα περισσότερα είδη έχουν ζωνηρά χρώματα και συνήθως καλύπτονται από βούλες, λωρίδες ή ραβδώσεις. Τα φωτεινά χρώματά τους πιστεύεται ότι αποτελούν μια προειδοποίηση της δυσάρεστης γεύσης τους, ώστε να μη θηρεύονται από πουλιά. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι όλα τα Coccinellidae αρπακτικά, καθώς ορισμένα είδη είναι αποκλειστικά φυτοφάγα (Blackman 1974).



3.2. Μορφολογία

Στα ενήλικα Coccinellidae ο θώρακας καλύπτεται από το πρόνωτο και τα έλυτρα, τα οποία σκεπάζουν και την κοιλιά. Τα πόδια είναι βαδιστικού τύπου. Οι κεραίες τους είναι κοντές, ροπαλοειδείς. Υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά γνωρίσματα των Coccinellidae:

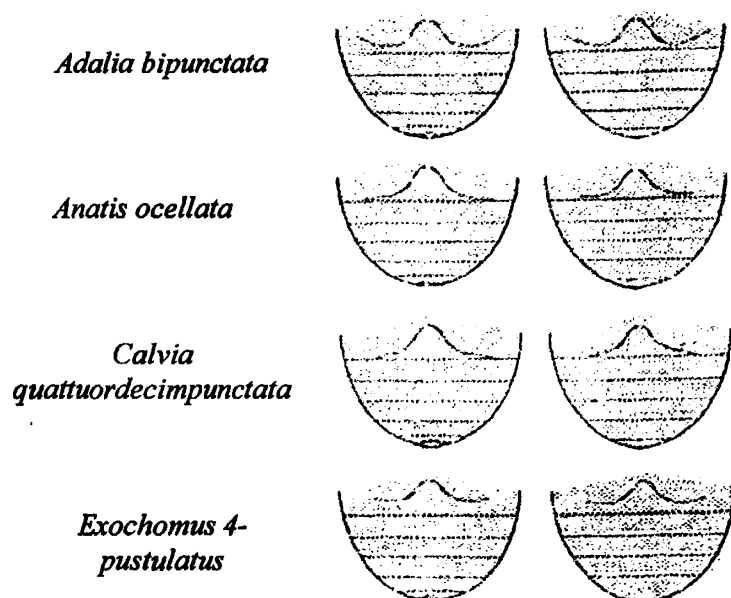
(i) Το πρόσθιο ζεύγος πτερύγων έχει μεταμορφωθεί ώστε να σχηματίζει σκληρά ή δερματώδη έλυτρα, τα οποία ενώνονται σε μια κεντρική γραμμή και σκεπάζουν την κοιλιά. Τα έλυτρα καλύπτουν και προστατεύουν το δεύτερο ζεύγος μεμβρανωδών πτερύγων, που βρίσκονται διπλωμένα κάτω από αυτά, όταν το έντομο δεν πετά.

(ii) Έχουν μασητικού τύπου στοματικά μόρια (Majerus & Kearns 1989).

Οι προνύμφες των Coccinellidae έχουν μακρύ και ευλύγιστο σώμα. Μεταξύ των ειδών διακρίνουμε μορφολογικές και χρωματικές διαφορές.

Η διάκριση μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων θεωρείται γενικά δύσκολη. Στα περισσότερα είδη τα θηλυκά είναι ελαφρώς μεγαλύτερα από τα αρσενικά και μπορεί να υπάρχουν διαφορές στο σχήμα. Όμως τα κριτήρια του μεγέθους και του σχήματος δεν είναι τελείως αξιόπιστα και δε μπορούν να γενικευθούν.

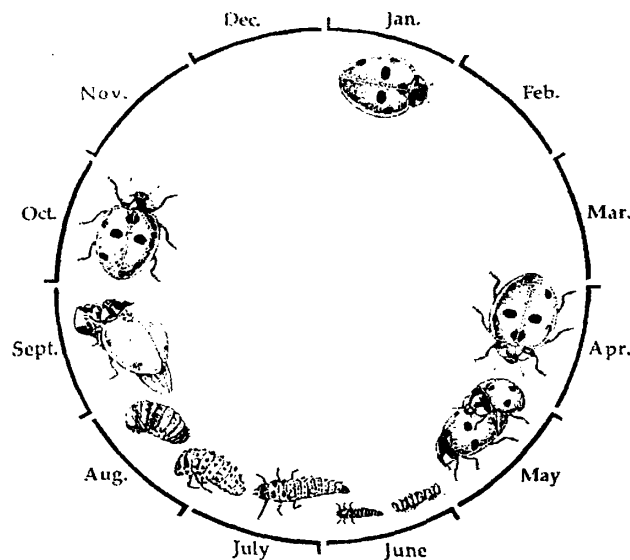
Το μόνο γνώρισμα που συναντάται σε όλα τα αρσενικά και απουσιάζει από όλα τα θηλυκά, είναι τρεις κυρτωμένοι δακτύλιοι από λεπτό εύκαμπτο δερμάτιο στα τελευταία κοιλιακά μεταμερή. Αυτοί καθιστούν την κοιλιά των αρσενικών ικανή να κάμπτεται στις σωστές γωνίες κατά τη διάρκεια της σύζευξης και αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο διαγνωστικό χαρακτηριστικό των φύλων (Εικόνα 2) (Majerus & Kearns 1989).



Εικόνα 2: Η κάτω πλευρά των κοιλιακών μεταμερών, όπου φαίνονται οι διαφορές μεταξύ των δυο φύλων, σε διάφορα είδη Κολεοπτέρων. Στην αριστερή πλευρά φαίνονται τα αρσενικά άτομα (πηγή: Majerus & Kearns 1989).

3.3. Βιολογικός κύκλος

Τα είδη της οικογένειας Coccinellidae είναι ολομετάβολα έντομα και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους περνούν από τα στάδια: αυγό, προνύμφη 1^{ου} έως 4^{ου} σταδίου (larva), pre-rupa, νύμφη (rupa) και ενήλικο (Hodek 1973) (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Σχηματική απεικόνιση του κύκλου ζωής ενός Κολεοπτέρου, βασισμένη στο είδος *Coccinella septempunctata* (πηγή: Majerus & Kearns 1989).

Ο πλήρης βιολογικός κύκλος πολλών ειδών στη φύση διαρκεί ένα χρόνο. Τα αυγά εναποτίθενται την άνοιξη ή τις αρχές του καλοκαιριού. Οι προνύμφες τρέφονται για περίπου ένα μήνα και έπειτα η νέα γενιά ενηλίκων εμφανίζεται στα μέσα με τέλη του καλοκαιριού. Τα ενήλικα συνήθως διατρέφονται, αλλά δε ζευγαρώνουν μέχρι την επόμενη άνοιξη. Έτσι τα περισσότερα είδη έχουν μόνο μια γενιά το χρόνο (Majerus & Kearns 1989).

Με τη μείωση του μήκους της ημέρας τα έντομα εισέρχονται σε διάπαυση, όπου η ύπαρξη ενεργειακών αποθεμάτων και ο μειωμένος μεταβολικός τους ρυθμός καθιστούν δυνατή την επιβίωση για μια μακρά 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 στο μήκος της ημέρας (Hodek 1973).

Αυγό: 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 έτσι ώστε αυτά να 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). Τα αυγά σε περίπου τέσσερις ημέρες εκκολάπτονται, αν και το διάστημα αυτό

ποικίλλει και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία. Λίγες ημέρες πριν την εκκόλαψη τα αυγά γίνονται γκρίζα (Hodek 1973).

Προνύμφη: Μετά την εκκόλαψη των αυγών, οι νεαρές προνύμφες παραμένουν κοντά στο κέλυφος για περίπου μια ημέρα. Συνήθως τρώνε τα κελύφη, ενώ πολύ συχνά τρώνε και τα αυγά που δεν έχουν εκκολαφθεί ή τις προνύμφες που εκκολάπτονται μετά από αυτές. 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 βυθισμένα 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 συμπαγή μέρη του σώματος του θηράματος όπως τα πόδια ή οι κεραίες (Majerus & Kearns 1989).

Οι προνύμφες υφίστανται έκδυση τρεις φορές πριν τη νύμφωση. Μετά από κάθε έκδυση περνούν στο επόμενο προνυμφικό στάδιο. Το παλιό έκδυμα σχίζεται από την ραχιαία πλευρά και η προνύμφη ελευθερώνεται σε περίπου μία ώρα. Το νέο δέρμα είναι αρχικά μαλακό και ωχρό, 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. Από μία συγκεκριμένη πυκνότητα θηραμάτων και πάνω ο ρυθμός ανάπτυξης δεν αυξάνεται, όμως τα άτομα που προκύπτουν είναι μεγαλύτερα (Majerus & Kearns 1989).

Pre-pupa: Η προνύμφη 4^{ου} σταδίου τουλάχιστον εικοσιτέσσερις ώρες πριν από τη νύμφωση σταματά να τρέφεται και παραμένει ακίνητη. Η άκρη της κοιλιάς της 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 και χαμηλώνει πολλές φορές και με μεγάλη ταχύτητα. Ο χρωματισμός της νύμφης επηρεάζεται αρκετά από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ η διάρκεια της νύμφωσης ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία (Majerus & Kearns 1989).

Ενήλικο: Το τέλειο έντομο προβάλλει σκίζοντας το μπροστινό μέρος της νυμφικής θήκης. Χρειάζονται αρκετά λεπτά μέχρι το έντομο να ελευθερωθεί. 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 ενήλικου 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.

Μία μόνο σύζευξη είναι αρκετή για να καλύψει όλη την αναπαραγωγική ζωή των θηλυκών ατόμων των περισσότερων ειδών, παρόλ' αυτά τα ενήλικα ζευγαρώνουν πολλές φορές.

3.4. Οικολογία

ι) Διατροφικές συνήθειες

Ποικιλότητα τροφής: Όταν υπάρχει μικρό απόθεμα κατάλληλης τροφής, τα ενήλικα Coccinellidae είναι ικανά να μην τραφούν για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, να προσλάβουν μόνο περιορισμένη ποσότητα τροφής ή να στραφούν προς ένα διαφορετικό υποκατάστατο τροφής, που μπορεί να είναι είδος εντόμου ή είδος φυτικής προέλευσης. Ορισμένα είδη εντόμων δε γίνονται αποδεκτά ως τροφή από τα Coccinellidae, είτε γιατί περιέχουν ορισμένες ειδικές, τοξικές ουσίες, είτε γιατί έχουν ανεπαρκή θρεπτική αξία. Όταν τα αποδεκτά έντομα δεν είναι αρκετά, η ωοτοκία σταματά ή μειώνεται και ένα ποσοστό προνυμφών, που ποικίλλει, πεθαίνει χωρίς να έχει ολοκληρώσει την ανάπτυξή του (Hodek 1973).

Η πολυφαγία των αρπακτικών Coccinellidae αναφέρεται στη σχέση τους με την αποδεκτή αλλά ποσοτικά ανεπαρκή τροφή. Στην πραγματικότητα εμφανίζουν μια

εξειδίκευση όσον αφορά τη βασική τους τροφή, η οποία επιτρέπει την πλήρη ανάπτυξη και ωοπαραγωγή (Hodek 1973).

Καννιβαλισμός: Είναι δυνατόν άτομα του ίδιου ή και διαφορετικών ειδών Coccinellidae να χρησιμεύσουν ως εναλλακτική τροφή ελλείψει άλλου θηράματος. Κυρίως καταναλώνονται αυγά ή ευάλωτα άτομα που μόλις έχουν βγει από τη νύμφωση. Αυτό το χαρακτηριστικό εμποδίζει τη μαζική παραγωγή των Coccinellidae, καθώς μόλις εκκολαφθούν τα αυγά οι προνύμφες πρέπει να απομονώνονται. Ο καννιβαλισμός αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσης των προνυμφών, καθώς ένας αριθμός προνυμφών - έστω και μικρός - καταφέρνει να επιβιώσει όταν υπάρχει πολύ χαμηλή πυκνότητα θηραμάτων και παρατείνει έτσι το διαθέσιμο χρόνο αναζήτησης αφίδων από τις νεαρές προνύμφες.

Συμπεριφορά αναζήτησης τροφής: Η συμπεριφορά αναζήτησης τροφής των Coccinellidae είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την επιβίωση αλλά και την αποτελεσματικότητά τους. Πειράματα έχουν δείξει ότι ούτε οπτικός, ούτε οσφρητικός προσανατολισμός λαμβάνει χώρα στη συμπεριφορά αναζήτησης θηραμάτων. Τα Coccinellidae δεν ανακαλύπτουν τη λεία τους, μέχρι να υπάρξει άμεση φυσική επαφή. Το θήραμα μπορεί να παραβλεφθεί ακόμη και αν βρίσκεται λίγα χιλιοστά μακριά (Banks 1957), έστω και αν ο άνεμος μεταφέρει την οσμή στα Coccinellidae (Bansch 1964 in Hodek 1966). Παρόλ' αυτά η κίνηση των προνυμφών και των ενηλίκων Coccinellidae δεν είναι τελείως τυχαία. Έχουν παρατηρηθεί κάποιες κανονικότητες στη συμπεριφορά τους, οι οποίες κάνουν πιο πιθανή τη συνάντηση των αρπακτικών και των θηραμάτων.

ii) Μετανάστευση

Τα Κολεόπτερα ορισμένες φορές εμφανίζονται σε τεράστιους αριθμούς. Αυτό το φαινόμενο εξηγείται μερικώς κατανοώντας τη συμπεριφορά κατά τη διάπauσή τους (ορισμένα είδη κάνουν μακρινές αποδημητικές πτήσεις, δημιουργούν μεγάλα σύνολα και παρουσιάζουν μεγάλη διάπauση). Βέβαια ορισμένες σποραδικές μαζικές εμφανίσεις των Coccinellidae οφείλονται σε άλλα αίτια. Οι ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως για παράδειγμα ο υπερπληθυσμός αφίδων σε συνδυασμό με καλές καιρικές συνθήκες, μπορεί να οδηγήσουν στην υψηλότερη δυνατή γονιμότητα των θηλυκών Coccinellidae. Όταν τα νεαρά άτομα βγουν από τη νύμφωση, οι αφίδες μπορεί να έχουν εξαφανιστεί από τη συγκεκριμένη βιοθέση, λόγω της μετανάστευσής

τους που είναι μέρος του κανονικού, εποχιακού βιολογικού τους κύκλου, και της αρπακτικής δράσης των Coccinellidae. Λόγω του υψηλού ανταγωνισμού για τις αφίδες που έχουν απομείνει, η κινητικότητα των Κολεοπτέρων αυξάνεται σημαντικά. Αυτή η πολύ πιθανή αλυσίδα γεγονότων μπορεί να εξηγήσει τις μη περιοδικές εμφανίσεις των Coccinellidae. Γενικά μόνο τα αφιδοφάγα Κολεόπτερα εμφανίζονται σε τόσο μεγάλους αριθμούς, λόγω της εφήμερης αφθονίας των θηραμάτων τους στις περισσότερες βιοθέσεις.

3.5. Βιολογική καταπολέμηση

Η χρήση των Coccinellidae σε προγράμματα βιολογικής καταπολέμησης ευνοείται από την ικανότητά τους να τρέφονται με διαφορετικά είδη εντόμων, καθώς και από το ότι τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες είναι εντομοφάγα.

Τα Coccinellidae έχουν σημαντική επίδραση στην πανίδα του αγρού, ίσως όμως αυτή να θεωρείται ανεπαρκής για να μειώσει ή να διατηρήσει τους πληθυσμούς των αφίδων στα επιθυμητά, κάθε φορά, επίπεδα.

Οι βασικές αρχές της βιολογικής καταπολέμησης πρέπει να εφαρμόζονται εξειδικευμένα για κάθε καλλιέργεια και για κάθε κλιματική περιοχή. Συνεπώς περαιτέρω μελέτες πρέπει να γίνουν, κυρίως για τα είδη Coccinellidae που περιορίζουν σημαντικά τους αριθμούς των αφίδων, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.

3.6. Το είδος *Hippodamia undecimnotata*

Ταξινόμηση: Ανήκει στην υπερουκογένεια Cucujoidea της τάξης Coleoptera, στην οικογένεια Coccinellidae, την υποοικογένεια Coccinellinae, στο γένος *Hippodamia* και στο είδος *undecimnotata*.



Εικόνα 4: Ενήλικο έντομο του είδους *Hippodamia undecimnotata*

3.7. Το είδος *Oenopia conglobata* L.

Ταξινόμηση: Ανήκει στην τάξη Coleoptera, στην υπερικογένεια Cucujoidea, στην οικογένεια Coccinellidae, την υποοικογένεια Coccinellinae, στο γένος *Oenopia* και στο είδος *conglobata*.



Εικόνα 5: Ενήλικο έντομο του είδους *Oenopia conglobata*.

3.8. Το είδος *Propylaea quatuordecimpunctata* L.

Ταξινόμηση: Ανήκει στην υπερικογένεια Cucujoidea της τάξης Coleoptera, στην οικογένεια Coccinellidae, στο γένος *Propylaea* και στο είδος *quatuordecimpunctata*.

Περιγραφή ενηλίκου: Το τέλειο έντομο έχει μήκος σώματος από 4 έως 5 mm. Το πρόνωτο είναι κίτρινο, ενώ τα έλυτρα έχουν συνήθως δεκατέσσερις μαύρες βούλες μερικές από τις οποίες συμπίπτουν στη γραμμή ένωσής τους (Εικόνα 6).

Γεωγραφική εξάπλωση: Το είδος αυτό είναι ιθαγενές της Ευρώπης. Συναντάται επίσης στο Νοτιοανατολικό Καναδά και στη Βορειοανατολική Αμερική.

Εύρος θηραμάτων: Τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες τρέφονται με αφίδες.



Εικόνα 6: Ενήλικο έντομο του είδους *Propylaea quatuordecimpunctata*

4. Χημική Καταπολέμηση Αφίδων

Σε περίπτωση που η επέμβαση με εντομοκτόνα εναντίον των αφίδων κρίνεται αναγκαία (όταν ο πληθυσμός είναι αξιόλογος και οι συνθήκες ευνοϊκές για το έντομο-μετρίως θερμός και υγρός καιρός-) πρέπει να γίνεται έγκαιρα με εκλεκτικά, αποτελεσματικά αφιδοκτόνα (Τσιτσιπής 1999). Έτσι παρουσιάζει ενδιαφέρον η μελέτη της επίδρασης των φαρμάκων που εφαρμόζονται εναντίον τους, όπως τα καρβαμικά και τα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα, στα ωφέλιμα αφιδοφάγα έντομα.

Για ψεκασμό φυλλώματος χρησιμοποιούνται με επιτυχία ορισμένα καρβαμικά εντομοκτόνα. Σε αυτά ανήκουν ουσίες όπως το methomyl, που ενώ δρουν ως επαφής έχουν την ικανότητα να εισέρχονται στα φύλλα και να δρουν και ως πεπτικού συστήματος εναντίον ειδών αφίδων που νύσσουν και μυζούν το περιεχόμενο παρεγχυματικών κυττάρων. Τα εντομοκτόνα αυτά μπορούν συνεπώς να σκοτώσουν τις ανωτέρω αφίδες έστω και αν είναι σε συστραμμένα φύλλα, προστατευμένες από το ψεκαστικό υγρό (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος 1998). Το imidacloprid και το thiacloprid ανήκουν στην ομάδα των νεονικοτινοειδών και χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των αφίδων. Ειδικότερα το imidacloprid εισήχθη στην καταπολέμηση επιβλαβών εντόμων αγρού στις αρχές του 1990 (Sclar *et al.* 1998). Η διασυστηματική του δράση, η χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά και η αποτελεσματικότητα εναντίον ενός μεγάλου εύρους επιβλαβών εντόμων, το καθιστούν μία ελκυστική επιλογή για ποικιλία προγραμμάτων φυτοπροστασίας (Mullins 1993). Είναι μια από τις κύριες χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια για ολοκληρωμένη καταπολέμηση σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες λαχανικών, όπου δεν είναι διαθέσιμοι αποτελεσματικοί παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης των αφίδων. Ακόμη όμως και στις περιπτώσεις που υπάρχουν αρπακτικά, το imidacloprid χρησιμοποιείται ευρέως για την καταπολέμηση αφίδων και θριπών (Youn *et al.* 2003). Τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται κατά των επιζήμιων εντόμων έχουν επίδραση και στα ωφέλιμα έντομα, ο βαθμός και η σημαντικότητα της θορίας θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

4.1. Νεονικοτινοειδή Εντομοκτόνα

Τα νεονικοτινοειδή είναι μία νέα ομάδα εντομοκτόνων, που θεωρείται η σημαντικότερη της τελευταίας δεκαετίας. Λειτουργούν ως ανταγωνιστές του υποδοχέα νικοτινικής ακετυλοχολίνης (ACh) και παρουσιάζουν εξαιρετική αποτελεσματικότητα και διασυστηματική δράση, για την προστασία των καλλιεργειών από επιζήμια μυζητικού τύπου έντομα. Γενικά παρουσιάζουν μικρή τοξικότητα σε θηλαστικά (οξεία και χρόνια), πουλιά και ψάρια. Τα κοινά ονόματα των νεονικοτινοειδών εντομοκτόνων είναι imidacloprid, thiacloprid, acetamiprid, clothianidin, dinotefuran, nitenpyram και thiamethoxam (Motohiro & Casida, 2005).

Imidacloprid (C₉H₁₀ClN₅O₂)

Περιγραφή: Είναι ένα διασυστηματικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου με ευρύ φάσμα δράσης. Το imidacloprid έχει ένα τρόπο δράσης παρόμοιο με αυτόν της νικοτίνης. Δρα στο κεντρικό νευρικό σύστημα των εντόμων προκαλώντας μη αντιστρεπτή δέσμευση των μετασυναπτικών δεκτών της νικοτινικής ακετυλοχολίνης (Boyd & Boethel 1998). Αντίθετα με ότι συμβαίνει με την ακετυλοχολίνη (ταχεία αποδόμηση) το imidacloprid αποδομείται αργά μέσα στο έντομο, με συνέπεια τον αποσυντονισμό του νευρικού συστήματός του.

Ανήκει χημικά στις χλωρο-νικοτυλο-νιτρογουανιδίνες. Η καθαρή του μορφή είναι άχρωμοι κρύσταλλοι, ενώ το βιομηχανικό προϊόν είναι μια υπόλευκη σκόνη με χαρακτηριστική οσμή και μεγάλη διαλυτότητα στο νερό.

Τοξικότητα: Έχει αξιόλογη τοξικότητα στα θερμόαιμα (οξεία δια στόματος σε ποντίκια αγρού, LD₅₀: 450 mg δ.ο./kg) και είναι πολύ τοξικό στις μέλισσες.

Χρήση: Εφαρμόζεται στο έδαφος ή στο φύλλωμα των φυτών. Χρησιμοποιείται σε ψεκασμούς φυλλώματος για την καταπολέμηση των αφίδων σε καπνό, λαχανικά, βαμβάκι, οπωροφόρα και για επένδυση σπόρων. Επίσης καταπολεμά άλλα μυζητικά έντομα (θρίπες, αλευρώδεις), έντομα εδάφους, τερμίτες, χωρίς να έχει επιπτώσεις στους νηματώδεις και τα ακάρεα (Μπαλαγιάννης 1994, Λέντζα-Ρίζου 1999, Lucas *et al.* 2004).

Thiacloprid

Περιγραφή: Είναι ένα νέο, διασυστηματικό και υψηλής δραστηριότητας χλωρονικοτινοειδές εντομοκτόνο που δρα ως επαφής και στομάχου. Όπως και το imidacloprid, το thiacloprid ανταγωνίζεται τη δράση του υποδοχέα της νικοτινικής ακετυλοχολίνης. Ως αποτέλεσμα της δράσης αυτής, δεν παρατηρείται συνδυασμένη ανθεκτικότητα με τα συμβατικά εντομοκτόνα όπως τα πυρεθροειδή, οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά και κατά συνέπεια το εντομοκτόνο αυτό έχει καλά αποτελέσματα σε προγράμματα διαχείρισης της ανθεκτικότητας των εντόμων.

Τοξικότητα: Έχει ευνοϊκό περιβαλλοντικό προφίλ με μικρό χρόνο ημιζωής στο έδαφος και καλά όρια ασφαλείας για πουλιά, είδη ψαριών και πολλά ωφέλιμα αρθρόποδα. Είναι ασφαλές για τις μέλισσες και η εφαρμογή του επιτρέπεται κατά τη διάρκεια της περιόδου άνθησης των καλλιεργειών. Η δραστική αυτή ουσία (thiacloprid) χαρακτηρίζεται ως χαμηλής τοξικότητας, μη ερεθιστική, που δεν προκαλεί νευροτοξικότητα ή τερατογένεση.

Χρήση: Παρουσιάζει ευρύ φάσμα αποτελεσματικότητας εναντίον εντόμων μυζητικού και μασητικού τύπου. Μακροχρόνια πειράματα *in vivo* απέδειξαν ότι ελέγχει εξαιρετικά σημαντικούς εχθρούς σε οπωροκηπευτικά και βαμβάκι. Εκτός από τις αφίδες και τους αλευρώδεις είναι επίσης δραστικό εναντίον μιας μεγάλης ποικιλίας ειδών Κολεοπτέρων και Λεπιδοπτέρων (όπως οι υπονομευτές φύλλων) και δείχνει καλή συμβατότητα με τα φυτά σε όλες τις παραπάνω καλλιέργειες (Elbert *et al.* 2006).

4.2. Καρβαμιδικά εντομοκτόνα

Είναι εστέρες ή οξίμες του καρβαμιδικού οξέος. Κύριος τρόπος δράσης τους είναι το μπλοκάρισμα της ακετυλοχολινεστεράσης. Παρουσιάζουν σταθερότητα στο έδαφος και η τοξικότητά τους ποικίλλει από μέτρια έως πολύ μεγάλη. Γενικά είναι ευρέως φάσματος δράσης και μπορούν να δράσουν αρνητικά σε πληθυσμούς ζώων στο έδαφος. Μεταξύ των εντομοκτόνων της ομάδας αυτής περιλαμβάνεται και το methomyl.

Methomyl (C₅H₁₀N₂O₂S)

Περιγραφή: Είναι ένα διασυστηματικό εντομοκτόνο (αφιδοκτόνο) που δρα ως δηλητήριο στομάχου αλλά και με επαφή σε ορισμένα είδη εντόμων. Έχει επιπλέον

αξιόλογη νηματωδοκτόνο και ακαρεοκτόνο δράση. Λειτουργεί αναστέλλοντας τη δράση της χολινεστεράσης. Είναι μίγμα δυο ισομερών, σχηματίζει άχρωμους κρυστάλλους με οσμή θείου και είναι ευδιάλυτο στο νερό.

Τοξικότητα: Έχει πολύ μεγάλη τοξικότητα στα θηλαστικά και ανήκει στην κατηγορία Ι των τοξικών ουσιών (οξεία δια στόματος σε επίμυες, LD₅₀: 17mg δ.ο./kg). Είναι τοξικό στις μέλισσες και στα ψάρια.

Χρήση: Χρησιμοποιείται εναντίον αφίδων, ακαρέων, νηματωδών και άλλων εντόμων σε κηπευτικά, στο αμπέλι, στον αραβόσιτο, στο βαμβάκι, στον καπνό, στα μηλοειδή, στα πυρηνόκαρπα, στα εσπεριδοειδή, στην ελιά κ.α. (Μπαλαγιάννης 1994).

5. Σκοπός της Εργασίας

Τα είδη *Hippodamia undecimnotata*, *Oenopia conglobata* και *Propylaea quatuordecimpunctata*, αποτελούν ένα σημαντικό μέρος των φυσικώς συναντώμενων ωφελίμων εντόμων που ασκούν βιολογική καταπολέμηση στις αφίδες, συνεπώς ενδιαφέρει η διερεύνηση διαφόρων χαρακτηριστικών της βιολογίας τους. Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης και η μελέτη της επίδρασης φυτοπροστατευτικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται εναντίον των αφίδων, στα προαναφερθέντα Κολεόπτερα.

Με την παρούσα μελέτη θα προσδιοριστεί η επίδραση δυο φυτών ξενιστών της αφίδας *A. fabae* στην επιβίωση, την ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων και τον καθορισμό του φύλου καθενός από τα εξεταζόμενα είδη Κολεοπτέρων σε σταθερή θερμοκρασία. Μελετώντας τη βιολογία των αρπακτικών Coccinellidae θα προκύψουν στοιχεία, με βάση τα οποία είναι δυνατή η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των συγκεκριμένων αρπακτικών στον έλεγχο των αφίδων.

Οι διαφορετικοί ρυθμοί ανάπτυξης των αρπακτικών, εάν υπάρχουν, πιθανώς συνδέονται με τα φυτά ξενιστές των αφίδων που με τον τρόπο αυτό -έμμεσα- επηρεάζουν τη δυναμική των πληθυσμών των φυσικών εχθρών.

Σημαντικό είναι να διεξαχθούν και συγκριτικές μελέτες μεταξύ των τριών ειδών, στις οποίες και θα βασιστούν μελλοντικές αποφάσεις σχετικές με τη χρήση ωφελίμων σε εξειδικευμένα προγράμματα βιολογικής ή ολοκληρωμένης καταπολέμησης. Η απελευθέρωση φυσικών εχθρών καλά προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες θεωρείται κρίσιμη για την κλασική βιολογική καταπολέμηση (Ruberson *et al.* 1989).

Επίσης θα εξετασθεί η επίδραση των υπολειμμάτων τριών εντομοκτόνων, για τρία χρονικά διαστήματα μετά την εφαρμογή τους, στη θνησιμότητα προνυμφών και ενηλίκων των τριών εξεταζόμενων ωφελίμων εντόμων.

Συγκριτικές μελέτες μεταξύ των ειδών *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata*, μεταξύ των εξεταζόμενων εντομοκτόνων, μεταξύ των εξεταζόμενων σταδίων ζωής και των χρονικών διαστημάτων μετά την εφαρμογή, θα δείξουν την ευπάθεια κάθε είδους, τη δραστηριότητα κάθε εντομοκτόνου, την ευπάθεια κάθε σταδίου ανάπτυξης για κάθε είδος στα εξεταζόμενα χρονικά διαστήματα καθώς και την επίδραση του χρονικού διαστήματος που μεσολάβησε από την εφαρμογή.

Με βάση τα στοιχεία αυτά είναι δυνατό να κατανοηθούν οι επιδράσεις των χρησιμοποιούμενων εντομοκτόνων στα ωφέλιμα, ώστε η χρήση τους να γίνεται με

τρόπο που θα ελαχιστοποιεί την καταστροφή των παραγόντων βιολογικής καταπολέμησης.

Η σημασία της μελέτης αυτής έγκειται στο ότι είναι δυνατό να κατανοηθούν εν μέρει οι αλληλεπιδράσεις του τρισδιάστατου μοντέλου διατροφής φυτό – αφίδα - αρπακτικό, υποδεικνύοντας ότι η επιτυχής εφαρμογή ολοκληρωμένης καταπολέμησης θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να συμπεριλαμβάνει τις περιβαλλοντικές παραμέτρους κάθε τροφικού επιπέδου. Επιπλέον είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η τοξικότητα τριών εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση της μαύρης αφίδας του κουκιού, σε προνύμφες διαφορετικών σταδίων και ενήλικα των αρπακτικών *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata*, για δύο χρονικά διαστήματα από την εφαρμογή τους.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Banks, C.J. 1957.** The behaviour of individual Coccinellid larvae on plants. *Br. J. Anim. Behav.*, 5 : 12-24.
- Bansch, R. 1964.** Vergleichende Untersuchungen zur Biologie und zum Beutefangverhalten aphidovorer Coccinelliden, Chrysopiden und Syrphiden. *Zool. Jb. Syst.*, 91 : 271-340.
- Blackman, R. 1974.** Aphids. Ginn & Company Limited. London and Aylesbury.
- Boyd, M. L. and J. D. Boethel. 1998.** Residual toxicity of selected insecticides to Heteropteran Predaceous Species (Heteroptera: Lygaeidae, Nabidae, Pentatomidae) on soybean. *Environmental Entomology*. 27: 154-160.
- Brattsten, L. B., Holyoke, Jr., C. W., Leeper, J. R., Kaffa, K.F. 1986.** Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. *Science* 231: 1255-1260.
- Butt, F.H. 1951.** Feeding habitats and mechanism of the Mexican bean beetle. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., Mem. 306, 32 pp., Ithaca, New York.
- Γαλανοπούλου-Σενδουκά, Σ. 1999.** Ειδική Γεωργία Ι. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος. σσ.98-127.
- Croft, B. A. 1990.** Arthropod Biological Control Agents and Pesticides. John Wiley, New York.
- Elbert, A., D. Ebbinghaus, L. de Maeyer, R. Nauen, S. Comparini, L. Pittá, R. Brinkmann. 2006.** CALYPSO^(R), A NEW FOLIAR INSECTICIDE FOR BERRY FRUIT. *ISHS Acta Horticulturae* 585: VIII International Rubus and Ribes Symposium.
- Elzen, G. W. 2001.** Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *Journal of Economic Entomology*. 94: 55-59.
- Frank, R., H. E. Braun, B. D. Ripely, B. S. Clegg. 1990.** Contamination of rural ponds with pesticides, 1971-85. Ontario. Canada. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 44: 401-409.
- 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. Int. Congr. Ent. Montreal 1956, 2 : 657-659.
- Heie, 1980. Από: Ilharco, F. A. & A. VanHarten. 1987.** Systematics. In : A.K. Minks and P. Harrewijn (Editors). World Crop Pests, 2A. Aphids, Their Biology, Natural Enemies and Control. Volume A. Elsevier.pp 51-57.
- Hodek, I. 1966.** Ecology of aphidophagous insects. Proc. Symp. Liblice near Prague, 1965, 360 pp, Academia, Praha, Dr. W. Junk, Haag.
- Hodek, I. 1973.** Biology of Coccinellidae. Dr. W. Junk N.V., The Hague. Academia, Prague.
- Kesten, U. 1969.** Zur Morphologie und Biologie von *Anatis ocellata* (L.) (Coleoptera, Coccinelladae). Z. angew. Ent., 63 : 412-445.
- Λέντζα-Ρίζου, Χ. 1999.** Γεωργική Φαρμακολογία. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος. σσ. 379.421.
- Lucas, E., Giroux, S., Demougeot, S., Duchesne, R. M. & D. Coderre. 2004.** Compatibility of a natural enemy, *Coleomegilla maculata lengi* (Col., Coccinellidae) and four insecticides used against the Colorado potato beetle (Col, Chrysomelidae). Journal of Applied Entomology. 128: 233-239.
- Majerus, M. & P. Kearns. 1989.** Ladybirds. The Richmond Publishing Co. Ltd. Great Britain.
- Michaud, P. J. 2000.** Development and Reproduction of Ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the Citrus Aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). Biological Control. 18: 287-297.
- Motohiro, T. & J. E. Casida. 2005.** NEONICOTINOID INSECTICIDE TOXICOLOGY: Mechanisms of Selective Action. Annual Review of Pharmacology and Toxicology. Vol. 45: 247-268
- Μπαλαγιάννης, Γ. Π. 1994.** Εγχειρίδιο Γεωργικών Φαρμάκων. Εκδόσεις Α. Σταμούλης. Αθήνα – Πειραιάς.
- Μπούρμπος, Α.Β. και Μ. Θ. Σκουντριδάκης. 1990.** Εχθροί και Ασθένειες της Τομάτας Θερμοκηπίου. Αγροτικές Εκδόσεις. Αθήνα. σ.172.
- Mullins, J. W. 1993.** Imidacloprid: a new nitroguanidine insecticide, pp.183-189. In S. O. Duke, J. J. Menn, and J. R. Plimmer (eds.), Pest control with enhanced

environmental safety. American Chemical Society Symposium, ACS, Washington, DC.

Ruberson, J. R., M. J. Tauber & C. A. Tauber. 1989. Intraspecific variability in Hymenoptera parasitoids: Comparative Studies of two biotypes of the egg parasitoid *Edovum puttleri* (Hymenoptera: Eulophidae). Journal of the Kansas Entomology. Soc. 62: 189-202.

Sclar, D. C., D. Gerace & S. W. Cranshaw. 1998. Observations of population increases and injury by spider mites (Acari: Tetranychidae) on ornamental plants. Journal of Economic Entomology. 91: 250-255.

Τζανακάκης, Μ.Ε. και Β.Ι. Κατσόγιαννος. 1998. Έντομα Καρποφόρων Δέντρων και Αμπέλου. Εκδόσεις Αγρότυπος.

Τσιτσιπής. Ι. 1999. Εφαρμοσμένη Εντομολογία. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος.

Τσιτσιπής. Ι. 2000. Αρχές Φυτοπροστασίας. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος.

Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Προστασίας Φυτικής Παραγωγής. 1996. Ολοκληρωμένη Καταπολέμηση στα Κηπευτικά υπό κάλυψη. Εκδ. Καμπύλη. Αθήνα.

Youn, N. Y., J. M. Seo, G. J. Shin, C. Jang & M. Y. Yu. 2003. Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Biological Control 28:164-170.

www3.imperial.ac.uk

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. Πειραματικό Υλικό

Τα έντομα που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των πειραμάτων προέρχονταν από εργαστηριακές εκτροφές. Οι εργαστηριακές αποικίες των τριών ειδών θηρευτικών Κολεοπτέρων *Hippodamia undecimnotata* (Schneider), *Oenopia conglobata* L. και *Propylaea quatuordecimpunctata* L. προήλθαν από άτομα που συλλέχθηκαν από καλλιεργούμενα και αυτοφυή φυτά στην περιοχή της Άρτας, κατά το θέρος του 2005 και ταυτοποιήθηκαν στο Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο.

Η εργαστηριακή αποικία της μαύρης αφίδας του κουκιού *A. fabae* προήλθε από πληθυσμό που συλλέχθηκε από φυτά κουκιού στην περιοχή της Άρτας.

Τα φυτά φασολιού (*Phaseolus vulgaris* L., οικογένεια Fabaceae) που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της ποικιλίας Αριδαία που ανήκει στον τύπο των ημινάνων. Οι ημινάνες ποικιλίες δε χρειάζονται υποστηρίγματα γι' αυτό και προσφέρονται να καλλιεργηθούν ως φυτά μεγάλης καλλιέργειας.

Τα φυτά κουκιού (*Vicia faba* L. οικογένεια Fabaceae) που χρησιμοποιήθηκαν ήταν της μικρόσπερμης (κτηνοτροφικής) ποικιλίας με το εμπορικό όνομα Favino nero.

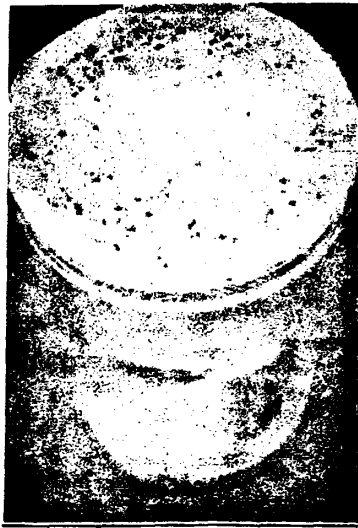
Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκαν φυτά φασολιού και κουκιού ήταν ότι και τα δύο αυτά είδη παρουσιάζουν ερευνητικό ενδιαφέρον καθώς αποτελούν καλούς ξενιστές για την *A. fabae* και συντελούν στην ανάπτυξη μεγάλων αριθμών αφίδων.

2. Διατήρηση Πειραματικού Υλικού

Αποικίες Αφίδων: Ο πληθυσμός αφίδων που συλλέχθηκε, μεταφέρθηκε στο εργαστήριο όπου διατηρήθηκε σε ειδικούς κλωβούς εκτροφής, διαστάσεων 50x50x50cm. Οι δύο πλευρές και η οροφή τους καλύπτονταν από γυαλί, ενώ οι άλλες δυο πλευρές καλύπτονταν από πολύ λεπτό τούλι που επέτρεπε τον αερισμό. Οι κλωβοί έκλειναν ερμητικά, εμποδίζοντας τη διαφυγή των αφίδων, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγονταν η μόλυνση από άλλα έντομα.

Οι κλωβοί τοποθετήθηκαν σε βιοκλιματικό θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών, με θερμοκρασία ρυθμιζόμενη στους 23 ± 1 °C, σχετική υγρασία $65 \pm 5\%$ και φωτοπερίοδο 16Φ: 8Σ (Φ: Σ = ώρες φωτός : ώρες σκότους). Οι συνθήκες αυτές εξασφάλιζαν τη συνεχή παρθενογεννητική αναπαραγωγή των αφίδων. Οι αφίδες τρέφονταν σε φυτά φασολιού ή σε φυτά κουκιού, ανάλογα με το πειραματικό σκέλος στο οποίο χρησιμοποιούνταν. Η τοποθέτηση καινούργιων φυτών στους κλωβούς επαναλαμβάνονταν κάθε τρεις ημέρες, αφού είχε προηγηθεί ο λεπτομερής έλεγχός τους για αποφυγή μόλυνσης της αποικίας από άλλες αφίδες ή άλλα είδη εντόμων. Η έναρξη των πειραμάτων έγινε έξι μήνες μετά την αρχική εγκατάσταση της εργαστηριακής αποικίας αφίδων.

Αποικίες Αρπακτικών: Στο χώρο του εργαστηρίου τα έντομα διατηρήθηκαν σε βιοκλιματικό θάλαμο με θερμοκρασία ρυθμιζόμενη στους 23 ± 1 °C, σχετική υγρασία $65 \pm 5\%$ και φωτοπερίοδο 16: 8 (Φ: Σ). Κάθε είδος τοποθετήθηκε χωριστά, σε πλαστικά κουτιά διαστάσεων 13.5x25x4.5 cm, στο επάνω μέρος των οποίων υπήρχε ένα ορθογώνιο άνοιγμα που καλυπτόταν με λεπτό τούλι επιτρέποντας τον αερισμό. Σε κάθε κουτί τοποθετήθηκαν μέχρι και πέντε ζεύγη ενηλίκων εντόμων και κάθε δυο ημέρες προσθέτονταν φύλλα φασολιού ή κουκιού προσβλημένα με αφίδες από τις αποικίες, για τη διατροφή τους. Καθημερινά γινόταν έλεγχος για τη γέννηση αυγών, τα οποία και μεταφέρονταν σε άλλα κουτιά μέχρι την εκκόλαψή τους. Οι νεαρές προνύμφες που εκκολάπτονταν τοποθετούνταν σε πλαστικά κυλινδρικά δοχεία από διαφανές υλικό διαμέτρου βάσης 4.5 και ύψους 9 cm, το επάνω μέρος των οποίων έκλεινε εφαιπτομενικά με καπάκι που καλύπτονταν στην επάνω πλευρά του από λεπτό τούλι (Εικόνα 7). Σε κάθε δοχείο δεν τοποθετούνταν περισσότερες από τέσσερις προνύμφες ώστε να αποφευχθεί η εμφάνιση κανιβαλισμού και κάθε δύο ημέρες προσθέτονταν φύλλα με αφίδες από τις αποικίες για τη διατροφή τους. Όταν τα έντομα ολοκλήρωναν την προνυμφική τους ανάπτυξη και έφταναν στο στάδιο του ενήλικου μεταφέρονταν στα μεγαλύτερα κουτιά προκειμένου να αναπαραχθούν και να διατηρηθεί η αποικία.



Εικόνα 7: Κυλινδρικό δοχείο εκτροφής αρπακτικών διαμέτρου βάσης 4.5 και ύψους 9 cm.

Φυτά: Τα φυτά φασολιού και κουκιού που είτε χρησιμοποιούνταν στα πειράματα τοξικότητας, είτε τοποθετούνταν στους κλωβούς εκτροφής αφίδων ώστε να προσβληθούν και να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια στα διάφορα σκέλη του πειράματος αλλά και στην εκτροφή των αρπακτικών, αναπτύχθηκαν σε χώρο ελεγχόμενων συνθηκών με θερμοκρασία 23 ± 1 °C και φωτοπερίοδο 16: 8 (Φ: Σ). Και για τα δυο είδη το εδαφικό υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα μείγμα μαύρης και ελαφρά αποσυντιθέμενης ξανθιάς τύρφης με περλίτη, σε αναλογία 70:30 (τύρφη : περλίτης). Η σπορά των φυτών γινόταν σε πλαστικές γλάστρες διαμέτρου βάσης 9 και ύψους 12.5 cm, σε ομάδες των πέντε φυτών για τα φασόλια και σε ομάδες των δέκα φυτών ανά γλάστρα για τα κουκιά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΙΩΣΗ ΤΡΙΩΝ ΘΗΡΕΥΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ
COCCINELLIDAE ΜΕ ΛΕΙΑ ΤΗΝ ΑΦΙΔΑ ΤΩΝ ΚΟΥΚΙΩΝ *APHIS FABAE*

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκε η επιβίωση, η διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων, το βάρος και η διάρκεια ζωής των ενηλίκων των τριών αρπακτικών Κολεοπτέρων *Hippodamia undecimnotata* (Schneider), *Oenopia conglobata* L. και *Propylaea quatuordecimpunctata* L. όταν ως τροφή τους χρησιμοποιήθηκε η *Aphis fabae* με φυτά ξενιστές της αφίδας φυτά φασολιού ή κουκιού.

Το είδος του φυτού που χρησιμοποιήθηκε ως ξενιστής των αφίδων επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την επιβίωση προνυμφών και νυμφών, την ταχύτητα ανάπτυξης των προνυμφών και το βάρος των ενηλίκων των θηρευτικών εντόμων. Δεν επέδρασε όμως σημαντικά στη μακροβιότητα των ενηλίκων. Τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata* αναπτύσσονταν ταχύτερα, παρουσίαζαν υψηλότερη επιβίωση και έδιναν βαρύτερα και μακροβιότερα ενήλικα όταν αναπτύσσονταν θηρεύοντας πάνω σε φυτά κουκιού σε σχέση με όταν αναπτυσσόταν θηρεύοντας πάνω σε φυτά φασολιού. Αντίθετα το είδος *P. quatuordecimpunctata* έδειξε να επηρεάζεται σε μικρό βαθμό από το είδος του φυτού ξενιστή των αφίδων.

Η επιβίωση των προνυμφών και στα τρία είδη αρπακτικών Κολεοπτέρων ήταν μικρότερη στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης των εντόμων, ενώ όλες οι προνύμφες τετάρτου σταδίου επιβίωσαν και στα τρία είδη εντόμων, ανεξαρτήτως του φυτού στο οποίο διατρέφονταν οι αφίδες.

Οι προνύμφες του είδους *P. quatuordecimpunctata* έδειξαν υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης στο φασόλι σε σχέση με τα άλλα δυο έντομα. Το είδος *O. conglobata* παρουσίασε τη χαμηλότερη επιβίωση στο φασόλι κατά τη διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης, ενώ στο κουκί επιβίωσε το 100% των εντόμων. Με λεία αφίδες σε φασόλια το ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών για το είδος *P. quatuordecimpunctata* κυμάνθηκε γύρω στο 72.7 % ενώ ήταν πολύ μικρότερο για τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata* (33.3 και 13.7% αντίστοιχα). Αντίθετα, με λεία αφίδες σε κουκιά το ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών ήταν ιδιαίτερα υψηλό

για όλα τα είδη των θηρευτικών εντόμων και κυμάνθηκε από 82 έως 100%. Η επιβίωση των νυμφών κυμάνθηκε σε υψηλά ποσοστά και στα δύο φυτά.

Η διάρκεια ανήλικης ανάπτυξης κυμάνθηκε από 15.8 έως 18.7 ημέρες (*H. undecimnotata*), από 16.9 έως 18.5 ημέρες (*O. conglobata*) και από 13 έως 13.5 ημέρες (*P. quatuordecimpunctata*) και ήταν μικρότερη όταν οι αφίδες διατρέφονταν σε φυτά κουκιού. Και στα δύο φυτά ταχύτερη ήταν ανάπτυξη του είδους *P. quatuordecimpunctata*.

Το βάρος των ενηλίκων με λεία αφίδες σε κουκιά ήταν 19.1, 7.9 και 8.3 mg και με λεία αφίδες σε φασόλια 14.7, 6.9 και 7 mg για τα είδη *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata* αντίστοιχα.

Τα είδη *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata* εμφάνισαν υψηλότερο ποσοστό θηλυκών ατόμων στο κουκί (63.2 και 50%), ενώ το *H. undecimnotata* στο φασόλι.

Η μέση διάρκεια ζωής των ενήλικων για τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata* ήταν από 20 έως 55% μεγαλύτερη με λεία αφίδες σε κουκί σε σχέση με λεία αφίδες σε φασόλι ανάλογα με το είδος και το φύλο του εντόμου. Για το είδος *P. quatuordecimpunctata* η μέση διάρκεια ζωής ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο περιπτώσεων τόσο για τα θηλυκά όσο και για τα αρσενικά έντομα. Η μέση διάρκεια ζωής των ενηλίκων θηλυκών ήταν μεγαλύτερη από αυτή των αρσενικών, τόσο για τα έντομα που αναπτύσσονταν σε φασόλι, όσο και για αυτά που αναπτύσσονταν σε κουκί με μόνη εξαίρεση τα θηλυκά του είδους *H. undecimnotata*.

Φαίνεται ότι παρότι και τα τρία είδη θηρευτικών εντόμων μπορούν να ολοκληρώσουν επιτυχώς την ανάπτυξή τους είτε θηρεύοντας πάνω σε φασόλι είτε πάνω σε κουκί, η ανάπτυξη και η επιβίωση τους ευνοείται όταν χρησιμοποιούν ως λεία την *A. fabae* πάνω σε φυτά κουκιών.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αρπακτικά έντομα όταν υπάρχουν σε ένα αγροοικοσύστημα, περιορίζουν τους πληθυσμούς των επιβλαβών εντόμων και με τον τρόπο αυτό μειώνουν την οικονομική ζημιά που προκαλείται. Συνεπώς, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε το βαθμό ελέγχου των επιβλαβών εντόμων που ασκείται από τα ωφέλιμα.

Επιπλέον η καλή γνώση της βιολογίας και γενικά των φυσικών απαιτήσεων των εντομοφάγων εντόμων είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της εφαρμοσμένης βιολογικής καταπολέμησης (ElHag & Zaitoon 1996).

Τα είδη *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata* είναι πολυφάγα και τρέφονται με αφίδες, κοκκοειδή και μικρά, μαλακά έντομα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της σχέσης μεταξύ των ειδών αυτών και της αφίδας *A. fabae*, που συναντάται σε μεγάλους πληθυσμούς σε καλλιέργειες φασολιού και κουκιού. Επίσης ενδιαφέρει η μελέτη του τρισδιάστατου μοντέλου φυτό ξενιστής - αφίδα - αρπακτικό, αφού συμπεριφορές εντόμων είναι δυνατό να οφείλονται σε αλληλεπιδράσεις με οργανισμούς από άλλα τροφικά επίπεδα.

Η ποιότητα της τροφής είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αρπακτικότητα των Κολεοπτέρων και όλα τα είδη θηραμάτων δε θεωρούνται το ίδιο κατάλληλα ως τροφή. Ορισμένα είδη αφίδων χρησιμεύουν μόνο ως εναλλακτική λεία καθώς δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη των αρπακτικών, ενώ άλλα μπορεί να είναι ακόμη και τοξικά για τα αρπακτικά (Hodek 1962, 1993, 1996).

Τα Κολεόπτερα έχουν ένα μεγάλο εύρος ειδών αφίδων ως θηράματα (Hodek 1967) και φαίνονται ανίκανα να διακρίνουν και να αποφύγουν τις δηλητηριώδεις αφίδες (Blackman 1967).

Οι B. LeRu & A. Mitsipa (2000) με πειράματά τους έδειξαν την επίδραση τεσσάρων διαφορετικών φυτών ξενιστών του *Phenacoccus manihoti* στην επιβίωση, το χρόνο ανάπτυξης, τη γονιμότητα και την κατανάλωση αφίδων του αρπακτικού *Exochomus flaviventris*.

Όλα τα παραπάνω βιολογικά χαρακτηριστικά των θηρευτικών, τα οποία είναι στενά συσχετιζόμενα με τη χημική σύνθεση των φυτών ξενιστών της λείας τους, μπορεί να έχουν μια σημαντική επίδραση στην αποτελεσματικότητά τους. Η επίδραση του φυτού ξενιστή στην ικανότητα διατροφής των αρπακτικών έχει μελετηθεί ελάχιστα, παρότι οι ουσίες που παράγονται από τα φυτά αυτά μπορεί να

επιρεάσουν την επιβίωση, την ανάπτυξη των προνυμφών, όπως και το βάρος των ενηλίκων αρπακτικών (Hodek 1956, Malkolm 1992, Hauge *et al.* 1998).

Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να διερευνηθεί η επιβίωση προνυμφών και νυμφών, η διάρκεια ανάπτυξης των ανήλικων σταδίων, ο καθορισμός του φύλου, το βάρος αλλά και η διάρκεια ζωής των ενηλίκων για τρία είδη αρπακτικών εντόμων, τα *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata*, σε δύο φυτά-ξενιστές της *A. fabae* το φασόλι και το κουκί.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Πειραματικό Υλικό

Η ανάπτυξη και η επιβίωση των ανηλίκων σταδίων αλλά και η διάρκεια ζωής των ενηλίκων μελετήθηκαν για τα τρία είδη θηρευτικών Κολεοπτέρων *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata*. Τα αρπακτικά διατρέφονταν αποκλειστικά με αφίδες του είδους *A. fabae*. Ως ξενιστές των αφίδων χρησιμοποιήθηκαν φυτά φασολιού αλλά και φυτά κουκιού.

Η προέλευση και η εκτροφή των εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 2. Στο ίδιο κεφάλαιο αναφέρθηκαν οι ποικιλίες φυτών που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και οι συνθήκες ανάπτυξής τους.

3.2. Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένας βιοκλιματικός θάλαμος με φωτοπερίοδο 16 : 8 (Φ : Σ), θερμοκρασία $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία $65 \pm 5\%$. Επίσης χρησιμοποιήθηκε ένας ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας και ένα στερεοσκόπιο.

3.3 Πειραματική Μεθοδολογία

Για τη μελέτη των εντόμων μέχρι το στάδιο του ενήλικου, αυγά μεταφέρονταν από τις αποικίες όπου διατηρούνταν τα αρπακτικά, σε πλαστικά τρυβλία Petri, διαμέτρου 5 και ύψους 3 cm που βρίσκονταν στις σταθερές πειραματικές συνθήκες του βιοκλιματικού θαλάμου. Καθημερινά γινόταν έλεγχος για την εκκόλαψη των αυγών. Κάθε μία από τις νεοεκκολαφθείσες προνύμφες μεταφερόταν σε ένα βλαστικό τμήμα φασολιού μήκους 6-9 cm, το οποίο ήταν τοποθετημένο μέσα σε ένα αριθμημένο πλαστικό δοχείο εκτροφής από διαφανές υλικό διαμέτρου βάσης 4.5 και ύψους 9 cm. Το κάθε δοχείο ήταν τοποθετημένο μέσα σε ένα δεύτερο δοχείο, στη βάση του οποίου υπήρχε ένα κομμάτι σπόγγου που διαβρεχόταν με νερό. Ανοίγοντας μια μικρή οπή στον πυθμένα του πρώτου δοχείου, ώστε να πέρνα ο βλαστός του φασολιού, εξασφαλιζόταν η συνεχής διαβροχή του φυτού και τα φύλλα διατηρούσαν τη σπαργή τους. Το επάνω μέρος του δοχείου έκλεινε εφαιτομενικά με καπάκι, το

οποίο κατασκευάστηκε αφαιρώντας τη βάση από ένα δοχείο ιδίων διαστάσεων και καλύπτοντας την επάνω πλευρά με πολύ λεπτό τούλι που επέτρεπε την κυκλοφορία του αέρα (Εικόνα 8). Χρησιμοποιήθηκαν αφίδες του είδους *A. fabae*.

Καθημερινά βλαστικά μέρη φασολιών, προσβλημένα με μεγάλο αριθμό αφίδων ώστε να εξασφαλίζεται περίσσεια τροφής για τα αρπακτικά, κόβονταν από τις αποικίες των αφίδων και τοποθετούνταν στα ποτήρια εκτροφής.

Οι συνθήκες θερμοκρασίας ήταν σταθερές και εξασφαλίστηκε υπερεπάρκεια τροφής των αρπακτικών, καθώς σύμφωνα με τους Majerus & Kearns (1989) ο ρυθμός με τον οποίο τρέφονται οι προνύμφες επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία και τη διαθεσιμότητα τροφής.

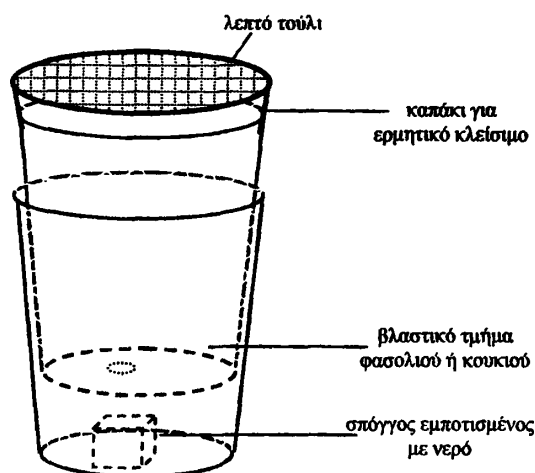
Η θνησιμότητα αλλά και η διάρκεια των ανήλικων σταδίων καταγράφονταν σε ημερήσια βάση με έλεγχο για την παρουσία εκδυμάτων. Η παρουσία εκδύματος αποτελούσε κριτήριο επιτυχούς έκδυσης και ολοκλήρωσης ενός σταδίου ανάπτυξης.

Αμέσως μετά την έξοδό τους από τη νύμφωση τα ενήλικα έντομα ζυγίζονταν σε ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας.

Το φύλο κάθε ενήλικου εντόμου προσδιορίζονταν ελέγχοντας το γενετικό οπλισμό του (Εικόνα 2) με τη βοήθεια του στερεοσκοπίου.

Η ίδια πειραματική μεθοδολογία πραγματοποιήθηκε στη συνέχεια και για τα τρία είδη θηρευτικών, χρησιμοποιώντας τμήματα από το βλαστό κουκιών, προσβλημένα με αφίδες *A. fabae*.

Σε κάθε ένα από τα εξεταζόμενα είδη αρπακτικών Κολεοπτέρων τοποθετήθηκαν τουλάχιστον εικοσιτρείς επαναλήψεις για κάθε φυτικό είδος.



Εικόνα 8: Δοχείο εκτροφής αρπακτικών επάνω σε βλαστικά τμήματα φασολιού ή κουκιού, διαμέτρου βάσης 4.5 και ύψους 9 cm.

Η μελέτη της διάρκειας ζωής των ενήλικων εντόμων, πραγματοποιήθηκε κάτω από τις ίδιες πειραματικές συνθήκες και ακολουθώντας τη μεθοδολογία που περιγράφηκε προηγουμένως για τη μελέτη των εντόμων μέχρι το στάδιο του ενηλίκου. Συγκεκριμένα, κάθε ενήλικο έντομο μετά τη ζύγισή και τον προσδιορισμό του φύλου του, τοποθετούνταν σε ένα αριθμημένο διάφανο, πλαστικό δοχείο εκτροφής το οποίο περιείχε βλαστικό τμήμα φασολιού προσβλημένο από περίσσεια αφίδων *A. fabae*. Κάθε μία με δυο ημέρες γίνονταν αντικατάσταση των προσβλημένων με αφίδες φυτικών μερών, από φυτά που βρίσκονταν στις αποικίες των αφίδων. Η θνησιμότητα των εντόμων ελεγχόταν σε ημερήσια βάση.

Στην περίπτωση της μελέτης των ενηλίκων η πειραματική μεθοδολογία ακολουθήθηκε ομοίως με τα παραπάνω χρησιμοποιώντας φυτά κουκιού ως ξενιστές της *A. fabae* και για τα τρία είδη.

Λόγω του γεγονότος ότι τα ενήλικα που μελετήθηκαν προέρχονταν από τα πειράματα προνυμφικής ανάπτυξης, προκειμένου να υπάρξει μια συνέχεια στη μελέτη των εντόμων και δεδομένων των απωλειών που σημειώθηκαν σε ορισμένες επαναλήψεις των πειραμάτων αυτών, η έρευνα των ενηλίκων περιορίστηκε σε σχετικά μικρό αριθμό επαναλήψεων για ορισμένα πειραματικά σκέλη.

3.4 Ανάλυση Στοιχείων

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 8.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, 2004).

Για την ανάλυση των στοιχείων επιβίωσης κατά τη διάρκεια των τεσσάρων προνυμφικών σταδίων, της νυμφικής, της συνολικής προνυμφικής και της συνολικής ανήλικης ανάπτυξης, χρησιμοποιήθηκε το χ^2 test αβεβαιότητας.

Η μέση διάρκεια ανάπτυξης στα δυο φυτά ξενιστές, για καθένα από τα στάδια ζωής των εντόμων, συγκρίθηκε με βάση το t test.

Η επίδραση του είδους των θηρευτικών και του φυτού ξενιστή στη διάρκεια προνυμφικής και συνολικής ανήλικης ανάπτυξης αλλά και στο βάρος των τριών Κόλεοπτέρων μελετήθηκε με τη μέθοδο ανάλυσης της παραλλακτικότητας (one-way Anova).

Για τη σύγκριση της μέσης διάρκειας προνυμφικής και της συνολικής ανήλικης ανάπτυξης και του βάρους των τριών εντόμων σε κάθε ξενιστή

χρησιμοποιήθηκε το Tukey's b test, ενώ για τη σύγκριση των παραπάνω παραμέτρων μεταξύ των δυο φυτών ξενιστών στο κάθε είδος εντόμου το t test.

Το ποσοστό θηλυκών και αρσενικών εντόμων των τριών ειδών, στα δύο φυτά ξενιστές των αφίδων συγκρίθηκε με το χ^2 test.

Ανάλυση παραλλακτικότητας χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της επίδρασης του είδους του Κολεοπτέρου και του φυτού ξενιστή στη διάρκεια ζωής των ενήλικων αρσενικών και θηλυκών εντόμων των τριών θηρευτικών. Οι συγκρίσεις της μέσης διάρκειας ζωής των τριών ειδών ίδιου φύλου στο ίδιο φυτό ξενιστή, αλλά και της μέσης διάρκειας ζωής του κάθε είδους ιδίου φύλου στους δύο ξενιστές, έγιναν με τη βοήθεια του Tukey's b test.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Επιβίωση προνυμφών και νυμφών: Η επιβίωση των προνυμφών και στα τρία είδη αρπακτικών Κολεοπτέρων ήταν μικρότερη στο πρώτο στάδιο ανάπτυξης των εντόμων, όπου κυμάνθηκε σε ποσοστά από 22.5 έως 78.8% όταν φυτό ξενιστής των αφίδων ήταν το φασόλι, και από 87 έως 100% όταν οι αφίδες διατρέφονταν σε κουκί. Μόνο στο είδος *O. conglobata* παρατηρήθηκε ποσοστό επιβίωσης 100% σε όλα τα στάδια ανάπτυξης όταν ως φυτό ξενιστής χρησιμοποιήθηκε το κουκί (Πίνακας 1).

Και στα τρία έντομα παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην επιβίωση των προνυμφών πρώτου και δευτέρου σταδίου μεταξύ των δύο φυτών ξενιστών των αφίδων, με χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης στις προνύμφες που είχαν ως λεία αφίδες εκτρεφόμενες σε φασόλι. Η επιβίωση των ειδών *H. undecimnotata*, και *P. quatuordecimpunctata* επηρεάστηκε σημαντικά από το φυτό ξενιστή και στο τρίτο προνυμφικό στάδιο. Όλες οι προνύμφες τετάρτου σταδίου επιβίωσαν και στα τρία είδη εντόμων, ανεξαρτήτως του φυτού στο οποίο διατρέφονταν οι αφίδες.

Όταν ως φυτό ξενιστής των αφίδων χρησιμοποιήθηκε το φασόλι, υψηλότερο ποσοστό προνυμφικής επιβίωσης παρατηρήθηκε στο είδος *P. quatuordecimpunctata* (72.7%) ενώ το χαμηλότερο σε προνύμφες του είδους *O. conglobata* (13.7%) (Πίνακας 2). Στο στάδιο της νύμφης και με το ίδιο φυτό ως ξενιστή των αφίδων, η επιβίωση κυμάνθηκε σε υψηλά ποσοστά (90.9 έως 100%).

Η επιβίωση στη συνολική ανήλικη ανάπτυξη των εντόμων με αφίδες εκτρεφόμενες σε φυτά φασολιού κυμάνθηκε από 12.5 έως 69.7%, με το χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης στο είδος *O. conglobata* και το υψηλότερο στο είδος *P. quatuordecimpunctata*.

Όταν ως φυτό ξενιστής των αφίδων χρησιμοποιήθηκε το κουκί, η επιβίωση των προνυμφών και των νυμφών κυμάνθηκε σε υψηλά ποσοστά, από 82.6 έως 100% (προνύμφες *H. undecimnotata*, *O. conglobata*) και από 86.9 έως 100% (νύμφες *P. quatuordecimpunctata*, *H. undecimnotata*). Κατά τη διάρκεια της συνολικής ανήλικης ανάπτυξης των εντόμων σε κουκί, χαμηλότερο ποσοστό επιβίωσης παρουσίασε το είδος *P. quatuordecimpunctata* (76.9%) και υψηλότερο το είδος *O. conglobata* (90.5%) (Πίνακας 2).

Πίνακας 1: Επιβίωση κατά τη διάρκεια των τεσσάρων προνυμφικών σταδίων των *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά φασολιού και κουκιού.

Προνυμφικές ηλικίες	<i>H. undecimnotata</i>				<i>O. conglobata</i>				<i>P. quatuordecimpunctata</i>			
	Φασόλι		Κουκί		Φασόλι		Κουκί		Φασόλι		Κουκί	
	Φυτό Ξενιστής				Φυτό Ξενιστής				Φυτό Ξενιστής			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
L1*	36	52.8	23	87.0	80	22.5	21	100.0	33	78.8	26	92.3
L2	19	63.1	20	100.0	18	61.1	21	100.0	26	92.3	24	100.0
L3	12	100.0	20	95.0	11	100.0	21	100.0	24	100.0	24	95.8
L4	12	100.0	19	100.0	11	100.0	21	100.0	24	100.0	23	100.0
L1	$\chi^2= 5.87$, df= 1, P<0.05				$\chi^2= 38.94$, df= 1, P<0.05				$\chi^2= 1.14$, df= 1, P<0.05			
L2	$\chi^2= 6.65$, df= 1, P<0.05				$\chi^2= 7.49$, df= 1, P<0.05				$\chi^2= 0.44$, df= 1, P<0.05			
L3	$\chi^2= 0.07$, df= 1, P<0.05								$\chi^2= 0.0$, df= 1, P<0.05			
L4												

*Με L1-L4 συμβολίζονται τα τέσσερα προνυμφικά στάδια

Πίνακας 2: Επιβίωση κατά τη διάρκεια της προνυμφικής, της νυμφικής και της συνολικής ανήλικης ανάπτυξης των *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά φασολιού και κουκιού.

Είδος εντόμου	Επιβίωση (%)									
	Φασόλι					Κουκί				
	Προνύμφη		Νύμφη		Συνολική ανήλικη ανάπτυξη	Προνύμφη		Νύμφη		Συνολική ανήλικη ανάπτυξη
	n	%	n	%	n	n	%	n	%	n
<i>H. undecimnotata</i>	36	33.3 α	12	100.0	36	23	82.6 β	19	100.0	23
<i>O. conglobata</i>	80	13.7 α	11	90.9 α	80	21	100.0β	21	90.5 β	21
<i>P. quatuordecimpunctata</i>	33	72.7 α	24	95.8 α	33	26	88.5 β	23	86.9 β	26

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός γραμμής του κάθε είδους εντόμου και για το ίδιο στάδιο ανάπτυξης δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των δύο φυτών ξενιστών ($P < 0.05$, χ^2 test)

Η επιβίωση στο στάδιο των προνυμφών, των νυμφών, αλλά και στη συνολική ανήλικη ανάπτυξη των τριών θηρευτικών Κολεοπτέρων επηρεάστηκε από το είδος του φυτού στο οποίο διατρέφονταν οι αφίδες. Μόνη εξαίρεση αποτέλεσε το στάδιο της νύμφης στο είδος *H. undecimnotata* όπου η επιβίωση ήταν 100% και στα δύο είδη φυτών (Πίνακας 2).

Οι προνύμφες του είδους *P. quatuordecimpunctata* έδειξαν τα υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης στο φασόλι σε σχέση με τα άλλα δύο έντομα. Το είδος *O. conglobata* παρουσίασε τη χαμηλότερη επιβίωση στο φασόλι κατά τη διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης με ποσοστό μόλις 13.7%, ενώ στο κουκί επιβίωσε το 100% των εντόμων ($\chi^2 = 53.25$, $df = 1$, $P < 0.05$).

Η επιβίωση των νυμφών του είδους *O. conglobata* παρουσίασε παρόμοια ποσοστά και στα δύο φυτά ξενιστές, με σημαντικά μεγαλύτερη επιβίωση στο φασόλι ($\chi^2 = 0.36$, $df = 1$, $P < 0.05$), ενώ και η επιβίωση των νυμφών του είδους *P. quatuordecimpunctata* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στο φασόλι ($\chi^2 = 0.32$, $df = 1$, $P < 0.05$).

Η επιβίωση κατά τη διάρκεια της συνολικής ανήλικης ανάπτυξης και των τριών Κολεοπτέρων ήταν σημαντικά χαμηλότερη στο φασόλι, και κυμάνθηκε από 12.5 έως 69.7% και από 76.9 έως 90.5%, στο φασόλι και το κουκί αντίστοιχα.

Διάρκεια ανάπτυξης προνυμφών και νυμφών: Το είδος του θηρευτικού Κολεοπτέρου και το φυτό που ήταν ξενιστής των αφίδων, επηρέασαν με διαφορετικό τρόπο τη διάρκεια ανάπτυξης προνυμφών και νυμφών και το βάρος των ενηλίκων των θηρευτικών εντόμων.

Οι προνύμφες πρώτου, τρίτου και τετάρτου σταδίου του είδους *H. undecimnotata* παρουσίασαν καλύτερη προσαρμογή στο κουκί και οδήγησαν σε σημαντικά ταχύτερη συνολική ανήλικη ανάπτυξη ($t = 4.625$, $P < 0.01$, $t = 4.535$, $P < 0.01$ και $t = 2.21$, $P < 0.05$) (Πίνακας 3).

Στο είδος *O. conglobata* το πρώτο προνυμφικό στάδιο ήταν αυτό που οδήγησε σε μικρότερη διάρκεια ανάπτυξης στο κουκί από ότι στο φασόλι ($t = 3.101$, $P < 0.05$) (Πίνακας 4).

Οι προνύμφες δευτέρου σταδίου του είδους *P. quatuordecimpunctata* παρουσίασαν ταχύτερη ανάπτυξη στο φασόλι ($t = 2.565$, $P < 0.05$), σε αντίθεση με αυτές του τρίτου σταδίου που παρουσίασαν ταχύτερη ανάπτυξη στο κουκί ($t = 2.694$, $P < 0.05$), με αποτέλεσμα η συνολική ανήλικη ανάπτυξη του είδους να μην εμφανίζει σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο φυτών ξενιστών των αφίδων (Πίνακας 5).



Πίνακας 3: Μέση διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες $\pm$ SE) για το *H. undecimnotata*, με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά φασολιού και κουκιού.

Φυτό ξενιστής	Διάρκεια ανάπτυξης (Ημέρες)					
	n	L1	L2	L3	L4	P
Φασόλι	12	3.0 ± 0.25 α	1.8 ± 0.2 α	3.2 ± 0.3 α	4.6 ± 0.3 α	6.1 ± 0.1 α
Κουκί	19	2.1 ± 0.1 β	1.8 ± 0.1 α	1.8 ± 0.1 β	3.9 ± 0.1 β	6.2 ± 0.1 α
t		4.625	0.04	4.535	2.21	0.585
df		29	29	29	29	29
P		<0.05	>0.05	<0.05	<0.05	>0.05

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα, σε κάθε γραμμή, δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($P < 0.05$, t-Test)
 *Με L1-L4 και P συμβολίζονται τα τέσσερα προνυμφικά και το νυμφικό στάδια

Πίνακας 4: Μέση διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες $\pm$ SE) για το *O. conglobata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά φασολιού και κουκιά.

Φυτό ξενιστής	Διάρκεια ανάπτυξης (Ημέρες)					
	n	L1	L2	L3	L4	P
Φασόλι	10	3.9 ± 0.3 α	1.9 ± 0.2 α	2.5 ± 0.3 α	4.4 ± 0.3 α	5.8 ± 0.1 α
Κουκί	19	3.0 ± 0.1 β	1.6 ± 0.2 α	2.5 ± 0.2 α	3.9 ± 0.2 α	5.8 ± 0.2 α
t		3.101	0.978	0.08	1.576	0.149
df		27	27	27	27	27
P		<0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα, σε κάθε γραμμή, δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($P < 0.05$, t-Test)
 * Με L1-L4 και P συμβολίζονται τα τέσσερα προνυμφικά και το νυμφικό στάδια

Πίνακας 5: Μέση διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες $\pm$ SE) για το *P. quatuordecimpunctata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτό φασολιού και κουκιού.

Φυτό ξενιστής	n	Διάρκεια ανάπτυξης (Ημέρες)				P
		L1	L2	L3	L4	
Φασόλι	23	2.1 ± 0.1 α	1.5 ± 0.1 α	2.1 ± 0.2 α	2.9 ± 0.1 α	4.9 ± 0.1 α
Κουκί	20	2.1 ± 0.1 α	1.9 ± 0.1 β	1.5 ± 0.1 β	2.8 ± 0.2 α	4.8 ± 0.1 α
t		0.261	2.565	2.694	0.493	0.778
df		41	41	41	41	41
P		>0.05	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα, σε κάθε γραμμή, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$, t-Test)

* Με L1-L4 και P συμβολίζονται τα τέσσερα προνυμφικά και το νυμφικό στάδια

Πίνακας 6: Μέση διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες $\pm$ SE) και βάρος ενήλικων για τα είδη *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά φασολιού και κουρκιού και ανάλυση παραλλακτικότητας για την επίδραση του είδους Κολεοπτέρου και του φυτού ξενιστή, στη διάρκεια ανάπτυξης και το βάρος των τριών ειδών εντόμων.

Είδος αρπακτικού	n	Προνημφική ανάπτυξη	Συνολική ανήλικη ανάπτυξη	Βάρος Ενήλικων(mg)
Φασόλι				
<i>H. undecimnotata</i>	12	12.6 $\pm$ 0.5 αA	18.7 $\pm$ 0.5 αA	14.7 $\pm$ 0.9 αA
<i>O. conglobata</i>	10	12.7 $\pm$ 0.6 αA	18.5 $\pm$ 0.5 αA	6.9 $\pm$ 0.4 βA
<i>P. quatuordecimpunctata</i>	23	8.6 $\pm$ 0.2 βA	13.5 $\pm$ 0.3 βA	7.0 $\pm$ 0.3 βA
F		39.713	62.438	67.474
df		2, 42	2, 42	2, 42
P		<0,05	<0,05	<0,05
Κουκί				
<i>H. undecimnotata</i>	19	9.6 $\pm$ 0.2 αB	15.8 $\pm$ 0.2 αB	19.1 $\pm$ 0.8 αB
<i>O. conglobata</i>	19	11.1 $\pm$ 0.3 βB	16.9 $\pm$ 0.4 βB	7.9 $\pm$ 0.4 βA
<i>P. quatuordecimpunctata</i>	20	8.3 $\pm$ 0.2 γA	13.0 $\pm$ 0.3 γA	8.3 $\pm$ 0.3 βB
F		27.293	47.425	153.167
df		2, 55	2, 55	2, 55
P		<0,05	<0,05	<0,05

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός στήλης του κάθε φυτού-ξενιστή και από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα στις αντίστοιχες γραμμές των δυο φυτών-ξενιστών δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($P < 0.05$, Tukey's b test, t-Test)

Όταν ξενιστές των αφίδων ήταν τα φυτά φασολιού, το είδος *P. quatuordecimpunctata* έφτανε σε σημαντικά μικρότερο χρονικό διάστημα στο νυμφικό στάδιο (8.6 ημέρες), ενώ ταχύτερη ήταν και η ολοκλήρωση της ανήλικης ανάπτυξής του (13.5 ημέρες) σε σύγκριση με τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata*. Τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata* παρουσίασαν παραπλήσια διάρκεια προνυμφικής (12.6, 12.7 ημέρες αντίστοιχα) και ανήλικης ανάπτυξης (18.7, 18.5 ημέρες) (Πίνακας 6).

Στα διαγράμματα 1 και 3 παρουσιάζονται οι πορείες νύμφωσης και ενηλικίωσης των τριών Κολεοπτέρων στο φασόλι.

Το βάρος των ενηλίκων στο φασόλι κυμάνθηκε από 6.9 έως 14.7 mg, με το είδος *H. undecimnotata* να εμφανίζει τα βαρύτερα ενήλικα και το είδος *O. conglobata* τα ελαφρύτερα (Πίνακας 6).

Όταν ως ξενιστής της *A. fabae* χρησιμοποιήθηκε το κουκί και τα τρία Κολεόπτερα παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, στη διάρκεια προνυμφικής αλλά και συνολικής ανήλικης ανάπτυξης (Πίνακας 6). Ταχύτερη ήταν ανάπτυξη του είδους *P. quatuordecimpunctata* που έφτασε στο στάδιο της νύμφης σε 8.3 ημέρες και σε αυτό του ενηλίκου σε 13, ακολούθησε το *H. undecimnotata* με διάρκεια ανάπτυξης για τα αντίστοιχα διαστήματα 9.6 και 15.8 ημέρες, ενώ το *O. conglobata* χρειάστηκε 11.1 και 16.9 ημέρες. Η ανάπτυξη των τριών εντόμων στο κουκί παρουσιάζεται με τις πορείες νύμφωσης και ενηλικίωσης (Διαγράμματα 2,4).

Το είδος *H. undecimnotata* παρουσίασε και στο κουκί σημαντικά μεγαλύτερο βάρος (19.1 mg), ενώ τα ενήλικα των άλλων δύο θηρευτικών παρουσίασαν παραπλήσια βάρη μεταξύ τους (Πίνακας 6).

Σημαντικές διαφορές στη διάρκεια ανάπτυξης για τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata* παρατηρήθηκαν ανάλογα με το φυτό που χρησιμοποιούνταν ως ξενιστής των αφίδων. Η διάρκεια προνυμφικής και ανήλικης ανάπτυξης ήταν ταχύτερη και για τα δύο είδη στο κουκί.

Η διάρκεια ανήλικης ανάπτυξης κυμάνθηκε από 15.8 έως 18.7 ημέρες (*H. undecimnotata*), από 16.9 έως 18.5 ημέρες (*O. conglobata*) και από 13 έως 13.5 ημέρες (*P. quatuordecimpunctata*) και ήταν μικρότερη όταν οι αφίδες διατρέφονταν σε φυτά κουκιού (Πίνακας 6).

Από προνύμφες που είχαν ως λεία αφίδες διατρεφόμενες σε κουκί, προέκυψαν τα βαρύτερα ενήλικα. Το βάρος των ενηλίκων του είδους *O. conglobata* δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των δύο φυτών ξενιστών. Αντίθετα στα άλλα δύο είδη αρπακτικών



παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα βάρη, ανάλογα με το φυτό ξενιστή στο οποίο διατρέφονταν οι αφίδες, καθώς κυμαίνονταν από 14.7 έως 19.1 mg (*H. undecimnotata*) και από 7 έως 8.3 mg (*P. quatuordecimpunctata*).

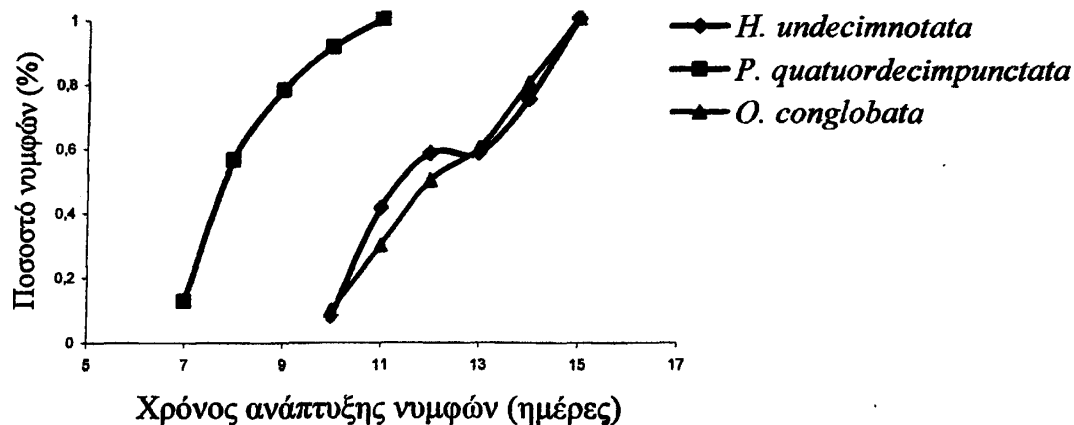
Στο είδος *H. undecimnotata* το 67% και το 65% των ενηλίκων ατόμων ήταν θηλυκά με φυτό ξενιστή των αφίδων το φασόλι και το κουκί αντίστοιχα (Πίνακας 7). Στα είδη *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata* παρατηρήθηκε μεγαλύτερη διαφορά στο ποσοστό θηλυκών εντόμων, μεταξύ των δύο φυτών ξενιστών. Ωστόσο στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δυο φυτών παρουσιάστηκαν και για τα τρία έντομα ($\chi^2 = 0.08$, $P < 0.05$, $\chi^2 = 0.64$, $P < 0.05$, $\chi^2 = 0.08$, $P < 0.05$).

Τα είδη *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata* εμφάνισαν υψηλότερο ποσοστό θηλυκών ατόμων στο κουκί (63.2 και 50%), ενώ το *H. undecimnotata* στο φασόλι.

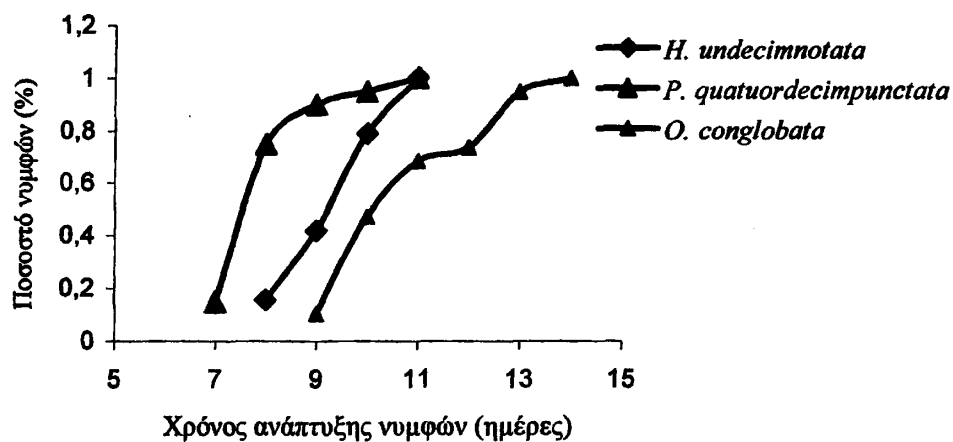


Πίνακας 7: Ποσοστό % θηλυκών και αρσενικών ατόμων των *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., σε φυτά φασολιού και κουκιού.

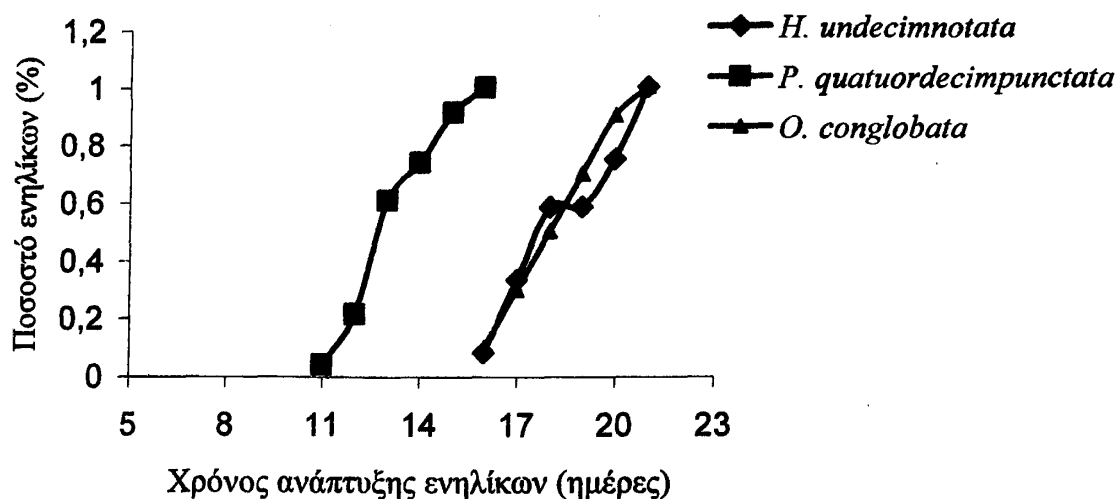
Φυτό ξενιστής	Είδος εντόμου					
	<i>H. undecimnotata</i>		<i>O. conglobata</i>		<i>P. quatuordecimpunctata</i>	
	n	Θηλυκά (%)	n	Θηλυκά (%)	n	Θηλυκά (%)
Φασόλι	12	66.7	10	40.0	22	40.9
Κουκί	20	65.0	19	63.2	20	50.0
	$\chi^2 = 0.08, df = 1$		$\chi^2 = 0.64, df = 1$		$\chi^2 = 0.08, df = 1$	



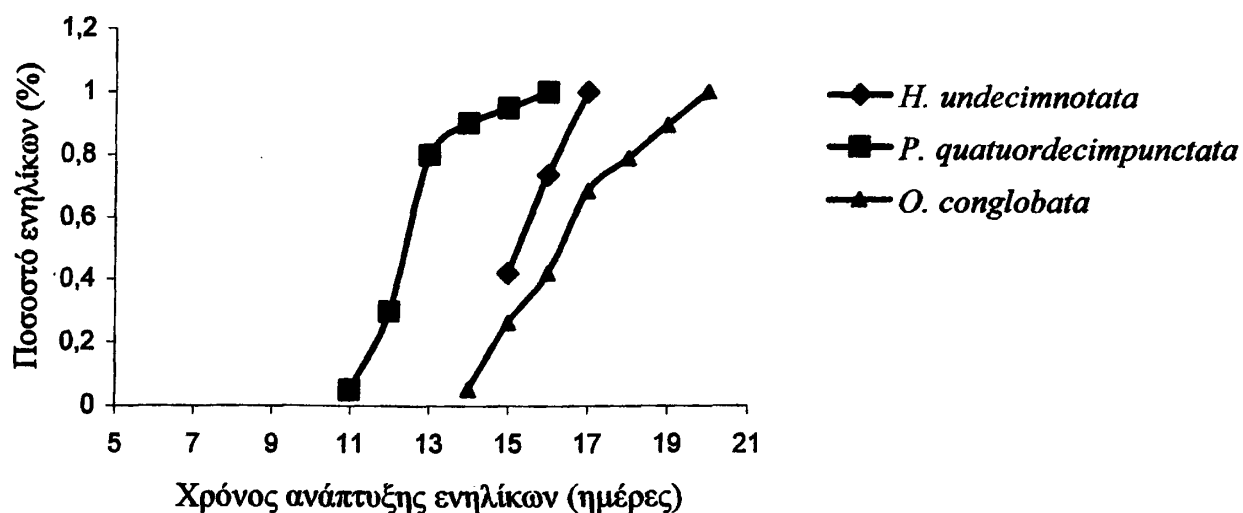
Διάγραμμα 1: Πορεία νόμφωσης των *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά φασολιού.



Διάγραμμα 2: Πορεία νόμφωσης των *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά κουρκιού.



Διάγραμμα 3: Πορεία ενηλικίωσης των *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά φασολιού.



Διάγραμμα 4: Πορεία ενηλικίωσης των *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., με λεία αφίδες *A. fabae*, που είχαν ως ξενιστές φυτά κουκιού.

Διάρκεια ζωής ενηλίκων: Το είδος του Κολεοπτέρου δεν επηρέασε σημαντικά τη μακροβιότητα των ενηλίκων θηλυκών και αρσενικών εντόμων τόσο με φυτό ξενιστή το φασόλι, όσο και με φυτό ξενιστή το κουκί (Πίνακας 8).

Η μέση διάρκεια ζωής των ενηλίκων θηλυκών στο φασόλι κυμάνθηκε από 45,8 ημέρες (*H. undecimnotata*) έως 71,3 ημέρες (*P. quatuordecimpunctata*), ενώ τα ενήλικα αρσενικά στο ίδιο φυτό έζησαν από 27,5 (*H. undecimnotata*) έως 43,5 ημέρες (*P. quatuordecimpunctata*).

Όταν ξενιστής των αφίδων ήταν το κουκί η μέση διάρκεια ζωής των ενηλίκων θηλυκών κυμάνθηκε από 62,6 (*P. quatuordecimpunctata*) έως 76,4 ημέρες (*H. undecimnotata*) και των αρσενικών από 40,5 (*P. quatuordecimpunctata*) έως 77 ημέρες (*H. undecimnotata*).

Το είδος του φυτού ξενιστή των αφίδων και το φύλο των αρπακτικών εντόμων επηρέασαν σε διαφορετικό βαθμό τη διάρκεια ζωής των αρσενικών και θηλυκών ατόμων των τριών Κολεοπτέρων.

Η μέση διάρκεια ζωής των ενηλίκων για τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata* ήταν 20 ως 55% μεγαλύτερη με λεία αφίδες σε κουκί σε σχέση με λεία αφίδες σε φασόλι, ανάλογα με το είδος και το φύλο του εντόμου. Στο είδος *P. quatuordecimpunctata* η μέση διάρκεια ζωής ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο φυτών τόσο για τα θηλυκά όσο και για τα αρσενικά έντομα. Παρόλ' αυτά μόνο μεταξύ των αρσενικών του είδους *H. undecimnotata* που είχαν ως φυτό ξενιστή των αφίδων το φασόλι και εκείνων που είχαν ως φυτό ξενιστή των αφίδων το κουκί παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στη μέση διάρκεια ζωής ($t=3.041$, $df=9$, $P<0.05$).

Η επίδραση του φύλου των εντόμων βρέθηκε στατιστικώς σημαντική στη διάρκεια ζωής των ενηλίκων μόνο για το είδος *P. quatuordecimpunctata* και όταν οι αφίδες διατρέφονταν σε φασόλι ($t=2.511$, $df=20$, $P<0.05$), με τα ενήλικα θηλυκά να παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα αρσενικά.

Η μέση διάρκεια ζωής των ενηλίκων θηλυκών ήταν μεγαλύτερη από αυτή των αρσενικών, τόσο για τα έντομα που αναπτύσσονταν σε φασόλι, όσο και για αυτά που αναπτύσσονταν σε κουκί. Μόνη εξαίρεση αποτέλεσαν τα θηλυκά του είδους *H. undecimnotata* που παρουσίασαν λίγο μικρότερη διάρκεια ζωής από τα αρσενικά στο κουκί. Στο φασόλι τα ενήλικα του είδους *H. undecimnotata* ζούσαν λιγότερο και αυτά του είδους *P. quatuordecimpunctata* παρουσίασαν τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, ενώ το αντίθετο παρατηρήθηκε όταν φυτό ξενιστής των αφίδων ήταν το κουκί.

Πίνακας 8: Μέση διάρκεια ζωής (ημέρες $\pm$ SE) ενηλίκων αρσενικών και θηλυκών απόμων των *H. undecimnotata*, *O. conglobata* L. και *P. quatuordecimpunctata* L., σε φυτά φασολιού και κουκιού και ανάλυση παραλλακτικότητας για την επίδραση του είδους του Κολεοπτέρου και του φυτού ξενιστή, στη διάρκεια ζωής των εντόμων. Τα είδη τρέφονταν με αφίδες *A. fabae*.

Είδος αρπακτικού	Φυτό Ξενιστής					
	Φασόλι			Κουκί		
	n	Θηλυκό	n	Αρσενικό	n	Θηλυκό
<i>H. undecimnotata</i>	8	45.8 $\pm$ 15.7 αA	4	27.5 $\pm$ 7.9 αA	13	76.9 $\pm$ 14.5 αA
<i>O. conglobata</i>	4	53.5 $\pm$ 7.4 αA	6	42.8 $\pm$ 10.4 αA	12	72.4 $\pm$ 11.7 αA
<i>P. quatuordecimpunctata</i>	9	71.3 $\pm$ 3.8 αA	13	43.5 $\pm$ 8.8 αA	10	62.6 $\pm$ 14.3 αA
F		1.680		0.513		0.274
df		2, 18		2, 20		2, 32
P		>0.05		>0.05		>0.05
						1.977
						2, 21
						>0.05

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός στήλης και από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα στις αντίστοιχες στήλες των δύο φυτών-ξενιστών δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$, Tukey's b test)

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το είδος του θηρευτικού εντόμου και το φυτό ξενιστής των αφίδων επηρεάζουν την επιβίωση, τη διάρκεια ανάπτυξης προνυμφών και νυμφών, το βάρος και το ποσοστό θηλυκών και αρσενικών ατόμων των ειδών *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata*. Αντίθετα, για τη διάρκεια ζωής των ενηλίκων το είδος του Κολεοπτέρου δεν αποτέλεσε κρίσιμο παράγοντα, ενώ το είδος του φυτού στο οποίο διατρέφονταν οι αφίδες την επηρέασε ελάχιστα.

Το είδος του φυτού που χρησιμοποιήθηκε ως ξενιστής των αφίδων επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την επιβίωση προνυμφών και νυμφών των τριών αρπακτικών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι και τα τρία Κολεόπτερα προσαρμόζονται καλύτερα στο κουκί σε σχέση με το φασόλι, καθώς με την ολοκλήρωση της ανάπτυξης των ανήλικων εντόμων χαμηλότερη επιβίωση όλων των ειδών σημειώθηκε στο φασόλι. Η αυξημένη θνησιμότητα των εντόμων όταν οι αφίδες διατρέφονταν σε φασόλι παρατηρήθηκε κατά κύριο λόγο στις προνύμφες μικρότερης ηλικίας και ιδιαίτερα σε αυτές πρώτου σταδίου οι οποίες παρουσιάζουν και τη μεγαλύτερη ευπάθεια στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Η αυξημένη νυμφική επιβίωση σε όλα τα είδη Κολεοπτέρων ανεξάρτητα με το εάν η *A. fabae* διατρέφονταν σε φασόλι ή κουκί, πιθανώς οφείλεται στην επάρκεια στα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και στην απαραίτητη ενέργεια για τη μεταμόρφωση από το προνυμφικό στο στάδιο του ενηλίκου.

Μεταξύ των τριών εντόμων το φασόλι ήταν καλύτερος ξενιστής στο σύνολο της ανήλικης ανάπτυξης για το είδος *P. quatuordecimpunctata*, το οποίο επιβίωσε σε τουλάχιστον διπλάσια ποσοστά από τα άλλα δυο έντομα. Μικρότερη προσαρμογή στο φασόλι έδειξε το είδος *H. undecimnotata*, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό των προνυμφών του είδους *O. conglobata* κατάφερε να επιβιώσει στο συγκεκριμένο φυτό. Το γεγονός αυτό καθιστά το φασόλι ακατάλληλο ως φυτό ξενιστή της *A. fabae* για το είδος *O. conglobata*.

Αντίθετα όταν τα έντομα αναπτύσσονταν και είχαν ως λεία αφίδες διατρεφόμενες σε κουκί, υψηλότερα ποσοστά επιβίωσης σε όλα τα στάδια ανάπτυξης και συνεπώς καλύτερη προσαρμογή, παρουσίασε το είδος *O. conglobata*, ακολούθησε το είδος *H. undecimnotata*, ενώ το είδος *P. quatuordecimpunctata* ήταν το τρίτο σε σειρά προσαρμογής, παρουσιάζοντας όμως ένα αρκετά υψηλό ποσοστό



επιβίωσης και στο κουκί γεγονός που το καθιστά το πιο ευπροσάρμοστο και στα δύο φυτά είδος.

Το υψηλό ποσοστό επιβίωσης της *P. quatuordecimpunctata* στο κουκί (77%) παρατηρήθηκε και σε παλαιότερες έρευνες. Οι Kalushkov & Hodek (2005) βρήκαν ότι όταν η *P. quatuordecimpunctata* διατρέφονταν με την *Aphis craccivora* στο κουκί παρουσίασε 80% επιβίωση στη συνολική ανήλικη ανάπτυξη, ενώ ο Obrycki *et al.* (1993) βρήκαν επιβίωση 72-85% για διατροφή της *P. quatuordecimpunctata* με *Acyrtosiphon pisum* στο κουκί.

Ο Blackman (1965) μελέτησε την καταλληλότητα εννέα ειδών αφίδων ως τροφή για την *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) και βρήκε πως η *A. fabae* όταν προσβάλει το κουκί είναι ακατάλληλη τροφή για το συγκεκριμένο Κολεόπτερο. Ενώ από μελέτες των Blackman (1967), Kalushkov (1994) και Rana *et al.* (2002) βρέθηκε ότι όταν η *A. fabae* διατρέφονταν έχοντας ως φυτά ξενιστές κουκιά, αποτέλεσε μέτριας καταλληλότητας θήραμα για την προνυμφική ανάπτυξη του αρπακτικού *A. bipunctata* το οποίο παρουσίασε υψηλή προνυμφική θνησιμότητα.

Στην παρούσα εργασία σημειώθηκαν χαμηλά ποσοστά θνησιμότητας και στα τρία είδη θηρευτικών εντόμων όταν ως φυτό ξενιστής χρησιμοποιήθηκε το κουκί. Μια εξήγηση για αυτή τη διαφορετική συμπεριφορά θα μπορούσε να είναι ότι η *A. fabae* αποτελεί καταλληλότερο θήραμα για τα αρπακτικά είδη που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματά μας, από ότι για την *A. bipunctata* που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα των Blackman (1967), Kalushkov (1994) και Rana *et al.* (2002). Επιπλέον οι πληθυσμοί θηρευτικών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν πιθανότατα προσαρμοσμένοι στις συνθήκες της περιοχής – όπου συναντώνται συχνά πληθυσμοί της *A. fabae* – και έτσι απέδωσαν καλύτερα με τη συγκεκριμένη διατροφή, αφού σύμφωνα με τον Rana *et al.* (2002) ακόμη και η *A. bipunctata* όταν διατρέφονταν για πολλές γενιές με την *A. fabae* τελικά απέδιδε τόσο καλά, όσο και με τα πλέον κατάλληλα θηράματα.

Και τα τρία είδη αρπακτικών ολοκλήρωσαν επιτυχώς την ανάπτυξή τους και στα δύο φυτά ξενιστές των αφίδων. Τυπικά η διάρκεια προνυμφικής ανάπτυξης και το βάρος των ενηλίκων είναι αρνητικά συσχετισμένα, καθώς η διατροφή που παράγει τα μεγαλύτερα ενήλικα αποδίδει και ταχύτερους χρόνους ανάπτυξης (Kalushkov 1998, Dixon 2000, Michaud 2000, Omkar & Bind 2004, Omkar & James 2004). Αυτό υποστηρίζεται και από τα ευρήματα της παρούσας εργασίας, αφού ο χρόνος που απαιτήθηκε για να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους τα τρία αρπακτικά Κολεόπτερα



ήταν μικρότερος όταν για τη διατροφή των αφίδων χρησιμοποιήθηκε το κουκί. Ενώ τα βαρύτερα ενήλικα προέκυψαν από προνύμφες που είχαν ως τροφή αφίδες με φυτό ξενιστή το κουκί.

Τα δεδομένα αυτά επιβεβαιώνουν, σε συμφωνία και με τα συμπεράσματα της επιβίωσης, την καλύτερη προσαρμογή και των τριών εντόμων στο κουκί απ' ότι στο φασόλι.

Όταν οι αφίδες διατρέφονταν σε φασόλι, το είδος *P. quatuordecimpunctata* παρουσίασε μέγιστο ρυθμό προνυμφικής και συνολικής ανάπτυξης μεταξύ των τριών εντόμων, ακολούθησε το είδος *H. undecimnotata* και με μικρή διαφορά μέσης διάρκειας ανάπτυξης το είδος *O. conglobata*.

Στο κουκί, το είδος *P. quatuordecimpunctata* ολοκλήρωσε την ανάπτυξή του ταχύτερα ενώ το βάρος των ενηλίκων του παρότι δε διέφερε από τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών όπου η *P. quatuordecimpunctata* διατρέφονταν με *Aphis craccivora* στο κουκί (Kalushkov & Hodek, 2005), ήταν μεγαλύτερο από αυτό των ενηλίκων που διατρέφονταν με *Acyrtosiphon pisum* στον ίδιο ξενιστή (Obrycki *et al.* 1993). Ακολούθησε με μεγαλύτερη διάρκεια ανάπτυξης το είδος *H. undecimnotata*, ενώ η συνολική διάρκεια ανάπτυξης του είδους *O. conglobata* κυμάνθηκε από 16,9 έως 18,5 ημέρες. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τα ευρήματα του Mojib *et al.* (2004) οι οποίοι βρήκαν ότι το είδος *O. conglobata* χρειάστηκε 26,46 ημέρες στους 20° C και 16,86 ημέρες στους 25° C για να ολοκληρώσει την ανάπτυξή του.

Η μειωμένη προσαρμογή των ειδών *P. quatuordecimpunctata* *H. undecimnotata* και *O. conglobata* στο φασόλι που βρέθηκε με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης μας, είναι δυνατό να οφείλεται σε μορφολογικά γνωρίσματα της ποικιλίας του φασολιού (όπως οι τρίχες που υπάρχουν στην επιφάνεια των φύλλων και στο βλαστό του φασολιού, όχι όμως και στο κουκί) που δυσχέραιναν την κίνηση και ίσως την επιβίωση των νεαρών κυρίως προνυμφών. Επίσης είναι πιθανόν η *A. fabae* να παρουσίασε διαφορές στην καταλληλότητά της ως θήραμα του κάθε είδους, ανάλογα με το αν διατρέφονταν σε φυτά φασολιού ή κουκιού. Αυτό υποδεικνύει ότι υπάρχουν θρεπτικές διαφορές ανάλογα με το φυτό ξενιστή και ότι διαφέρουν οι θρεπτικές απαιτήσεις του κάθε είδους αρπακτικού. Η καταλληλότητα αλλά και η προτίμηση ενός θηράματος, υπόκειται σε έναν αριθμό παραγόντων όπως τα συστατικά του φυτού ξενιστή, η δομή του φυτού και η εποχή του έτους (Clark & Messina 1998, Geitzenauer & Bernays 1996, Hukusima & Kamei 1970, Krebs & McCleery 1994, Okamoto 1966, Vohland 1996). Βέβαια σε κάθε περίπτωση οι αφίδες



ικανοποίησαν τις ανάγκες ανάπτυξης και των τριών Κολεοπτέρων, συνεπώς αποτέλεσαν κατάλληλα θηράματα αφού σύμφωνα με τον Michaud (2005) η καταλληλότητα των θηραμάτων για έντομα που είναι αρπακτικά αφίδων, κατά τη διάρκεια των προνυμφικών σταδίων καθορίζεται σχετικά απλά. Τα θηράματα που οδηγούν σε ολοκληρωμένη ανάπτυξη είναι κατάλληλα - όσο πιο γρήγορη είναι η ανάπτυξη και όσο μεγαλύτερο είναι το ενήλικο, τόσο καταλληλότερο είναι το θήραμα-. Συνεπώς η *A. fabae* στο φασόλι αποτέλεσε καταλληλότερο θήραμα για το είδος *P. quatuordecimpunctata* και αμέσως μετά για το είδος *H. undecimnotata*, ενώ η διατροφή της στο κουκί την κατέστησε καταλληλότερο θήραμα για το είδος *O. conglobata* και στη συνέχεια για το *H. undecimnotata*. Η έλλειψη καταλληλότητας σε είδη θηραμάτων που είναι αποδεκτά από τα αρπακτικά μπορεί να οφείλεται σε ανεπάρκεια θρεπτικών στοιχείων ή τοξικότητα οφειλόμενη σε χημικές ενώσεις που απομονώθηκαν από το φυτό ξενιστή του θηράματος (Hodek & Honek, 1996). Η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ της τοξικότητας του φυτού ξενιστή και αυτής των αφίδων θεωρείται δεδομένη αφού σύμφωνα με τον Michaud (2005) παρότι η τοξικότητα μπορεί να προέλθει από μεταβολίτες παραγόμενους εκ νέου στα θηράματα, και ανεξάρτητα από το φυτό ξενιστή, δεν έχουν αναφερθεί τέτοια παραδείγματα στη βιβλιογραφία για τις αφίδες.

Η μακροβιότητα των ενηλίκων για τα είδη *H. undecimnotata* και *O. conglobata* ήταν μεγαλύτερη με λεία αφίδες σε κουκί σε σχέση με λεία αφίδες σε φασόλι, με ποσοστό που διέφερε ανάλογα με το είδος και το φύλο του εντόμου. Μόνο για το είδος *P. quatuordecimpunctata* η μέση διάρκεια ζωής ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο περιπτώσεων τόσο για τα θηλυκά όσο και για τα αρσενικά έντομα.

Η *Adalia bipunctata* έχοντας ως λεία την *A. fabae* και με φυτό ξενιστή το κουκί παρουσίασε μικρότερη διάρκεια ζωής των ενηλίκων θηλυκών από ότι των αρσενικών (Kalushkov 1994). Στην παρούσα μελέτη η διάρκεια ζωής των ενηλίκων θηλυκών βρέθηκε μεγαλύτερη από αυτή των αρσενικών και στα δυο φυτά, με μόνη εξαίρεση το είδος *H. undecimnotata* με φυτό ξενιστή το κουκί. Η διάρκεια ζωής των ενηλίκων του είδους *P. quatuordecimpunctata* στο κουκί ήταν 62.6 ημέρες για τα θηλυκά και 40.5 ημέρες για τα αρσενικά. Παρόμοια αποτελέσματα διαπιστώθηκαν από τους Kalushkov & Hodek (2003) μετά από διατροφή της *P. quatuordecimpunctata* με έξι διαφορετικά είδη αφίδων, μεταξύ των οποίων ήταν και η *A. craccivora* στο κουκί.

Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της εργασίας μας έδειξαν ότι παρότι και τα τρία είδη αρπακτικών Κολεοπτέρων ολοκλήρωσαν επιτυχώς την ανάπτυξή τους και στα δυο φυτά ξενιστές, οι αφίδες *A. fabae* αποτέλεσαν καταλληλότερο θήραμα και για τα τρία είδη όταν διατρέφονταν σε φυτά κουκιού, από ότι στην περίπτωση διατροφής τους σε φυτά φασολιού.

Απαιτείται περαιτέρω μελέτη προκειμένου να προσδιοριστεί εάν η χαμηλότερη προτίμηση σε αφίδες που τρέφονται σε φασόλια, είναι συνέπεια των χημικών συστατικών, δηλαδή της διατροφικής ποιότητας των αφίδων ή των μορφολογικών γνωρισμάτων του φυτού.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blackman, R. L. 1965.** Studies on specificity in Coccinellidae. *Annals of Applied Biology*. 56: 336-338.
- Blackman, R. L. 1967.** The effects of different aphid foods on *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. *Annals of Applied Biology*. 59: 207-219.
- Clark, T. L. & F. J. Messina. 1998.** Plant architecture and foraging success of ladybird beetles attacking the Russian wheat aphid. *Entomol. Exp. Appl.* 86: 153-161.
- Dixon, A. F. G. 2000.** Insect Predator – Prey Dynamics: Ladybird Beetles and Biological Control. Cambridge University Press. Cambridge. 257pp.
- El Hag, E.T.A. & A.A. Zaitoon. 1996.** Biological parameters for four Coccinellid species in Central Saudi Arabia. *Biological Control* 7 : 316-319.
- Geitzenauer, H. L. & E. A. Bernays. 1996.** Plant effects on prey choice by a vespid wasp, *Polistes arizonensis*. *Ecol. Entomol.* 21: 227-234.
- Hauge, M. S., F. H. Nielsen, and S. Toft. 1998.** The influence of three cereal aphid species and mixed diet on larval survival, development and adult weight of *Coccinella septempunctata*. *Entomol. Exp. Appl.* 89: 319-322.
- Hodek, I. 1956.** The influence of *Aphis sambuci* L. as prey of the ladybird beetle *Coccinella 7-punctata* L. *Vest. Csl. Zemed. Mus.* 20: 62-74.
- Hodek, I. 1962.** Essential and alternative food in insects. 11th Int. Congr. Entomol. Vienna 1960. Vol 2, pp 696-697.
- Hodek, I. 1967.** Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annu. Rev. Entomol.* 12: 79-104.
- Hodek, I. 1993.** Prey and habitat specificity in aphidophagous predators (a review). *Biocontrol Sci. Technol.* 3: 91-100.
- Hodek, I. 1996.** Food relationships. In Hodek I. & Honek A.: *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, pp: 143-238.
- Hodek, I. & A. Honek. 1996.** *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 464pp.
- Hukusima, S. & M. Kamei. 1970.** Effects of various species of aphids as food on development, fecundity and longevity of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Res. Bull. Fac. Agric. Gifu Univ.* 29: 53-66.



- Kalushkov, P. 1994.** Zur Lebensdauer, Fruchtbarkeit und Entwicklung von *Adalia bipunctata* L. (Col: Coccinellidae) bei Aufzucht mit drei verschiedenen Blattaussarten. Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltzchtz. 67: 6-7.
- Kalushkov, P. 1998.** Ten species (Sternorrhyncha: Aphididae) as prey for *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Eur. J. Entomol. 95:343-349.
- Kalushkov, P. & I. Hodek. 2005.** The effects of six species of aphids on some life history parameters of the ladybird *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Eur. J. Entomol. 102: 449-452.
- Krebs, J. R. & R. H. McCleery. 1994.** Optimization in behavioral ecology. In: Krebs, J. R., Davies, N. B. (Eds.) Behavioral ecology- An evolutionary approach. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 91- 121 pp.
- Le Ru, B. & Mitsipa, A. 2000.** Influence of the host plant of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* on life-history parameters of the predator *Exochomus flaviventris*. Entomol. Exper. et Appl. 95: 209-212.
- Majerus, M. & P. Kearns. 1989.** Ladybirds. The Richmond Publishing Co. Ltd. Great Britain.
- Malcolm, S. B. 1992.** Prey defence and predator foraging. In M. J. Crawley (ed.), The population biology of predators, parasites and diseases. Blackwell, Oxford. UK.
- Michaud, P. J. 2000.** Development and Reproduction of Ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the Citrus Aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). Biological Control. 18: 287-297.
- Michaud, P. J. 2005.** On the assessment of prey suitability in aphidophagous Coccinellidae. Eur. J. Entomol. 102: 385-390.
- Mojib, Z. H. M., J. Jalali Sendi, E. Sadeghi & J. Hajizadeh. 2004.** Effects of different temperatures on development of lady beetle, *Oenopia conglobata* L. (Col: Coccinellidae) under laboratory conditions. Journal of Agricultural Science Vol. 1 No 1.
- Obrycki, J. J., Orr, D. B., Orr, C. J., Wallendorf, M. & R. V. Flanders. 1993.** Comparative Developmental and Reproductive Biology of Three Populations of *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Biological Control 3: 27-33.

- Okamoto, H. 1966.** Three problems of prey specificity of aphidophagous Coccinellids. In: Hodek, I. (Ed.), Ecology of Aphidophagous Insects. Academia, Dr. W. Junk, Prague. The Hague. 45-46 pp.
- Omkar, R. B. & R. B. Bind. 2004.** Prey quality dependent growth, development and reproduction of a biocontrol agent, *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae). Biocontrol Sci. Tech. 14: 665-673.
- Omkar, R. B. & B. E. James. 2004.** Influence of prey species on immature survival, development, predation and reproduction of *Coccinella transversalis* Fabricius (Col., Coccinellidae). J. Appl. Entomol. 128: 150-157.
- Rana, J. S., A. F. G. Dixon & V. Jarosik. 2002.** Costs and benefits of prey specialization in a generalist insect predator. Journal of Animal Ecology. 71: 15-22.
- Τσιτσιπής, Ι. 1999.** Γενική Εντομολογία. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος.
- Yohland, K. 1996.** The influence of plant structure on searching behavior in ladybird *Scymnus nigrinus* (Coleoptera: Coccinellidae). Eur. J. Entomol. 93: 151-160.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΕ ΘΗΡΕΥΤΙΚΑ
ΕΝΤΟΜΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ COCCINELLIDAE

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διερευνήθηκε η τοξική επίδραση των δραστικών ουσιών imidacloprid, thiacloprid και methomyl σε προνύμφες πρώτης και τρίτης ηλικίας και ενήλικα των θηρευτικών εντόμων *Hippodamia undecimnotata* (Schneider), *Oenopia conglobata* L. και *Propylaea quatuordecimpunctata* L. μία ημέρα και οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό των φυτών κουκιού.

Τα εντομοκτόνα προκάλεσαν σημαντική θνησιμότητα στα θηρευτικά έντομα η οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων έφτασε το 100% τόσο για τα έντομα που εκτέθηκαν στα εντομοκτόνα μία ημέρα μετά τον ψεκασμό τους όσο και για τα έντομα που εκτέθηκαν στα εντομοκτόνα οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό τους. Η πλειοψηφία των προνυμφών πρώτης ηλικίας που εκτέθηκαν στα ψεκασμένα φύλλα πέθανε άμεσα. Η θνησιμότητα ήταν υψηλή και για τις προνύμφες τρίτης ηλικίας, ενώ επιβίωση έως και το στάδιο του ενηλίκου παρατηρήθηκε κυρίως στις προνύμφες που εκτέθηκαν στη δραστική ουσία imidacloprid. Παρόμοια τοξική δράση διαπιστώθηκε και για ενήλικα των θηρευτικών εντόμων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ενηλίκων (πάνω από 60%) πέθαιναν σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την επαφή τους με τα εντομοκτόνα (μικρότερο της 1 ημέρας), ενώ όπως και στην περίπτωση των προνυμφών έτσι και στην περίπτωση των ενηλίκων επιβίωση για μεγάλο χρονικό διάστημα παρατηρήθηκε κυρίως για τα ενήλικα που εκτέθηκαν στη δραστική ουσία imidacloprid.

Στην περίπτωση που τα χρησιμοποιούμενα φύλλα ψεκάστηκαν μία ημέρα πριν την κοπή τους, το imidacloprid βλάπτει στο μικρότερο βαθμό όλα τα στάδια ζωής του *H. undecimnotata* (μεταξύ των τριών δραστικών ουσιών) με ποσοστά θνησιμότητας την πρώτη ημέρα μετά την έκθεση 92.9% (προνύμφες 1^{ης} ηλικίας), 56.4% (προνύμφες 3^{ης} ηλικίας) και 72.9% (ενήλικα). Το είδος *O. conglobata* είναι το πιο ευπαθές στη χρήση των εντομοκτόνων μία ημέρα μετά τον ψεκασμό των φύλλων μεταξύ των τριών Κολεοπτέρων, παρουσιάζοντας μηδενική επιβίωση μέχρι το τρίτο από τα εξεταζόμενα διαστήματα

Το είδος *P. quatuordecimpunctata* είναι το πιο ανθεκτικό από τα τρία είδη και οι προνύμφες τρίτου σταδίου του ήταν το μόνο στάδιο ζωής - από τα εξεταζόμενα στα υπολείμματα μιας ημέρας έντομα - που έδειξε μια ανθεκτικότητα στο methomyl, καθώς δε θανατώθηκαν αμέσως μετά την επαφή με τα υπολείμματα του φαρμάκου.

Όταν τα έντομα έρχονται σε επαφή με φύλλα που ψεκάστηκαν οκτώ ημέρες πριν με εντομοκτόνα, μεγαλύτερη ανεκτικότητα του είδους *H. undecimnotata* φάνηκε στο imidacloprid και το thiacloprid. Το methomyl ήταν εξαιρετικά τοξικό αλλά ένας μικρός αριθμός προνυμφών τρίτου σταδίου κατάφερε να ενηλικιωθεί μετά την έκθεση σε αυτό. Τα ενήλικα του είδους *O. conglobata* επιβίωσαν έστω και σε μικρό ποσοστό μετά την έκθεση σε methomyl, κατ' εξαίρεση με όσα παρατηρήθηκαν στα ενήλικα των υπολοίπων ειδών. Παρά το γεγονός ότι μεσολάβησαν οκτώ ημέρες από τον ψεκασμό των φυτών, το είδος *P. quatuordecimpunctata* παρουσίασε μικρή αντοχή στα εντομοκτόνα και στα τρία στάδια ζωής.

Το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από τον ψεκασμό των φυτών έως την κοπή των φύλλων ήταν σημαντικό μόνο για τη θνησιμότητα των ενηλίκων του είδους *O. conglobata* που εκτέθηκαν σε imidacloprid. Το methomyl ήταν η πιο δραστική ουσία σε όλες τις μεταχειρίσεις, ενώ τα ωφέλιμα έντομα φάνηκε πως επηρεάζονται από την εφαρμογή εντομοκτόνων στα φυτά παρότι δεν τρέφονται από αυτά.

Συνεπώς και τα τρία εξεταζόμενα εντομοκτόνα βρέθηκε πως επιδρούν αρνητικά στην επιβίωση των τριών θηρευτικών Κολεοπτέρων και μπορεί να μειώσουν σημαντικά τους πληθυσμούς τους.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε ένα αγροοικοσύστημα τα αρπακτικά των αφίδων, ειδικότερα αυτά της οικογένειας Coccinellidae, μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό παράγοντα περιορισμού του πληθυσμού των αφίδων. Όταν όμως οι φυσικοί εχθροί δεν αρκούν για να περιορίσουν τον πληθυσμό των επιβλαβών εντόμων στα επιθυμητά όρια, ο άνθρωπος λαμβάνει μέτρα εναντίον τους στα πλαίσια της προστασίας της φυτικής παραγωγής.

Η χημική καταπολέμηση χρησιμοποιείται μόνο ως διορθωτικό μέτρο σε ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης καταπολέμησης. Από τη στιγμή που η μέθοδος ολοκληρωμένης καταπολέμησης κέρδισε την αποδοχή, ως η πλέον επιθυμητή προσέγγιση στη διαχείριση των επιζήμιων εντόμων, ξεκίνησαν πολλές προσπάθειες προστασίας των φυσικών εχθρών χρησιμοποιώντας εκλεκτικά εντομοκτόνα (Croft 1990). Ωστόσο πολλά από τα χημικά σκευάσματα που διατίθενται σήμερα για την αντιμετώπιση των επιβλαβών εντόμων είναι τοξικά και για τους φυσικούς εχθρούς. Η χρήση εντομοκτόνων που είναι όσο το δυνατό λιγότερο επιζήμια για τους ωφέλιμους οργανισμούς μπορεί δυνητικά να βελτιώσει το πρόβλημα αυτό (Jepson 1989, Croft 1990, Bellows & Morse 1993). Τα ιδανικά εντομοκτόνα για χρήση σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης θα πρέπει να είναι αποτελεσματικά για τα έντομα στόχους αλλά όχι και για τους φυσικούς τους εχθρούς (Plapp & Bull 1978, Coats *et al.* 1979, Rajakulendran & Plapp 1982). Έτσι εκτός από την τοξικότητα των εντομοκτόνων στις αφίδες, θα πρέπει να μελετηθεί και η ευπάθεια των φυσικών τους εχθρών στα σκευάσματα αυτά.

Για την εκτίμηση της συμβατότητας των εντομοκτόνων με τους παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης έχουν χρησιμοποιηθεί ποικίλες μέθοδοι. Τα ωφέλιμα αρθρόποδα μπορεί να εκτεθούν στα εντομοκτόνα με άμεση επαφή, με χορήγηση μολυσμένων αφίδων ή με έμμεση επαφή μέσω των υπολειμμάτων που απομένουν στις φυτικές επιφάνειες (Jepson 1989), κάτι που εφαρμόστηκε και στην παρούσα μελέτη.

Οι Theiling και Croft (1988) απέδειξαν ότι η ευπάθεια των Coccinellidae στα εντομοκτόνα ποικίλει ανάλογα με το είδος του αρπακτικού και τον τύπο του εντομοκτόνου και διαπίστωσαν ότι συχνά η ευαισθησία των ωφελίμων στα εντομοκτόνα ήταν ελαφρώς χαμηλότερη από αυτή των επιβλαβών εντόμων.



Έχουν γίνει αρκετές μελέτες σχετικές με τις παρενέργειες διαφόρων εντομοκτόνων σε αρπακτικά έντομα, παρόλ' αυτά πολλές από αυτές περιορίζονται στην άμεση επίδραση ενός εντομοκτόνου σε ένα στάδιο ανάπτυξης ενός συγκεκριμένου είδους.

Επιπλέον στις πιο αντιπροσωπευτικές τοξικολογικές μελέτες, η θνησιμότητα μετράται συνήθως εικοσιτέσσερις ώρες μετά την εφαρμογή των μεταχειρίσεων (Jepson 1989), αλλά έχει προταθεί ότι μεγαλύτερες περίοδοι παρατηρήσεων θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως μέρος της τυπικής διαδικασίας (Roger *et al.* 1994).

Η συμβατότητα εντομοκτόνων όπως τα imidacloprid, thiacloprid και methomyl, που συναντώνται σε πολλά από τα σκευάσματα που χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την καταπολέμηση αφίδων και πολλών άλλων ειδών εντόμων, με παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης όπως τα αρπακτικά Κολέοπτερα και ειδικότερα αυτά της οικογένειας Coccinellidae, που αποτελούν έναν από τους πιο αποτελεσματικούς φυσικούς εχθρούς των αφίδων, θα πρέπει να αποτελεί βασικό μέλημα όλων των καλλιεργητών, καθώς όσο επιλέγονται εντομοκτόνα που ελαχιστοποιούν τις δυσμενείς επιδράσεις στα αρπακτικά, θα διατηρείται η σταθερότητα του οικοσυστήματος.

Σκοπός των πειραμάτων του κεφαλαίου αυτού ήταν να προσδιοριστεί η τοξικότητα των δραστικών ουσιών imidacloprid, thiacloprid και methomyl σε τρία στάδια ανάπτυξης, των αρπακτικών εντόμων *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata*, για τρία χρονικά διαστήματα μετά την εφαρμογή τους.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Πειραματικό Υλικό

Η τοξικότητα των εντομοκτόνων μελετήθηκε για τα είδη *H. undecimnotata*, *O. conglobata* και *P. quatuordecimpunctata*. Τα αρπακτικά διατρέφονταν αποκλειστικά με αφίδες του είδους *A. fabae* που είχαν ως ξενιστές φυτά κουκιού.

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τρία γεωργικά φάρμακα:

- Το Confidor 200 SL (δραστική ουσία imidacloprid 20,6% β/o, Bayer Ελλάς) σε μορφή διαλύματος, ένα διασυστηματικό εντομοκτόνο που ανήκει στην κατηγορία των νεονικοτινοειδών.
- Το Calypso 480 SC (δραστική ουσία thiacloprid 48% β/o, Bayer Ελλάς) σε μορφή πυκνού εναιωρήματος, ένα διασυστηματικό εντομοκτόνο που ανήκει στην κατηγορία των νεονικοτινοειδών.
- Το Selanox 20 SL (δραστική ουσία methomyl 20% β/o, ΣΕΓΕ Α.Β.Ε.Ε.) σε μορφή υγρού διαλύματος, ένα διασυστηματικό καρβαμιδικό εντομοκτόνο επαφής και στομάχου

Τα χημικά αυτά σκευάσματα επιλέχθηκαν με βάση την παρούσα και τη δυνητική χρήση τους για την καταπολέμηση αφίδων σε διάφορες καλλιέργειες.

Στο πειραματικό αυτό σκέλος χρησιμοποιήθηκαν φυτά κουκιού. Η προέλευση, η μεθοδολογία εκτροφής των εντόμων καθώς και οι συνθήκες ανάπτυξης των χρησιμοποιούμενων φυτών είναι αυτές που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 2 της παρούσας διατριβής.

3.2 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Για τη μελέτη της τοξικότητας των εντομοκτόνων, χρησιμοποιήθηκε βιοκλιματικός θάλαμος με φωτοπερίοδο 16: 8 (Φ: Σ), θερμοκρασία $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία $65 \pm 5\%$ και σε δωμάτιο ελεγχόμενων συνθηκών με τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 5 και ύψους 3cm και ένας ψεκαστήρας πίεσεως.

3.3 Πειραματική Μεθοδολογία

Διερευνήθηκε η τοξικότητα σε τρία στάδια ανάπτυξης των Κολεοπτέρων. Σκοπός των πειραμάτων ήταν να προσδιοριστεί η τοξικότητα των τριών εξεταζόμενων γεωργικών φαρμάκων σε προνύμφες πρώτου και τρίτου σταδίου καθώς και σε ενήλικα και των τριών ειδών θηρευτικών Coccinellidae.

Προκειμένου να υπάρχουν έντομα του ίδιου σταδίου ανάπτυξης και του ίδιου είδους, αυγά της ίδιας ηλικίας μεταφέρονταν από τις αποικίες του κάθε είδους αρπακτικού, σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 5 και ύψους 3cm παραμένοντας στις πειραματικές συνθήκες του βιοκλιματικού θαλάμου. Τα έντομα που προέκυπταν με την είσοδό τους στο πρώτο προνυμφικό (L1), στο τρίτο προνυμφικό (L3) και στο ενήλικο στάδιο, χρησιμοποιούνταν στο πείραμα. Η διατροφή των εντόμων γίνονταν με φύλλα κουκιών προσβεβλημένα με αφίδες *A. fabae*.

Οι προνύμφες πρώτου και τρίτου σταδίου χρησιμοποιούνταν εικοσιτέσσερις ώρες μετά την έκδυση, λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος που μεσολαβούσε μέχρι το επόμενο στάδιο. Τα ενήλικα χρησιμοποιούνταν μέχρι και πέντε ημέρες μετά την έξοδο από τη νύμφωση.

Η τοξικότητα των τριών εντομοκτόνων σε καθένα από τα εξεταζόμενα στάδια ανάπτυξης των εντόμων, μελετήθηκε για δύο χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η δράση των υπολειμμάτων τους μια ημέρα μετά τον ψεκασμό των φυτών, αλλά και οκτώ ημέρες μετά.

Έτσι για τη μελέτη της επίδρασης των γεωργικών φαρμάκων που χρησιμοποιούνται εναντίον των αφίδων στα αρπακτικά Κολεόπτερα, γλάστρες με φυτά κουκιού στο στάδιο του δέκατου φύλλου μεταφέρονταν από το βιοκλιματικό θάλαμο σε ένα δωμάτιο ελεγχόμενων συνθηκών με θερμοκρασία $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ και φωτοπερίοδο 16: 8 (Φ: Σ) και το φύλλωμά τους ψεκάζονταν μέχρι απορροής με ένα εντομοκτόνο. Η χρησιμοποιούμενη συγκέντρωση φαρμάκου για την παρασκευή των ψεκαστικών διαλυμάτων ήταν η συνιστώμενη από τη συσκευασία και διέφερε ανάλογα με το είδος του σκευάσματος που εξετάζονταν. Συγκεκριμένα για το Confidor (δ.ο.: imidacloprid) χρησιμοποιούνταν 50 μl / 100 ml H_2O ή 0.01 gr δ.ο. /100 ml H_2O , για το Calypso (δ.ο.: thiacloprid) 30 μl / 100 ml H_2O ή 0.014 gr δ.ο. /100 ml H_2O και για το Selanox (δ.ο.: methomyl) 150 μl / 100 ml H_2O ή 0.03 gr δ.ο. /100 ml H_2O .

Μία ημέρα ή οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό - ανάλογα με το πειραματικό σκέλος - φύλλα των ψεκασμένων φυτών έχοντας πλέον στεγνώσει, κόβονταν και τοποθετούνταν σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 5 και ύψους 3cm, φροντίζοντας να καλύπτουν όλη την κάτω επιφάνεια του τρυβλίου (Εικόνα 9). Επάνω στα φύλλα τοποθετούνταν στη συνέχεια με πινέλο έως και τέσσερα έντομα του εξεταζόμενου κάθε φορά σταδίου ανάπτυξης του κάθε είδους και τα τρυβλία μεταφέρονταν στο βιοκλιματικό θάλαμο ανάπτυξης. Τα έντομα εκτίθονταν στη μεταχείριση για εικοσιτέσσερις ώρες και έπειτα απομακρύνονταν για να ελεγχθεί η επιβίωσή τους. Σε περίπτωση επιβίωσης μετά το πέρας της έκθεσής τους στα εντομοκτόνα, τα έντομα μεταφέρονταν χωριστά σε πλαστικά τρυβλία Petri των ιδίων διαστάσεων που περιείχαν αψέκαστα φύλλα κουκιών μολυσμένα με αφίδες *A. fabae*, προκειμένου να διατρέφονται κανονικά και παρέμεναν στις ίδιες πειραματικές συνθήκες. Η επιβίωσή τους ελέγχονταν καθημερινά.

Η πειραματική αυτή μεθοδολογία πραγματοποιήθηκε στη συνέχεια με τον ίδιο ακριβώς τρόπο χρησιμοποιώντας όμως φύλλα κουκιών, οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό των φυτών.

Η παραπάνω διαδικασία ακολουθήθηκε και στο μάρτυρα με μόνη διαφορά ότι δεν έγινε εφαρμογή εντομοκτόνων στα φυτά κουκιού, τα φύλλα των οποίων χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.



Εικόνα 9: Τρυβλία Petri διαμέτρου 5 και ύψους 3cm με φύλλα ψεκασμένων φυτών κουκιού.

Προκειμένου να γίνει επεξεργασία των αποτελεσμάτων για να εκτιμηθεί η τοξικότητα των εντομοκτόνων, η θνησιμότητα των εντόμων υπολογίστηκε σε τρία χρονικά διαστήματα. Για τις προνύμφες υπολογίστηκε η θνησιμότητα μια ημέρα μετά το πέρας της έκθεσής τους στα εντομοκτόνα, καθώς και ο αριθμός των προνυμφών που κατάφεραν να νυμφωθούν και να ενηλικιωθούν, ενώ για τα ενήλικα υπολογίστηκε η θνησιμότητα μια ημέρα, δέκα ημέρες και είκοσι ημέρες μετά το πέρας της έκθεσής τους στα εντομοκτόνα.

3.4 Ανάλυση Στοιχείων

Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS 8.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, 2004).

Παρότι οι μετρήσεις θνησιμότητας πραγματοποιούνταν σε ημερήσια βάση, τα αποτελέσματα ομαδοποιήθηκαν και αναλύθηκαν σε τρία χρονικά διαστήματα, που ήταν αρκετά για την εκτίμηση της αντίδρασης των εντόμων.

Οι συγκρίσεις μεταξύ των μέσων ποσοστών θνησιμότητας προνυμφών και ενηλίκων του κάθε είδους θηρευτικού Κόλεοπτέρου στα τρία μελετώμενα χρονικά διαστήματα, τόσο μία όσο και οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό των φυτών, πραγματοποιήθηκαν με τη χρησιμοποίηση του Mann-Whitney U μη παραμετρικού κριτηρίου.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όταν χρησιμοποιήθηκαν φύλλα μια ημέρα μετά τον ψεκασμό των φυτών, το είδος *H. undecimnotata* παρουσίασε υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας στις προνύμφες πρώτου σταδίου, με θνησιμότητες που κυμάνθηκαν από 92.9 έως 100% μία ημέρα μετά τον ψεκασμό, ενώ ως τη νύμφωση είχε πεθάνει το 100% των εντόμων (Πίνακας 1).

Από τις προνύμφες τρίτου σταδίου, μόνον ένα ποσοστό προνυμφών της τάξης του 5% που εκτέθηκαν σε imidacloprid κατάφεραν να ενηλικιωθούν. Η θνησιμότητα διέφερε μεταξύ των εντομοκτόνων σημαντικά μόνο μια ημέρα μετά την έκθεση των εντόμων, όπου η προκαλούμενη από το imidacloprid (56.4%) διέφερε από αυτή του methomyl (100%), ενώ το thiacloprid προκάλεσε ενδιάμεση θνησιμότητα (85%).

Στο στάδιο του ενηλίκου τα thiacloprid και methomyl ήταν τοξικά για το 100% των εντόμων μία μόλις ημέρα μετά την έκθεσή τους, ενώ η τοξικότητα του imidacloprid διέφερε σημαντικά καθώς ήταν 72.9% (μία ημέρα μετά), 93.7% (ως τη νύμφωση) και έφτασε τελικά το 100% πριν την ενηλικίωση των εντόμων.

Το είδος *H. undecimnotata* παρουσίασε ενδιάμεση ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα σε σχέση με τα άλλα δύο είδη και παρότι δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές έδειξε μεγαλύτερη αντοχή στο imidacloprid, αμέσως μετά στο thiacloprid, ενώ το methomyl προκάλεσε 100% θνησιμότητα σε όλα τα στάδια ζωής.

Πίνακας 1: Τοξικότητα τριών εντομοκτόνων σε προνύμφες και ενήλικα του *H. undecimnotata*. Τα έντομα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε φύλλα κουκιών με υπολείμματα εντομοκτόνων, 1 ημέρα μετά τον ψεκασμό των φύλλων.

Δραστική ουσία	n	Θνησιμότητα ± SE (%)		
		Χρόνος μέτρησης της θνησιμότητας		
		1 ημέρα	Έως Νύμφωση/ 10 ημέρες	Έως Ενηλικίωση/ 20 ημέρες
L1				
Imidacloprid	32	92.9 ± 7.1 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Thiacloprid	31	100 ± 0.0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	30	100 ± 0.0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		14.0 ± 5.8 β	18.0 ± 4.6 β	18.0 ± 4.6 β
L3				
Imidacloprid	20	56.4 ± 9.1 β	90.8 ± 5.3 α	95.0 ± 5.0 α
Thiacloprid	18	85.0 ± 15.0 αβ	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	20	100 ± 0.0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		4.0 ± 4.0 γ	4.0 ± 4.0 β	4.0 ± 4.0 β
Ενήλικο				
Imidacloprid	15	72.9 ± 10.4 β	93.7 ± 6.2 α	100 ± 0 α
Thiacloprid	20	100 ± 0.0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	20	100 ± 0.0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		0.0 ± 0.0 γ	5.0 ± 5.0 β	10 ± 6.1 β

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός στήλης για κάθε στάδιο ζωής δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$, Mann-Whitney U test).

Με L1, L3 συμβολίζονται το πρώτο και το τρίτο προνυμφικό στάδιο

Στο είδος *O. conglobata* υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας παρατηρήθηκαν στις προνύμφες πρώτου σταδίου και τα ενήλικα (Πίνακας 2). Στο πρώτο προνυμφικό στάδιο τα thiacloprid και methomyl προκάλεσαν το θάνατο όλων των προνυμφών μέσα σε εικοσιτέσσερις ώρες από την έκθεσή τους σε αυτά, ενώ και η θνησιμότητα που προκάλεσε το imidacloprid δε διέφερε σημαντικά αφού μετά την έκθεση σε αυτό πέθανε το 96.7% των προνυμφών.

Το υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας για τις προνύμφες τρίτου σταδίου μία ημέρα μετά την έκθεσή τους, παρατηρήθηκε στο methomyl (100%) και το χαμηλότερο, που διέφερε σημαντικά, στο thiacloprid (70%). Δέκα ημέρες μετά την έκθεση των εντόμων στα υπολείμματα των εντομοκτόνων, μόνο στο thiacloprid επέζησε το 5% των προνυμφών αν και καμία από αυτές δεν ενηλικιώθηκε.

Από τα ενήλικα την πρώτη κιόλας ημέρα μετά την έκθεση στα φάρμακα, επέζησε μόνο το 3% των εντόμων που εκτέθηκαν σε thiacloprid αν και ούτε αυτά δεν κατάφεραν να επιβιώσουν δέκα ημέρες.

Το είδος *O. conglobata* παρουσίασε υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας και στα τρία εντομοκτόνα σε σχέση με τα άλλα δύο έντομα. Δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές, όμως έδειξε μεγαλύτερη ανεκτικότητα στο thiacloprid, αμέσως μετά στο imidacloprid, ενώ το methomyl ήταν 100% τοξικό σε όλα τα στάδια ζωής και αυτού του εντόμου.

Πίνακας 2: Τοξικότητα τριών εντομοκτόνων σε προνύμφες και ενήλικα του *O. conglobata*. Τα έντομα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε φύλλα κουκιών με υπολείμματα εντομοκτόνων, 1 ημέρα μετά τον ψεκασμό των φύλλων.

Δραστική ουσία	n	Θνησιμότητα ± SE (%)		
		Χρόνος μέτρησης της θνησιμότητας		
		1 ημέρα	Έως Νύμφωση/ 10 ημέρες	Έως Ενηλικίωση/ 20 ημέρες
L1				
Imidacloprid	30	96.7 ± 3.3 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Thiacloprid	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		0 ± 0 β	0 ± 0 β	9.0 ± 5.5 β
L3				
Imidacloprid	19	93.3 ± 6.6 αβ	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Thiacloprid	15	70 ± 15.2 α	95.0 ± 7.6 β	100 ± 0 α
Methomyl	20	100 ± 0 β	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		0 ± 0 γ	0 ± 0 γ	9.5 ± 6.2 β
Ενήλικο				
Imidacloprid	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Thiacloprid	21	96.7 ± 3.3 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		5.0 ± 5.0 β	10.6 ± 6.0 β	10.6 ± 6.0 β

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός στήλης για κάθε στάδιο ζωής δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$, Mann-Whitney U test).

Με L1, L3 συμβολίζονται το πρώτο και το τρίτο προνυμφικό στάδιο

Στο είδος *P. quatuordecimpunctata* και τα τρία εντομοκτόνα προκάλεσαν το θάνατο όλων των προνυμφών πρώτου σταδίου μέσα σε εικοσιτέσσερις ώρες από την έκθεσή τους σε αυτά (Πίνακας 3).

Η θνησιμότητα των προνυμφών τρίτου σταδίου δε σημείωσε σημαντικές διαφορές μεταξύ των εντομοκτόνων στα τρία εξεταζόμενα διαστήματα καθώς κυμάνθηκε σε ποσοστά από 75% (imidacloprid) έως 95.8% (methomyl) μία ημέρα μετά την έκθεση, από 90% (imidacloprid, methomyl) έως 100% (thiacloprid) ως τη νύμφωση και από 90% (imidacloprid) έως 100% (thiacloprid, methomyl) ως την ενηλικίωση.

Στο στάδιο του ενηλίκου η τοξική επίδραση του methomyl φάνηκε σημαντικότερη από αυτή των άλλων δύο ουσιών καθώς ήταν 100% τοξικό για όλα τα ενήλικα από την πρώτη μέρα έκθεσής τους στα υπολείμματά του. Παρότι το 40% των ενηλίκων επιβίωσε μία ημέρα μετά την έκθεση στο thiacloprid, κανένα δεν κατάφερε να επιζήσει δέκα ημέρες μετά, ενώ όταν χρησιμοποιήθηκε imidacloprid το 10% των εντόμων έζησαν είκοσι ημέρες μετά την έκθεση στο εντομοκτόνο.

Το είδος *P. quatuordecimpunctata* φάνηκε πιο ανεκτικό στα τρία εντομοκτόνα σε σχέση με τα άλλα δυο έντομα και παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αντοχή των προνυμφών και των ενηλίκων του στο imidacloprid, ακολούθως στο thiacloprid και τέλος στο methomyl το οποίο ήταν 100% τοξικό για όλα τα στάδια ζωής αλλά όχι από την πρώτη ημέρα μετά την έκθεση των εντόμων, όπως συνέβη στα άλλα δύο είδη.

Πίνακας 3: Τοξικότητα τριών εντομοκτόνων σε προνύμφες και ενήλικα του *P. quatuordecimpunctata*. Τα έντομα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε φύλλα κουκιών με υπολείμματα εντομοκτόνων, 1 ημέρα μετά τον ψεκασμό των φύλλων.

Δραστική ουσία	n	Θνησιμότητα ± SE (%)		
		Χρόνος μέτρησης της θνησιμότητας		
		1 ημέρα	Έως Νύμφωση/ 10 ημέρες	Έως Ενηλικίωση/ 20 ημέρες
L1				
Imidacloprid	31	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Thiacloprid	31	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		9.0 ± 5.6 β	13.0 ± 8.3 β	18.0 ± 4.6 β
L3				
Imidacloprid	23	75.0 ± 19.3 α	90 ± 10 α	90 ± 10 α
Thiacloprid	28	79.2 ± 16.3 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	18	95.8 ± 4.2 α	90 ± 4 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		5.0 ± 5.0 β	5.0 ± 5.0 β	16.5 ± 9.2 β
Ενήλικο				
Imidacloprid	30	70 ± 20 β	90 ± 4 α	90 ± 4 α
Thiacloprid	22	60 ± 20 β	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	24	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		0.0 ± 0.0 γ	15.0 ± 6.1 β	15.0 ± 6.1 β

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός στήλης για κάθε στάδιο ζωής δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$, Mann-Whitney U test).

Με L1, L3 συμβολίζονται το πρώτο και το τρίτο προνυμφικό στάδιο

Όταν χρησιμοποιήθηκαν φύλλα οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό των φυτών, για το είδος *H. undecimnotata* υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας παρατηρήθηκαν στις προνύμφες πρώτου σταδίου καθώς μόνο το 7% των προνυμφών που εκτέθηκαν στο thiacloprid κατάφεραν να ενηλικιωθούν (Πίνακας 4).

Στο τρίτο προνυμφικό στάδιο η θνησιμότητα στο thiacloprid αυξήθηκε από 50% (μία ημέρα μετά την έκθεση) σε 100% (έως τη νύμφωση). Αξιοσημείωτο είναι πως σε αντίθεση με τα υπόλοιπα είδη εντόμων, ένα ποσοστό προνυμφών τρίτης ηλικίας κατάφερε να επιβιώσει και να ενηλικιωθεί μετά από έκθεση σε methomyl.

Την πρώτη ημέρα μετά την έκθεση των ενηλίκων στα εντομοκτόνα η τοξικότητα του methomyl ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του imidacloprid, ενώ από το σύνολο των ενηλίκων μόνο το 8% των εντόμων που είχαν υποστεί μεταχείριση με imidacloprid έζησαν είκοσι ημέρες μετά.

Στο είδος *O. conglobata* οι προνύμφες πρώτου σταδίου παρατηρήθηκε πως μία ημέρα μετά την έκθεσή τους στα υπολείμματα των φαρμάκων, ήταν πιο ανεκτικές στο thiacloprid και έπειτα στο methomyl αν και καμία από αυτές δεν έφτασε στη νύμφωση (Πίνακας 5).

Στις προνύμφες τρίτου σταδίου η θνησιμότητα κυμάνθηκε σε υψηλά ποσοστά, από 70.8% (imidacloprid) έως 93.7% (thiacloprid) μόλις μία ημέρα μετά την έκθεση των εντόμων, ενώ μόνο το 12% των προνυμφών αυτών (imidacloprid) ενηλικιώθηκε.

Και τα ενήλικα παρουσίασαν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας από την αρχή, όμως το 10% των εντόμων που υπέστησαν έκθεση στο imidacloprid έζησαν είκοσι ημέρες μετά. Επίσης παρατηρήθηκε επιβίωση του 12% των ενηλίκων που εκτέθηκαν σε methomyl, κάτι που αποτελεί εξαίρεση καθώς σε όλες τις υπόλοιπες εξεταζόμενες μεταχειρίσεις ενηλίκων το methomyl παρουσίασε 100% τοξικότητα σε όλα τα έντομα.

Πίνακας 4: Τοξικότητα τριών εντομοκτόνων σε προνύμφες και ενήλικα του *H. undecimnotata*. Τα έντομα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε φύλλα κουκιών με υπολείμματα εντομοκτόνων, 8 ημέρες μετά τον ψεκασμό των φύλλων.

Δραστική ουσία	n	Θνησιμότητα ± SE (%)		
		Χρόνος μέτρησης της θνησιμότητας		
		1 ημέρα	Έως Νύμφωση/ 10 ημέρες	Έως Ενηλικίωση/ 20 ημέρες
L1				
Imidacloprid	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Thiacloprid	19	86.7 ± 13.0 α	93.3 ± 6.7 α	93.3 ± 6.7 α
Methomyl	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		14.0 ± 5.8 β	18.0 ± 4.6 β	18.0 ± 4.6 β
L3				
Imidacloprid	30	84.3 ± 8.8 α	90 ± 5.0 β	95.2 ± 4.7 α
Thiacloprid	30	50.0 ± 18.8 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	28	89.3 ± 10.7 α	96.4 ± 3.6 αβ	96.4 ± 3.4 α
Μάρτυρας		4.0 ± 4.0 β	4.0 ± 4.0 β	4.0 ± 4.0 β
Ενήλικο				
Imidacloprid	24	68.6 ± 15.6 β	91.7 ± 5.3 α	91.8 ± 5.3 α
Thiacloprid	18	88.9 ± 11.1 αβ	94.4 ± 5.5 α	100 ± 0 α
Methomyl	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		0.0 ± 0.0 γ	5.0 ± 5.0 β	10 ± 6.1 β

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός στήλης για κάθε στάδιο ζωής δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$, Mann-Whitney U test).

Με L1, L3 συμβολίζονται το πρώτο και το τρίτο προνυμφικό στάδιο

Πίνακας 5: Τοξικότητα τριών εντομοκτόνων σε προνύμφες και ενήλικα του *O. conglobata*. Τα έντομα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε φύλλα κουκιών με υπολείμματα εντομοκτόνων, 8 ημέρες μετά τον ψεκασμό των φύλλων.

Δραστική ουσία	n	Θνησιμότητα ± SE (%)		
		Χρόνος μέτρησης της θνησιμότητας		
		1 ημέρα	Έως Νύμφωση/ 10 ημέρες	Έως Ενηλικίωση/ 20 ημέρες
L1				
Imidacloprid	23	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Thiacloprid	19	71.6 ± 13.3 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	20	91.1 ± 12.2 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		0 ± 0 β	0 ± 0 β	9.0 ± 5.5 β
L3				
Imidacloprid	17	70.8 ± 23.9 α	87.5 ± 12.5 α	87.5 ± 12.5 α
Thiacloprid	20	93.7 ± 6.2 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	15	75.0 ± 14.4 α	87.5 ± 7.2 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		0 ± 0 β	0 ± 0 β	9.5 ± 6.2 β
Ενήλικο				
Imidacloprid	19	65.0 ± 11.9 α	89.5 ± 6.2 α	89.5 ± 6.2 α
Thiacloprid	23	80.3 ± 6.9 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	16	81.2 ± 11.8 α	87.5 ± 12.5 α	87.5 ± 12.5 α
Μάρτυρας		5.0 ± 5.0 β	10.6 ± 6.0 β	10.6 ± 6.0 β

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός στήλης για κάθε στάδιο ζωής δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$, Mann-Whitney U test).

Με L1, L3 συμβολίζονται το πρώτο και το τρίτο προνυμφικό στάδιο

Υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας στο είδος *P. quatuordecimpunctata* παρατηρήθηκαν στο πρώτο προνυμφικό στάδιο, στο οποίο την επιβίωση των εντόμων επέτρεψε μόνον το imidacloprid (Πίνακας 6).

Στις προνύμφες τρίτου σταδίου το ποσοστό θνησιμότητας ήταν 100% για το methomyl και 95% για το thiacloprid από την πρώτη ημέρα μετά την έκθεση ως την ενηλικίωση, ενώ για το imidacloprid κυμάνθηκε από 71.8% (μια ημέρα μετά) έως 88.7% (ως τη νόμφωση και την ενηλικίωση).

Τα ενήλικα παρουσίασαν 100% θνησιμότητα στο methomyl από την πρώτη ημέρα έκθεσής τους, ενώ το 4% των εντόμων που εκτέθηκαν σε imidacloprid επιβίωσαν είκοσι ημέρες μετά.

Το methomyl ήταν το πιο τοξικό εντομοκτόνο σε όλες τις μεταχειρίσεις αν και δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές με τα άλλα φάρμακα σε όλες τις περιπτώσεις.

Το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από τον ψεκασμό των φυτών έως την κοπή των φύλλων (μία ημέρα – οκτώ ημέρες) επηρέασε σημαντικά μόνο τη θνησιμότητα μία ημέρα μετά την έκθεση των εντόμων στα φύλλα και μόνο στην περίπτωση που τα ενήλικα του είδους *O. conglobata* εκτέθηκαν σε imidacloprid ($t=3.348$, $df=7$, $P=0.012$).

Πίνακας 6: Τοξικότητα τριών εντομοκτόνων σε προνύμφες και ενήλικα του *P. quatuordecimpunctata*. Τα έντομα εκτέθηκαν για 24 ώρες σε φύλλα κουκιών με υπολείμματα εντομοκτόνων, 8 ημέρες μετά τον ψεκασμό των φύλλων.

Δραστική ουσία	n	Θνησιμότητα ± SE (%)		
		Χρόνος μέτρησης της θνησιμότητας		
		1 ημέρα	Έως Νύμφωση/ 10 ημέρες	Έως Ενηλικίωση/ 20 ημέρες
L1				
Imidacloprid	19	95.0 ± 5.0 α	95.0 ± 5.0 α	95.0 ± 5.0 α
Thiacloprid	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Methomyl	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		9.0 ± 5.6 β	13.0 ± 8.3 β	18.0 ± 4.6 β
L3				
Imidacloprid	18	71.8 ± 18.1 α	88.7 ± 6.6 α	88.7 ± 6.6 α
Thiacloprid	20	95.0 ± 5.0 α	95.0 ± 5.0 α	95.0 ± 5.0 α
Methomyl	20	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		5.0 ± 5.0 β	5.0 ± 5.0 β	16.5 ± 9.2 β
Ενήλικο				
Imidacloprid	28	60.7 ± 18.7 α	96.4 ± 3.5 α	96.4 ± 3.5 α
Thiacloprid	31	82.2 ± 11.6 α	96.8 ± 3.1 α	100 ± 0 α
Methomyl	24	100 ± 0 α	100 ± 0 α	100 ± 0 α
Μάρτυρας		0.0 ± 0.0 β	15.0 ± 6.1 β	15.0 ± 6.1 β

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα εντός στήλης για κάθε στάδιο ζωής δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0.05$, Mann-Whitney U test).

Με L1, L3 συμβολίζονται το πρώτο και το τρίτο προνυμφικό στάδιο

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα δεδομένα της εργασίας αυτής διαπιστώθηκε ότι η μέτρηση της θνησιμότητας πέραν των εικοσιτεσσάρων ωρών από την έκθεση των εντόμων στις μεταχειρίσεις ήταν σημαντική, αφού σε πολλές περιπτώσεις έντομα που αρχικά φάνηκαν ανθεκτικά δεν κατάφεραν να επιβιώσουν λίγες ημέρες μετά, δείχνοντας έτσι ότι η δράση ορισμένων εντομοκτόνων είναι μακροπρόθεσμη.

Τα εντομοκτόνα προκάλεσαν σημαντική θνησιμότητα στα θηρευτικά έντομα η οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων έφτασε το 100% τόσο για τα έντομα που εκτέθηκαν στα εντομοκτόνα μία ημέρα μετά τον ψεκασμό τους όσο και για τα έντομα που εκτέθηκαν στα εντομοκτόνα οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό τους. Η πλειοψηφία των προνυμφών πρώτης ηλικίας που εκτέθηκαν στα ψεκασμένα φύλλα θανατώθηκε άμεσα και επιπλέον ο μικρός αριθμός αυτών που επιβίωσε σπάνια κατάφερε να ενηλικιωθεί. Η θνησιμότητα ήταν υψηλή και για τις προνύμφες τρίτης ηλικίας όπου και σε αυτή την περίπτωση ποσοστά της τάξεως του 10% κατάφεραν να επιβιώσουν και να ενηλικιωθούν. Επιβίωση έως και το στάδιο του ενηλίκου παρατηρήθηκε κυρίως στις προνύμφες που εκτέθηκαν στη δραστική ουσία imidacloprid.

Παρόμοια τοξική δράση διαπιστώθηκε και για ενήλικα των θηρευτικών εντόμων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ενηλίκων (πάνω από 60%) πέθαιναν σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την επαφή τους με τα εντομοκτόνα (μικρότερο της 1 ημέρας), ενώ ένα μικρό ποσοστό κατάφερε να επιβιώσει για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 20 ημερών (μικρότερο του 10%). Όπως και στην περίπτωση των προνυμφών έτσι και στην περίπτωση των ενηλίκων επιβίωση για μεγάλο χρονικό διάστημα παρατηρήθηκε κυρίως για τα ενήλικα που εκτέθηκαν στη δραστική ουσία imidacloprid.

Ανεξάρτητα με το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από τον ψεκασμό των φύλλων ως την κοπή τους και την έκθεση των εντόμων σε αυτά, και τα τρία Κολεόπτερα παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας στις προνύμφες πρώτου σταδίου. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα ευρήματα του Youn κ.ά (2003) σύμφωνα με τα οποία τα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυσικών εχθρών είναι πιο ευπαθή στα εντομοκτόνα από τα μεγαλύτερα. Επιπλέον η πλειοψηφία των ωφελίμων εντόμων θανατώθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα, κάτι που περιορίζει άμεσα την καταπολέμηση του πληθυσμού αφίδων. Η ευαισθησία των προνυμφών



ήταν διαφορετική ανάλογα με την ηλικία τους, το είδος αρπακτικού και το είδος εντομοκτόνου.

Στην περίπτωση που τα χρησιμοποιούμενα φύλλα ψεκάστηκαν μία ημέρα πριν την κοπή τους, το είδος *H. undecimnotata* σημειώνει ποσοστά θνησιμότητας ανάμεσα σε αυτά που παρατηρούνται στα άλλα δυο αρπακτικά, κάτι που υποδεικνύει ότι έχει μέτρια ανθεκτικότητα στα υπολείμματα των εξεταζόμενων εντομοκτόνων, μεταξύ των τριών ειδών. Σε όλα τα στάδια ζωής η θνησιμότητα είναι υψηλή γι' αυτό και δε σημειώνονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των εντομοκτόνων σε όλα τα χρονικά διαστήματα. Παρόλ' αυτά από την υπάρχουσα – έστω και μειωμένη - επιβίωση φάνηκε πως μεταξύ των τριών φαρμάκων το imidacloprid βλάπτει στο μικρότερο βαθμό όλα τα στάδια ζωής του *H. undecimnotata* με ποσοστά θνησιμότητας την πρώτη ημέρα μετά την έκθεση 92.9% (προνύμφες 1^{ης} ηλικίας), 56.4% (προνύμφες 3^{ης} ηλικίας) και 72.9% (ενήλικα), που διαφέρουν από τα αντίστοιχα ευρήματα του Youn κ.ά (2003) κυρίως στα δύο μεγαλύτερα στάδια. Μία εξήγηση για τη διαφορά αυτή είναι ο διαφορετικός τρόπος εφαρμογής του εντομοκτόνου (άμεση επαφή με τα έντομα) που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματά τους. Αρκετά πιο βλαβερό για τα έντομα βρέθηκε το thiacloprid, ενώ το methomyl είναι το πλέον ακατάλληλο εντομοκτόνο για το είδος αυτό καθώς σκοτώνει μέσα σε μία ημέρα το σύνολο των εντόμων ανεξαρτήτως σταδίου ζωής.

Συνεπώς μόνο η χρήση του imidacloprid φαίνεται η μόνη συμβατή με την ύπαρξη ωφελίμων του είδους *H. undecimnotata* αφού τα άλλα εντομοκτόνα δεν επέτρεψαν την επιβίωση ούτε ενός εντόμου.

Μεταξύ των τριών Κολεοπτέρων το είδος *O. conglobata* είναι το πιο ευπαθές στη χρήση των εντομοκτόνων μια ημέρα μετά τον ψεκασμό των φύλλων, παρουσιάζοντας μηδενική επιβίωση μέχρι το τρίτο από τα εξεταζόμενα διαστήματα. Η ταχύτατη θανάτωση που προκαλούν και τα τρία εντομοκτόνα, όχι μόνον στις προνύμφες πρώτου σταδίου αλλά και στα ενήλικα – που θεωρούνται το πιο ανθεκτικό στάδιο - αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα που καθορίζει την ευπάθεια του είδους. Από την επιβίωση των προνυμφών τρίτου σταδίου φαίνεται πως, σε αντίθεση με το είδος *H. undecimnotata*, το *O. conglobata* είναι πιο ανθεκτικό στο thiacloprid ενώ όταν τα ενήλικά του εκτέθηκαν σε φύλλα που είχαν ψεкаστεί με imidacloprid εξοντώθηκαν πλήρως από το νεονικοτινοειδές αυτό εντομοκτόνο. Το imidacloprid εμπόδισε επίσης την επιτυχή ανάπτυξη των προνυμφών πρώτου και τρίτου σταδίου σε ενήλικα. Αυτό συμφωνεί με παλαιότερα αποτελέσματα του Stark *et al.* (1995) που



απέδειξαν ότι το imidacloprid είναι δηλητηριώδες για τις προνύμφες και τα ενήλικα της *Hippodamia convergens*. Και στην περίπτωση του είδους *O. conglobata* το methomyl προκάλεσε άμεση και πλήρη τοξικότητα σε όλα τα στάδια ανάπτυξης.

Παρόλ' αυτά η χρήση των τριών εξεταζόμενων εντομοκτόνων αντενδείκνυται στην περίπτωση που κοντά στα φυτά υπάρχει πληθυσμός του είδους *O. conglobata* που μπορεί να έλθει σε άμεση επαφή με τα υπολείμματα των φαρμάκων.

Ο μεγαλύτερος αριθμός εντόμων που επιβιώνουν μετά την έκθεση στα τρία εντομοκτόνα μια ημέρα μετά τον ψεκασμό των φύλλων συναντήθηκε στο είδος *P. quatuordecimpunctata*. Την πρώτη ημέρα μετά την έκθεση των εντόμων, ο πληθυσμός του είδους αυτού σημείωσε υψηλά ποσοστά θνησιμότητας σε όλα τα στάδια, όμως το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού που άντεξε ολοκλήρωσε την ανάπτυξή του ή επέζησε στα εξεταζόμενα χρονικά διαστήματα, γεγονός που καθιστά το *P. quatuordecimpunctata* το πιο ανθεκτικό από τα τρία είδη. Με εξαίρεση τις ευπαθείς προνύμφες πρώτης ηλικίας, το είδος *P. quatuordecimpunctata* παρουσιάζει παραπλήσια αντοχή στο imidacloprid και στο thiacloprid, με το πρώτο να εμφανίζει λιγότερα δυσμενή αποτελέσματα. Οι προνύμφες τρίτου σταδίου του *P. quatuordecimpunctata* ήταν το μόνο στάδιο ζωής - από τα εξεταζόμενα στα υπολείμματα μιας ημέρας έντομα - που έδειξε ένα βαθμό ανθεκτικότητας στο methomyl. Παρόλο που καμία προνύμφη δεν κατάφερε να ολοκληρώσει το στάδιο της νύμφωσης και να ενηλικιωθεί, δε θανατώθηκαν αμέσως μετά την επαφή με τα υπολείμματα του φαρμάκου αλλά κατάφεραν να εκδυθούν και να νυμφωθούν. Βέβαια και στο είδος αυτό το methomyl κρίνεται ακατάλληλο για χρήση σε περιπτώσεις ύπαρξης πληθυσμού των εντόμων στον περιβάλλον χώρο.

Η έκθεση του είδους *H. undecimnotata* στα υπολείμματα των εντομοκτόνων οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό, ήταν λιγότερο επιζήμια για την επιβίωση του εντόμου συγκρινόμενη με την έκθεση στα υπολείμματα μίας ημέρας μετά τον ψεκασμό, αν και δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές. Μεγαλύτερη ανεκτικότητα του εντόμου φάνηκε στο imidacloprid και το thiacloprid με τις διαφορές μεταξύ των ποσοστών θνησιμότητας να είναι μικρές. Το methomyl ήταν εξαιρετικά τοξικό αλλά ένας μικρός αριθμός προνυμφών τρίτου σταδίου κατάφερε να ενηλικιωθεί μετά την έκθεση σε αυτό.

Η ευπάθεια του είδους *O. conglobata* στα εντομοκτόνα οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό των φύλλων παρουσιάστηκε να διαφέρει, έστω και με μικρά ποσοστά, ανάλογα με το στάδιο ζωής που εξετάζονταν. Η συνιστώμενη δόση του imidacloprid

για χρήση στον αγρό, είναι το ίδιο δραστική στις προνύμφες τρίτης ηλικίας και τα ενήλικα και όχι πλήρως τοξική όπως στις προνύμφες πρώτου σταδίου. Η δόση που συνιστάται για τη χρήση του thiacloprid είναι πιο ασφαλής για το πρώτο προνυμφικό στάδιο, στη συνέχεια για τα ενήλικα και τέλος για της προνύμφες τρίτου σταδίου. Τα ενήλικα επιβίωσαν έστω και σε μικρό ποσοστό μετά την έκθεση σε methomyl, κατ' εξαίρεση με όσα παρατηρήθηκαν στα ενήλικα των υπολοίπων ειδών.

Παρά το γεγονός ότι μεσολάβησαν οκτώ ημέρες από τον ψεκασμό των φυτών, το είδος *P. quatuordecimpunctata* παρουσίασε μικρή αντοχή στα εντομοκτόνα και στα τρία στάδια ζωής. Ο περιορισμός των προνυμφών πρώτου σταδίου και των ενηλίκων με φύλλα ψεκασμένα με thiacloprid ή methomyl μείωσε σημαντικά την επιβίωση και στο τέλος εμπόδισε τη φυσιολογική εξέλιξη των προνυμφών σε ενήλικα ή μείωσε τη μακροβιότητα των ενηλίκων.

Και τα τρία εντομοκτόνα προκαλούν πολύ υψηλές θνησιμότητες στα έντομα όχι μόνον όταν εκτίθενται στα φρέσκα υπολείμματα των εντομοκτόνων αλλά και οκτώ ημέρες μετά, γι' αυτό και το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μεταξύ του ψεκασμού και της έκθεσης των εντόμων στα φύλλα, δε φάνηκε να παίζει σημαντικό ρόλο στη θνησιμότητα. Μόνη εξαίρεση αποτέλεσε το είδος *O. conglobata* που παρουσίασε μεγαλύτερη θνησιμότητα στα φρέσκα υπολείμματα του imidacloprid, κάτι αναμενόμενο αφού οκτώ ημέρες μετά την εφαρμογή μέρος των εντομοκτόνων διασπάται άρα μειώνεται και η δραστηριότητά τους.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν μια σαφώς μεγαλύτερη αρνητική επίδραση του methomyl σε όλα τα στάδια ανάπτυξης και στα ενήλικα των τριών θηρευτικών ακόμη και οκτώ ημέρες μετά τον ψεκασμό, αν και λόγω των υψηλών ποσοστών θνησιμότητας που προκλήθηκαν και από τα άλλα εντομοκτόνα, δεν υπήρχε σημαντική διαφοροποίηση. Η υψηλή τοξικότητα του methomyl στα ωφέλιμα διαπιστώθηκε και από τον Broadley (1983) ο οποίος παρατήρησε υψηλή θνησιμότητα μετά την άμεση εφαρμογή του στο *Coccinella repanda* και το *Harmonia octomaculata*.

Παρότι η επιβίωση όλων των αρπακτικών μειώνεται εντονότερα από το καρβαμιδικό εντομοκτόνο (methomyl) και σε μικρότερη έκταση από τα νεονικοτινοειδή (imidacloprid, thiacloprid), και αυτά έχουν δηλητηριώδη δράση στα αρπακτικά. Τα στοιχεία αυτά συμφωνούν με όσα βρέθηκαν από τους Grafton - Cardwell & Gu (2003) σύμφωνα με τους οποίους τα νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα έχουν μια σημαντική, αρνητική επίδραση στο *Rodolia cardinalis* (Coleoptera: Coccinellidae).

Επιπλέον τα νεονικοτινοειδή είναι γνωστό ότι έχουν ευρύ φάσμα δράσης στα αρθρόποδα γι' αυτό και η τοξικότητα στους φυσικούς εχθρούς είναι αναμενόμενη (Grafton- Cardwell & Gu 2003, Lucas *et al.* 2004), κάτι που ισχύει ιδιαίτερα για το imidacloprid που επηρέασε τους φυσικούς εχθρούς όταν ψεκάστηκε στο φύλλωμα φυτών (Lucas *et al.* 2004).

Επειδή οι πληθυσμοί της *A. fabae* σε καλλιέργειες φασολιού και κουκιού είναι δύσκολο να ελέγχονται με τη χρήση εντομοκτόνων, η διατήρηση των θηρευτικών Κολεοπτέρων είναι απαραίτητη για την καταπολέμηση των επιζήμιων εντόμων αυτού του είδους.

Τα ωφέλιμα έντομα φάνηκε πως επηρεάζονται από την εφαρμογή εντομοκτόνων στα φυτά, παρότι δεν τρέφονται από αυτά. Τα αποτελέσματα της μελέτης μας έδειξαν ότι και τα τρία εντομοκτόνα επιδρούν αρνητικά στην επιβίωση των τριών θηρευτικών Κολεοπτέρων και μπορεί να μειώσουν σημαντικά τους πληθυσμούς τους. Δηλαδή κάποια από τα ευρύτερα χρησιμοποιούμενα εναντίον της μαύρης αφίδας του κουκιού εντομοκτόνα, είναι τοξικά – αν και σε διαφορετικό βαθμό - και για τα τρία είδη ωφελίμων. Συνεπώς η χρήση τους στις περιοχές που συναντώνται τα Κολεόπτερα που μελετήθηκαν θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά, μόνο αν είναι απολύτως απαραίτητη και αποφεύγοντας τις περιόδους έντονης δραστηριότητας των αρπακτικών ώστε να διατηρηθούν και να προστατευτούν οι συγκεκριμένοι φυσικοί εχθροί των αφίδων.

Για να γίνει εκτίμηση της πραγματικής επίδρασης των τριών εντομοκτόνων στα εξεταζόμενα είδη αρπακτικών Κολεοπτέρων απαιτείται περαιτέρω μελέτη και εκτίμηση της τοξικότητας των φαρμάκων χρησιμοποιώντας και άλλες μεθόδους εφαρμογής όπως άμεση έκθεση των εντόμων, χορήγηση μολυσμένων αφίδων καθώς και πραγματοποίηση πειραμάτων αγρού, ώστε σύμφωνα με τον Καν. (ΕΟΚ) 2092/91 «περί του βιολογικού τρόπου παραγωγής γεωργικών προϊόντων και των σχετικών ενδείξεων στα γεωργικά προϊόντα και στα είδη διατροφής» να παρέχεται η προβλεπόμενη προστασία των φυσικών εχθρών σε προγράμματα Βιολογικής Γεωργίας.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bellows, T. S. Jr & J. G. Morse. 1993.** Toxicity of insecticides used in citrus to *Aphis melinus* Debach (Hemiptera: Aphididae) and *Rhizobius lophanthae* (Blaisd) (Coleoptera: Coccinellidae) Canadian Entomologist. 123: 987-994.
- Broadley, R. H. 1983.** Toxicity of Insecticides to *Coccinella repanda* Thunberg and *Harmonia octomaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae). Queensi Journal of Agricultural Animal Science, 40: 125-127.
- Coats, S. A., J. R. Coats & C. R. Ellis. 1979.** Selective toxicity of three synthetic pyrethroids to eight Coccinellids, eulophid parasitoids and two pest chrysomelids. Environmental Entomology. 8: 720-722.
- Croft, B. A. 1990.** Arthropod Biological Control Agents and Pesticides. Wiley, New York.
- Grafton-Cardwell, E. E. & P. Gu. 2003.** Conserving Vedalia Beetle, *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), in Citrus: A Continuing Challenge as New Insecticides Gain Registration. Journal of Economic Entomology. 9615: 1388-1398.
- Jepson, P. C. 1989.a** The temporal and spatial dynamics of pesticide side effects on non-target invertebrates. In: Jepson, P. C. (Ed.) Pesticides and Non- Target Invertebrates. Intercept, Wimborne, Dorset, pp: 95-128.
- Jepson, P. C. 1989.b** Pesticides and Non-Target Invertebrates. Intercept, Wimborne, Dorset, UK.
- Lucas, E., Giroux, S., Demougeot, S., Duchesne, R. M. & D. Coderre. 2004.** Compatibility of a natural enemy, *Coleomegilla maculata lengi* (Col., Coccinellidae) and four insecticides used against the Colorado potato beetle (Col, Chrysomelidae). J. Appl. Ent. 128: 233-239.
- Plapp, F. W. Jr & D. C. Bull. 1978.** Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa carnea*, a predator of the tobacco budworm. Environmental Entomology. 7: 431-434.
- Rajakwlandran, S. V. & F. W. Plapp. 1982.** Comparative toxicity of five synthetic pyrethroids to the tobacco budworm, an ichneumonid parasite *Compoletis sonorensis* and a predator *Chrysopa carnea*. Journal of Economic Entomology. 75: 769-772.



- Roger, C. D., Coderre, D. & C. Vincent. 1994.** Mortality and predation efficiency of *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera: Coccinellidae) following pesticide applications. *Journal of Economic Entomology*. 3:583-588.
- Stark, D. J., C. P. Jepson & F. D. Mayer. 1995.** Limitations to use of topical toxicity data for predictions of pesticide side effects in the field. *Journal of Economic Entomology*. 88: 1081-1088.
- Theiling, K. M. & B. A. Croft. 1988.** Pesticide side effects on arthropod natural enemies: a database summary. *Agric. Ecosyst. Environ.* 21: 191-218.
- Τσιτσιπής, Ι. 1999.** Εφαρμοσμένη Εντομολογία. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος.
- Youn, N. Y., J. M. Seo, G. J. Shin, C. Jang & M. Y. Yu. 2003.** Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control* 28:164-170.