

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Μελέτη δημογραφικών χαρακτηριστικών και αρπακτικότητας των αφιδοφάγων
κολεοπτέρων *Hippodamia convergens* Guerin-Méneville και *Coccinella
septempunctata* L.

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ι. Α. ΤΣΙΤΣΙΠΗΣ

ΒΟΛΟΣ 2003



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 56/1

Ημερ. Εισ.: 27-08-2003

Δωρεά: _____

Ταξινόητικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ

2003

ΚΑΛ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070114

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

I. Α. Τσιτσιπής: Καθηγητής Εντομολογίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

A. Παπιάς: Καθηγητής Φυτοπαθολογίας, Σχολή Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

II. Λόλας: Καθηγητής Ζιζανιολογίας, Σχολή Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Πρόλογος

Στην παρούσα εργασία μελετούνται οι δημογραφικές παράμετροι των αρπακτικών Κολεοπτέρων της οικογένειας Coccinellidae, *Hippodamia convergens* (Guérin- Méneville), *Coccinella septempunctata* L. και της αφίδας του καπνού της οικογένειας Aphididae *Myzus persicae* (Sulzer).

Η πτυχιακή διατριβή αποτελείται από δύο μέρη, το γενικό και το ειδικό. Στο γενικό μέρος περιγράφεται ο βιολογικός κύκλος των αφίδων και των αρπακτικών Κολεοπτέρων. Παρέχονται πληροφορίες για τη μορφολογία, τη μετανάστευση των αφίδων, καθώς και για τη μορφολογία, τις διατροφικές συνήθειες, τη μετανάστευση και τη συμπεριφορά των Κολεοπτέρων. Επίσης, εξετάζεται σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία ο ρόλος των αρπακτικών Κολεοπτέρων στον περιορισμό των πληθυσμών των αφίδων.

Στο ειδικό μέρος περιγράφονται οι πειραματικές εργασίες που έγιναν στο πλαίσιο της διατριβής στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και στη συνέχεια η συζήτηση και η ταυτόχρονη ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας.

Ευχαριστίες

Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται προς τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Ι. Α. Τσιτσιπή για την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της διατριβής και τη βοήθειά του. Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται επίσης και προς το διδάκτορα Εντομολογίας κ. Ι. Τ. Μαργαριτόπουλο για τη βοήθειά του και την επίβλεψή του κατά τη διάρκεια της διατριβής. Ευχαριστίες επίσης εκφράζονται και προς την οικογένειά μου για τη στήριξη που μου παρείχε όλο αυτό το διάστημα..

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

Περίληψη	6
1. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	8
1) Αφίδες	8
1.1) Βιολογικός κύκλος των αφίδων	8
1.2) Η παρθενογενετική αναπαραγωγή και ο ρυθμός αύξησης πληθυσμών των αφίδων	10
1.3) Ανάπτυξη, αύξηση και αναπαραγωγή των αφίδων	10
1.4) Επιβίωση	14
1.5) Το είδος <i>Myzus persicae</i>	15
2) Τα αρπακτικά κολεόπτερα της οικ. Coccinellidae	17
2.1) Μορφολογία	17
2.2) Βιολογικός κύκλος	18
2.3) Οικολογία	20
2.3.1) Η συμπεριφορά των Coccinellidae κατά την αναζήτηση της λείας	20
2.3.2) Φυσικοί εχθροί	22
2.3.3) Διατροφικές συνήθειες	22
2.3.4) Μετανάστευση	23
2.4) Ο ρόλος των αρπακτικών κολεοπτέρων Coccinellidae στον περιορισμό των πληθυσμών των αφίδων	24
2.4.1) Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των αρπακτικών Coccinellidae	24
2.4.2) Λειτουργική απόκριση των Coccinellidae στις μεταβολές πληθυσμών των αφίδων	27
2.5) Το είδος <i>Coccinella septempunctata</i>	28
2.6) Το είδος <i>Hippodamia convergens</i>	31
2.7) Μελέτη των δημογραφικών παραμέτρων των αρπακτικών Κολεοπτέρων της οικ. Coccinellidae και της αφίδας <i>Myzus persicae</i> .	35

2.8) Σκοπός της εργασίας	38
2. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	39
1)Εισαγωγή	39
2)Υλικά και μέθοδοι	41
2.1.1) Πειραματικό υλικό	41
2.1.2) Διατήρηση του πειραματικού υλικού	42
2.1.3) Αποικίες αρπακτικών	44
2.1.4) Μελέτη των δημογραφικών παραμέτρων των ειδών <i>C. septempunctata</i> , <i>H. convergens</i> και <i>M. persicae</i> και της κατανάλωσης αφίδων από τα δύο είδη κολεοπτέρων	45
3) Αποτελέσματα	49
4) Συμπεράσματα και συζήτηση	59
5) Abstract	66
6) Βιβλιογραφία	68

1) Περίληψη

Τα αρπακτικά έντομα της οικογένειας Coccinellidae έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολλών μελετών, καθώς αποτελούν φυσικούς εχθρούς εντόμων που προκαλούν ζημιές σε πολλές καλλιέργειες. Πολλά είδη της οικογένειας, όπως τα *Coccinella septempunctata* και *Hippodamia convergens*, έχουν αποδειχθεί σημαντικοί παράγοντες ελέγχου των πληθυσμών των αφίδων.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι συνολικές καταναλώσεις αφίδων στη διάρκεια του ενήλικου σταδίου και για τα δύο είδη Κολεοπτέρων (*C. septempunctata* και *H. convergens*). Μελετήθηκε επίσης και η ατομική κατανάλωση αφίδων των δύο φύλων και για τα δύο είδη. Επίσης, μελετήθηκε η συνολική ωοπαραγωγή και ο αριθμός εκκολαπτόμενων αυγών των θηλυκών και στα δύο είδη αρπακτικών. Καταγράφηκε η συνολική διάρκεια ζωής των ενηλίκων ατόμων και των δύο φύλων στα πειραματικά ζεύγη που μελετήθηκαν καθώς και η περίοδος προωτοκίας των θηλυκών κάθε είδους. Τελικά, υπολογίστηκαν ορισμένες δημογραφικές παράμετροι που περιγράφουν τις μεταβολές του πληθυσμού των δύο ειδών Κολεοπτέρων. Κατά τη διάρκεια της μελέτης, όλα τα πειραματικά ζεύγη και τα άτομα των δύο ειδών που μελετήθηκαν, τρέφονταν αποκλειστικά με το είδος αφίδας *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). Ο κλώνος της αφίδας που χρησιμοποιήθηκε προερχόταν από φυτά καπνού. Όλες οι μετρήσεις έγιναν σε σταθερή θερμοκρασία 23°C.

Παράλληλα, μελετήθηκε και το είδος αφίδας *Myzus persicae* στην ίδια θερμοκρασία. Ειδικότερα, μελετήθηκε η διάρκεια ζωής των παρθενογενετικών θηλυκών αφίδων, η συνολική γονιμότητά τους κατά το ενήλικο στάδιο της ζωής τους και υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες με αυτές των Κολεοπτέρων δημογραφικές παράμετροι. Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος κλώνος αφίδας με αυτόν που χρησιμοποιήθηκε για την εκτροφή των αρπακτικών και για την εκτροφή του χρησιμοποιήθηκαν φυτά καπνού.

Τα αποτελέσματα της εργασίας έδειξαν ότι το είδος *C. septempunctata* καταναλώνει διπλάσιο αριθμό αφίδων κατά το ενήλικο στάδιο της ζωής του, συγκριτικά με το είδος *H. convergens*. Παράλληλα, και στα δύο είδη παρατηρήθηκε ότι τα γονιμοποιημένα θηλυκά καταναλώνουν κατά μέσο όρο περίπου διπλάσιο αριθμό αφίδων από τα αρσενικά άτομα. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των δύο φύλων του κάθε είδους και ως προς τη διάρκεια ζωής. Τα αρσενικά

άτομα του είδους *C. septempunctata* ζουν κατά μέσο όρο περισσότερο από τα θηλυκά του είδους *H. convergens*. Από τα αποτελέσματα προέκυψε επίσης το συμπέρασμα ότι το είδος *C. septempunctata* ζει κατά μέσο όρο περισσότερο από το *H. convergens*.

Η περίοδος πρωτοκίας των θηλυκών του είδους *C. septempunctata*, που παρατηρήθηκε, ήταν πολύ μεγαλύτερη από αυτή των θηλυκών του *H. convergens*. Τα θηλυκά του είδους *H. convergens* παρουσίασαν μεγαλύτερη συνολική γονιμότητα, καθώς και συνολικό αριθμό βιώσιμων απογόνων στη διάρκεια του ενήλικου σταδίου τους, σε σχέση με τα θηλυκά του είδους *C. septempunctata*.

Με βάση τα στοιχεία της μελέτης, υπολογίστηκαν ορισμένες δημογραφικές παράμετροι και για τα δύο είδη. Υπολογίστηκαν οι τιμές της μέσης διάρκειας γενιάς (T), του καθαρού αναπαραγωγικού ρυθμού (R₀), του ενδογενούς ρυθμού αύξησης πληθυσμού (r_m) και του χρόνου διπλασιασμού πληθυσμού (DT) για τα δύο είδη Κολεοπτέρων. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν, φαίνεται ότι το είδος *H. convergens* χαρακτηρίζεται από υψηλότερο δυνητικό ρυθμό αύξησης του πληθυσμού του σε σχέση με το είδος *C. septempunctata*. Η ποσοτική μεταβολή του δείγματος ατόμων του είδους *C. septempunctata* μεταξύ δύο διαδοχικών γενιών όμως, όπως εκφράζεται από την τιμή του R₀, ήταν μεγαλύτερη.

Με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τη μελέτη του είδους *M. persicae* στους 23°C, υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες με αυτές των Κολεοπτέρων δημογραφικές παράμετροι. Οι τιμές του ενδογενούς ρυθμού αύξησης πληθυσμού (r_m) που υπολογίστηκαν με βάση τη σχέση του Birch (1948) χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των αντίστοιχων τιμών του χρόνου διπλασιασμού πληθυσμού (DT). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το είδος *M. persicae* χαρακτηρίζεται από υψηλότερη τιμή δυνητικού ρυθμού αύξησης του πληθυσμού του, αλλά και πολύ μικρότερο καθαρό αναπαραγωγικό ρυθμό, συγκριτικά με τα δύο είδη Κολεοπτέρων.

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης, φαίνεται ότι στους 23°C τα δύο είδη αρπακτικών Κολεοπτέρων μπορούν να περιορίσουν σημαντικά τους πληθυσμούς των αφίδων. Κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, μπορούν να καταναλώσουν σημαντικούς αριθμούς αφίδων και να δώσουν σημαντικούς αριθμούς απογόνων. Απαιτείται όμως πληρέστερη μελέτη της δυναμικής των πληθυσμών των αρπακτικών Coccinellidae στον αγρό, προκειμένου να κατανοηθεί πλήρως ο ρόλος τους στον περιορισμό των πληθυσμών αφίδων, κάτω από πραγματικές συνθήκες.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1) ΑΦΙΔΕΣ

1.1) Βιολογικός κύκλος των αφίδων

Ο πολυμορφισμός που παρατηρείται στα περισσότερα είδη της υπεροικογένειας Aphidoidea σχετίζεται με την εναλλαγή φυλετικά αναπαραγόμενων και παρθενογενετικών γενιών και με την εποχική εναλλαγή ξενιστών. Ως μορφή ενός είδους εντόμου χαρακτηρίζεται μια κατηγορία ατόμων του ίδιου είδους με συγκεκριμένα μορφολογικά, βιολογικά ή φυσιολογικά χαρακτηριστικά (Miyazaki 1987). Στις αφίδες παρατηρούνται συνήθως οι μορφές των θεμελιωτικών θηλυκών (fundatrices), των παρθενογενετικών θηλυκών (άπτρων και περωτών), των θηλυτόκων, των ωοτόκων, των αρσενικών και σε ορισμένα είδη των ειδικών διαθεριζόντων ή διαχειμαζόντων ατόμων και των στρατιωτών.

Τα είδη των αφίδων κατατάσσονται με βάση το βιολογικό τους κύκλο σε μονόοικα (μη μεταναστευτικά) και ετερόοικα (μεταναστευτικά). Τα μονόοικα είδη ολοκληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο σε έναν ξενιστή (πολυετές ή ποώδες φυτό). Τα ετερόοικα είδη εναλλάσσουν ξενιστές κατά τη διάρκεια του έτους και μεταναστεύουν από τον κύριο ξενιστή στο δευτερεύοντα (Blackman & Eastop 1984).

Τα ετερόοικα είδη της οικογένειας Aphididae εναποθέτουν χειμερινά αυγά στο φλοιό του κύριου ξενιστή το φθινόπωρο. Τα αυγά εκκολάπτονται στις αρχές της άνοιξης και δίνουν άπτερα, παρθενογενετικά θηλυκά, που ονομάζονται θεμελιωτικά ή ιδρυτικά (fundatrices). Τα θεμελιωτικά δίνουν αρχικά έναν αριθμό άπτρων, παρθενογενετικών γενιών (fundatrigeniae) και στη συνέχεια αρχίζουν σταδιακά να γεννούν αυξανόμενους αριθμούς περωτών, παρθενογενετικών θηλυκών (fundatrigeniae). Τα περωτά μεταναστεύουν στους ποώδεις, δευτερεύοντες ξενιστές. Κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου του έτους, παρατηρείται παρθενογενετική αναπαραγωγή επί πολλές γενιές, στους δευτερεύοντες ξενιστές. Οι απόγονοι που προκύπτουν είναι άπτεροι και περωτοί (alienicolae). Κατά τα τέλη του καλοκαιριού ή ως τις αρχές φθινοπώρου, στους δευτερεύοντες ξενιστές γεννιούνται περωτά θηλυτόκα (gynoparae) και περωτά αρσενικά άτομα, που μεταναστεύουν στους

κύριους ξενιστές. Εκεί, τα θηλυτόκα γεννούν ωοτόκα θηλυκά (ονίραγαε), τα οποία μετά από σύζευξη με τα αρσενικά, εναποθέτουν τα χειμερινά αυγά.

Σε ετερόοικα είδη άλλων οικογενειών αφίδων της υπεροικογένειας Arhidoidea (π.χ. Pemphigidae), παράγεται μόνο μια μεταναστευτική μορφή στους δευτερεύοντες ξενιστές, τα ονομαζόμενα φυλογόνα άτομα (sexuragaε). Αυτά είναι πτερωτά, παρθενογενετικά θηλυκά που γεννούν άπτερα αρσενικά και ωοτόκα θηλυκά στους πρωτεύοντες ξενιστές. Χαρακτηριστικό των φυλογόνων που επιστρέφουν στους πρωτεύοντες ξενιστές, είναι ότι συχνά διαφέρουν μορφολογικά από τα άτομα που μεταναστεύουν την άνοιξη προς τους δευτερεύοντες ξενιστές (Blackman & Eastop 1984).

Σε περιοχές με ήπιο χειμώνα οι πληθυσμοί των ετερόοικων ειδών διαχειμάζουν και ως παρθενογενετικά άτομα. Η διαχείμαση γίνεται συνήθως σε δευτερεύοντες ξενιστές, όπως οι χειμερινές καλλιέργειες και τα αυτοφυή είδη.

Στα μονόοικα είδη ο ετήσιος βιολογικός κύκλος συμπληρώνεται στο ίδιο φυτό ή σε φυτά του ίδιου είδους. Τα φυλογόνα είναι άπτερα, παρθενογενετικά θηλυκά και γεννούν ωοτόκα θηλυκά και αρσενικά. Τα αρσενικά είναι συνήθως άπτερα, καθώς δεν απαιτείται να μεταναστεύσουν προκειμένου να ολοκληρωθεί ο βιολογικός κύκλος της αφίδας.

Για το είδος *Myzus persicae* έχουν περιγραφεί τέσσερις κατηγορίες βιολογικού κύκλου: ο ολοκυκλικός, ο ανολοκυκλικός, ο ανδροκυκλικός και ο ενδιάμεσος. Οι ολοκυκλικοί κλώνοι παράγουν το φθινόπωρο αρσενικά και ωοτόκα θηλυκά, που συζευγνύονται και δίνουν χειμερινά αυγά. Τα αυγά εναποτίθενται στους κύριους ξενιστές και διαχειμάζουν. Το σχήμα αυτό λέγεται κυκλική παρθενογένεση. Οι ανολοκυκλικοί κλώνοι δεν παράγουν φυλετικά αναπαραγόμενες μορφές και διαχειμάζουν με τη μορφή παρθενογενετικών θηλυκών σε αυτοφυή είδη και χειμερινές καλλιέργειες. Οι ανδροκυκλικοί κλώνοι παράγουν το φθινόπωρο παρθενογενετικά θηλυκά και μερικά αρσενικά που μπορούν να συζευχθούν με θηλυκά ολοκυκλικών κλώνων. Οι ενδιάμεσοι κλώνοι παράγουν το φθινόπωρο παρθενογενετικά θηλυκά, αρσενικά και θηλυτόκα άτομα σε μικρούς αριθμούς, καθώς και λίγα ωοτόκα (Blackman 1971,1972; Simon et al. 1991).

Θεωρείται ότι η εναλλαγή ξενιστών και η δημιουργία πτερωτών ή άπτερων μορφών από τις αφίδες επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, τη φωτοπερίοδο, το συνωστισμό και τη φυσιολογική κατάσταση του φυτού (Blackman 1971,1972; Simon et al. 1991).

1.2) Η παρθενογενετική αναπαραγωγή και ο ρυθμός αύξησης πληθυσμών των αφίδων

Η εξέλιξη της παρθενογενετικής αναπαραγωγής στις αφίδες έγινε 200 εκατομμύρια χρόνια πριν και έκτοτε, η παρθενογένεση επιδρά καθοριστικά στη διαμόρφωση της δομής και τον καθορισμό των υψηλών ρυθμών αύξησης των πληθυσμών τους. Ο συγκεκριμένος τρόπος αναπαραγωγής οδήγησε στην εξέλιξη των κλώνων και τη βράχυνση των γενιών, που αποτελούν χαρακτηριστικά των αφίδων (Dixon 1987). Η φυλετική αναπαραγωγή εμποδίζει τη βράχυνση του χρόνου γενιάς, καθώς στις αφίδες που συζευγνύονται για να δώσουν απογόνους η ωρίμανση των εμβρύων αρχίζει μετά τη γονιμοποίηση των ωαρίων. Αντίθετα, οι παρθενογενετικά αναπαραγόμενες περιέχουν στους ωοσπλήνες τους αναπτυσσόμενα έμβρυα, τα οποία περιέχουν επίσης έμβρυα. Το αποτέλεσμα του φαινομένου είναι η μείωση της περιόδου μεταξύ της εμφάνισης των ενηλίκων δύο διαδοχικών γενιών και της περιόδου μεταξύ ενηλικίωσης και έναρξης αναπαραγωγής. Και οι δύο αυτές περίοδοι συμβάλλουν στον καθορισμό των υψηλών ρυθμών αύξησης των πληθυσμών των αφίδων. Λίγα από τα γνωστά είδη είναι ωοζωοτόκα. Τα αυγά των συγκεκριμένων ειδών εκκολάπτονται αμέσως μετά τη γέννησή τους (Hille Ris Lambers 1950). Η ζωοτοκία είναι χαρακτηριστικό των περισσότερων ειδών αφίδων και μπορεί να οδηγήσει σε υψηλούς, συγκριτικά με την ωοτοκία, ρυθμούς αύξησης πληθυσμών. Η πιθανότερη εξήγηση του φαινομένου είναι ότι αυξάνονται οι πιθανότητες επιβίωσης κατά τη γέννηση και ευνοείται η ταχύτερη έναρξη της σωματικής αύξησης. Θεωρείται μάλιστα ότι η παρασιτική προς τα φυτά ιδιότητα πολλών αφίδων οφείλεται μερικά στον αξιοσημείωτο ρυθμό αύξησης των πληθυσμών τους.

1.3) Ανάπτυξη, αύξηση και αναπαραγωγή των αφίδων

Ανάπτυξη. Μια αφίδα περνά από τέσσερα προνυμφικά στάδια κατά την ανάπτυξή της από τη γέννηση ως την ενηλικίωση. Η χρονική περίοδος της προνυμφικής ανάπτυξης είναι μεταβλητή, καθώς επηρεάζεται από δύο εξωγενείς παράγοντες, την ποιότητα τροφής και τη θερμοκρασία και δύο ενδογενείς, το βάρος κατά τη γέννηση και το είδος της μορφής (πτερωτή ή άπτερη). Η ποιότητα τροφής επηρεάζει τον καθορισμό της μορφής της αφίδας καθώς και το βάρος της κατά τη

γέννηση άμεσα ή έμμεσα, επηρεάζοντας το μέγεθος της μητρικής αφίδας. Ο Mittler (1958) απέδειξε ότι οι αφίδες που τρέφονται με υψηλής ποιότητας τροφή αναπτύσσονται ταχύτερα και επιτυγχάνουν μεγαλύτερο μέγεθος από τις αφίδες που τρέφονται με φτωχή σε ποιότητα τροφή. Ένα έμμεσο μέτρο της ποιότητας τροφής είναι ο μέσος σχετικός ρυθμός αύξησης (RGR) της αφίδας, που εκφράζει την αύξηση ανά μονάδα βάρους και ανά μονάδα χρόνου (Fisher 1921; Radford 1967).

Για κάθε είδος αφίδας, ο ρυθμός ανάπτυξης ($1/D$, όπου D ο αριθμός ημερών) αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με τη θερμοκρασία για ένα ορισμένο εύρος τιμών θερμοκρασίας. Έξω από τα όρια αυτά, η σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και ρυθμού ανάπτυξης είναι καμπυλόγραμμη και σε ακραίες τιμές θερμοκρασίας, οι αφίδες επηρεάζονται δυσμενώς, παρουσιάζοντας αυξημένη θνησιμότητα (Dixon 1987). Η θερμοκρασία σε συνδυασμό με την ποιότητα τροφής επηρεάζει και το βάρος της αφίδας κατά τη γέννηση. Οι αφίδες με μικρό σωματικό βάρος, φτάνουν στην ενηλικίωση αργότερα από τις αφίδες με μεγάλο σωματικό βάρος κατά τη γέννηση. Οι διαφορές που παρατηρούνται όμως μεταξύ των αφίδων ως προς το χρόνο ανάπτυξης, δεν οφείλονται πλήρως στις διαφορές βάρους κατά τη γέννηση (Dixon & Wratten 1971).

Σε πολλά πολυμορφικά είδη αφίδων παρατηρείται παραγωγή πτερωτών μορφών, όταν η πυκνότητα πληθυσμού αυξάνεται και/ ή η ποιότητα τροφής υποβαθμίζεται. Οι πτερωτές μορφές παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης και συνήθως είναι μικρότερες σε μέγεθος από τις άπτερες.

Μετά την ενηλικίωση οι αφίδες παρουσιάζουν μια καθυστέρηση πριν την έναρξη ωοπαραγωγής. Η περίοδος μεταξύ ενηλικίωσης και πρώτης αναπαραγωγής είναι μικρή για μεγάλα άτομα ενός είδους και σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ είναι μεγάλη για μικρά άτομα και σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Ο ρυθμός ανάπτυξης για άτομα μιας συγκεκριμένης μορφής (άπτερα), που ανήκουν σε διαφορετικά είδη, αναπτύσσονται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία και τρέφονται με υψηλής ποιότητας τροφή, καθορίζεται από ενδογενείς παράγοντες. Αν το βάρος κατά τη γέννηση εκφραστεί ως αναλογία του βάρους της μητρικής αφίδας, αποτελεί τη μοναδική μεταβλητή που καθορίζει το ρυθμό ανάπτυξης. Θεωρητικά λοιπόν, αναμένεται ότι στα είδη που οι απόγονοι είναι πολύ μεγάλοι σε σχέση με τους γονείς, θα παρατηρούνται σημαντικά μικρότεροι χρόνοι ανάπτυξης, συγκριτικά με τα είδη που παράγουν μικρούς απογόνους (Dixon 1985). Ωστόσο, η σχέση μεταξύ βάρους απογόνου κατά τη γέννηση και βάρους της μητρικής αφίδας καθορίζεται

σημαντικά και από τον αριθμό ωοσωλήνων της μητρικής αφίδας. Η συγκεκριμένη αναλογία βαρών υπολογίζεται ακριβέστερα, αν το βάρος της μητρικής αφίδας διαιρεθεί με τον αριθμό ωοσωλήνων της. Για ένα είδος επομένως, το βάρος της αφίδας κατά τη γέννηση αποτελεί σταθερή αναλογία του βάρους της μητρικής αφίδας, αν ο αριθμός ωοσωλήνων είναι σταθερός στα άτομα του είδους. Στην περίπτωση που δύο είδη αφίδων έχουν παρόμοια σωματικά μεγέθη, το είδος με πολλούς ωοσωλήνες γεννά μικρότερους απογόνους από το είδος με μεγάλο αριθμό ωοσωλήνων. Επομένως, οι απόγονοι των ειδών με μεγαλύτερο αριθμό ωοσωλήνων θα παρουσιάζουν μεγαλύτερο χρόνο ανάπτυξης (Dixon 1987).

Αναπαραγωγή. Ο αναπαραγωγικός ρυθμός των αφίδων επηρεάζεται από τους ίδιους παράγοντες που επηρεάζουν και το ρυθμό ανάπτυξης. Επιπρόσθετα, ο αριθμός ωοσωλήνων και η μορφή της αφίδας επιδρούν τόσο άμεσα, όσο και έμμεσα στο ρυθμό αναπαραγωγής. Οι πτερωτές μορφές παρουσιάζουν μικρότερη συνολική γονιμότητα από τις άπτερες (Noda 1960, Wratten 1977). Εμφανίζουν όμως υψηλότερους αναπαραγωγικούς ρυθμούς κατά την πρόιμη ενήλικη ζωή τους, παράγοντας μικρότερους απογόνους (Dixon & Wratten 1971, Taylor 1975, Thornback 1983). Η συγκεκριμένη ιδιότητα των πτερωτών αποτελεί πλεονέκτημα, καθώς η ταχεία παραγωγή πολλών μικρών απογόνων είναι περισσότερο πλεονεκτική από την παραγωγή λιγότερων και μεγαλύτερων απογόνων, που θα έχουν μικρότερο χρόνο ανάπτυξης. Ο υψηλός αρχικός αναπαραγωγικός ρυθμός ενός πτερωτού ατόμου ίσως του επιτρέψει να εγκατασταθεί σε ένα νέο περιβάλλον και να αυξήσει την πιθανότητα επιβίωσης του κλώνου του. Το γεγονός ότι τα φυτά που έχουν πρόσφατα αποικιστεί είναι πιθανότερο να έχουν υψηλή ποιότητα, μειώνει τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η γέννηση μικρών απογόνων, λόγω της μακράς περιόδου ανάπτυξης και της δύσκολης επιβίωσής τους (Dixon 1987).

Σε ένα είδος αφίδας, το μήκος του μεγαλύτερου εμβρύου και ο αριθμός εμβρύων ανά ωοσωλήνα, είναι συνάρτηση του βάρους της μητρικής αφίδας και είναι ανεξάρτητα από τον αριθμό ωοσωλήνων μεγέθη. Ο αριθμός των μεγάλων εμβρύων ανά ωοσωλήνα είναι όμως μικρότερος στις αφίδες με μεγάλο αριθμό ωοσωλήνων. Επομένως, μια αφίδα με μεγάλο αριθμό ωοσωλήνων έχει και υψηλότερο αναπαραγωγικό εξοπλισμό (αριθμό γονάδων) (Ward et al. 1983). Σε φτωχά σε ποιότητα περιβάλλοντα, οι αφίδες με μεγάλες γονάδες επιβιώνουν δυσκολότερα από τις αφίδες του ίδιου κλώνου με λίγες γονάδες. Εμφανίζουν όμως μεγαλύτερη ικανότητα διασποράς, που τους παρέχει μεγαλύτερη πιθανότητα επιβίωσης. Σε

υψηλής ποιότητας περιβάλλοντα όμως, οι αφίδες με μεγάλες γονάδες επιτυγχάνουν τους υψηλότερους αναπαραγωγικούς ρυθμούς. Συνεπώς, οι εποχικές αλλαγές του περιβάλλοντος επηρεάζουν έμμεσα τον αριθμό ωοσωλήνων και το μέγεθος απογόνων (Dixon 1987). Η σχέση μεταξύ αρχικού αναπαραγωγικού και αριθμού ωοσωλήνων παρατηρείται τόσο μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους, όσο και μεταξύ ειδών. Τα είδη με μεγάλο αριθμό ωοσωλήνων έχουν υψηλό αρχικό αναπαραγωγικό ρυθμό και το αντίστροφο. Συνεπώς, υπάρχει σχέση μεταξύ του χρόνου ανάπτυξης και αρχικού αναπαραγωγικού ρυθμού (Dixon 1987).

Αύξηση. Αν δύο είδη αφίδων έχουν παρόμοιο μέγεθος, το είδος που έχει τους λιγότερους ωοσωλήνες θα έχει λιγότερα έμβρυα και θα παρουσιάζει χαμηλότερο αναπαραγωγικό ρυθμό συγκριτικά με ένα είδος με πολλούς ωοσωλήνες. Τα είδη με λίγους ωοσωλήνες όμως, εμφανίζουν μικρότερους χρόνους ανάπτυξης. Οι Leather & Dixon (1984) βρήκαν θετική και στενή συσχέτιση μεταξύ του ενδογενούς ρυθμού αύξησης πληθυσμού (rm) και του μέσου σχετικού ρυθμού αύξησης (RGR) ενδοειδικά και ο Dixon (1984) διειδικά. Η σχέση μεταξύ rm και RGR εκφράζεται από την εξίσωση $rm = 0,86 * RGR$. Με βάση την εξίσωση $rm = c * (\ln Md) / d$ (Wyatt & White 1977), προκύπτει ότι ο μέσος σχετικός ρυθμός αύξησης εκφράζεται από τη σχέση $RGR = 0,86 * (\ln Md) / d$. Η εξίσωση αυτή δείχνει ότι η αύξηση από τη γέννηση ως την ενηλικίωση ανά μονάδα βάρους κατά τη γέννηση και ανά μονάδα χρόνου, ισούται με τον αριθμό νυμφών (Md) που γεννιούνται διαδοχικά σε μια περίοδο ίση με αυτήν μεταξύ γέννησης και έναρξης αναπαραγωγής (d), πολλαπλασιασμένο με ένα διορθωτικό παράγοντα. Από τη σχέση αυτή προκύπτει το συμπέρασμα ότι η αύξηση και η αναπαραγωγή εμφανίζονται ταυτόχρονα με τον αποτελεσματικό αριθμό απογόνων (Md), που αναπτύσσονται και συμπληρώνουν το μεγαλύτερο μέρος της εμβρυακής τους ανάπτυξης κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της μητρικής αφίδας. Όταν οι αφίδες φτάσουν στην ενηλικίωση, συνήθως παύουν να αυξάνονται σε μέγεθος και κατευθύνουν το μεγαλύτερο μέρος των θρεπτικών συστατικών από την αφομοίωση τροφής, στην αύξηση των εμβρύων τους (Randolph et al. 1975). Η συνέχιση των διαδικασιών που οδηγούν στην αύξηση των μητρικών αφίδων, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή απογόνων. Η βιομάζα των απογόνων, εκφρασμένη ανά μονάδα βάρους του ενήλικου και ανά μονάδα χρόνου, είναι μικρότερη από αυτήν που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια νυμφικής ανάπτυξης της μητρικής αφίδας. Επομένως, ανεξάρτητα από το μέγεθός της κατά το ενήλικο στάδιο, μια αφίδα που έχει πετύχει υψηλό ρυθμό

αύξησης κατά τη νυμφική της ανάπτυξη, θα παρουσιάσει υψηλό ρυθμό αναπαραγωγής (gm) (Dixon 1987).

1.4) Επιβίωση.

Η επιβίωση των αφίδων επηρεάζεται από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες και καθορίζει το κλάσμα του δυνητικού ρυθμού αύξησης πληθυσμού που επιτυγχάνεται. Οι αφίδες ανταποκρίνονται στα ερεθίσματα που προκαλούν οι εποχικές αλλαγές ποιότητας τροφής και καιρού αναπτύσσοντας συγκεκριμένες μορφές, ικανές να επιβιώνουν και να προσαρμόζονται στις εποχικές αλλαγές ποιότητας του περιβάλλοντος (Dixon 1985). Ωστόσο, οι απρόσμενες βραχυπρόθεσμες μεταβολές του καιρού και της ποιότητας τροφής (Carter 1972, Watt & Dixon 1981) και οι φυσικοί εχθροί (Cavalloro 1983) και ιδιαίτερα στα προνυμφικά στάδια (Dixon 1958), μπορούν να μειώσουν σημαντικά την επιβίωση.

Σε φτωχής ποιότητας περιβάλλοντα οι μικροί απόγονοι επιβιώνουν δυσκολότερα από τους μεγάλους (Dixon 1985). Σε ορισμένα είδη έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο της γέννησης μεγάλων απογόνων σε δυσμενείς συνθήκες και μικρών απογόνων σε ευνοϊκά περιβάλλοντα (Dixon & Wellings 1982). Σε φτωχά περιβάλλοντα οι αφίδες που γεννιούνται συγκεντρώνουν μεγαλύτερα αποθέματα λιπώδους ιστού και ζουν περισσότερο από τις αφίδες που αναπτύσσονται σε ξενιστές υψηλής ποιότητας την άνοιξη (Dixon 1975, Dixon & Wellings 1982, Leather et al. 1983).

Η επιβίωση ενός μέρους του πληθυσμού μετά την αναπαραγωγική περίοδο της ζωής, παρατηρείται ακόμα και υπό ευνοϊκές συνθήκες. Ο θάνατος ή η επιβίωση πριν τη συμπλήρωση της αναπαραγωγικής φάσης οφείλεται κατά ένα μέρος στη θερμοκρασία και την καταπόνηση λόγω ανεπάρκειας τροφής (Wellings & Dixon 1983). Είναι πιθανό οι ρυθμοί εμβρυογένεσης και γήρανσης, όπως και οι ρυθμοί αύξησης και ανάπτυξης (Dixon et al. 1982) να επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Επομένως, χαρακτηριστικά κάθε μορφής, όπως η γήρανση, τροποποιούνται ύστερα από επιλογή για το συγκεκριμένο εύρος συνθηκών, που είναι πιθανό να αντιμετωπίσει η μορφή αυτή. Το αποτέλεσμα είναι η σπάνια εμφάνιση ατόμων με μεγάλη διάρκεια ζωής μετά την αναπαραγωγή στον αγρό, καθώς η παρατεταμένη επιβίωση δε φαίνεται να είναι σημαντική.

Ορισμένα είδη αφίδων, όταν αναπτύσσονται σε φτωχής ποιότητας ξενιστές ωριμάζουν μόνο τα μεγαλύτερα από τα έμβρυά τους. Με τον τρόπο αυτό, θυσιάζουν ένα μέρος της συνολικής δυναμικής τους γονιμότητας, προκειμένου να διατηρήσουν τον άμεσο αναπαραγωγικό τους ρυθμό και να εξασφαλίσουν τη βραχυπρόθεσμη επιβίωσή τους (Ward & Dixon 1982, Leather et al. 1983). Σε ευνοϊκά περιβάλλοντα αντίθετα μπορεί να παρατηρηθεί επιπρόσθετη γέννηση αυγών από ορισμένα είδη αφίδων και επομένως αύξηση της δυναμικής γονιμότητας (Ward et al. 1983).

1.5) Το είδος *Myzus persicae*

Μορφολογία: Το είδος *M. persicae* (Sulzer) (Homoptera:Aphididae) είναι γνωστό και ως πράσινη αφίδα της ροδακινιάς ή αφίδα της ροδακινιάς και της πατάτας. Οι άπτερες ενήλικες μορφές έχουν μικρό ως μέσο μέγεθος και χρώμα που μπορεί να είναι ωχρό πράσινο, ωχρό κίτρινο ως πράσινο, πράσινο ως γκρι, ανοιχτό ή σκούρο πράσινο και ροζ ή κόκκινο. Οι χρωματισμοί του σώματος είναι ομοιόμορφοι και όχι γυαλιστεροί. Οι πτερωτές μορφές φέρουν μια ραχιαία, κεντρική και μαύρη σκληρωτισμένη πλάκα στο κοιλιακό τμήμα. Οι άπτερες και οι πτερωτές μορφές έχουν μήκος που κυμαίνεται μεταξύ 1,2 και 2,3 mm. Στο τέλος της κοιλιάς, φέρει δύο σωληνοειδή εξαρτήματα τους σίφωνες ή κεράτια, που εκκρίνουν φερομόνες συναγερού σε περίπτωση απειλής. Οι σίφωνες είναι μακροί, λεπτοί, με μήκος 0,4mm και δεν ξεπερνούν την άκρη της κοιλιάς. Στην άκρη της κοιλιάς, υπάρχει μια απόφυση, η cauda. Αυτή είναι στενόμακρη, με μήκος 0,2mm και φέρει τρία ζεύγη τριχών.

Ξενιστές: Το είδος έχει ως πρωτεύοντα ξενιστή τη ροδακινιά (*Prunus persica*), μερικές φορές την *P. nigra*, την *P. tanella* ή την *P. serotina* και υβρίδια μεταξύ ροδακινιάς και αμυγδαλιάς. Οι δευτερεύοντες ξενιστές ανήκουν σε 40 διαφορετικές οικογένειες, που περιλαμβάνουν και φυτά οικονομικής σημασίας, όπως τον καπνό ή την πατάτα. Στους ξενιστές σχηματίζουν αποικίες και παραμορφώνουν τα νεαρά ή σε μεγαλύτερους πληθυσμούς και τα παλιότερα φύλλα.

Μετάδοση ιών: Θεωρείται ότι είναι ο πιο σημαντικός φορέας ιών, καθώς μπορεί να μεταδίδει περισσότερους από 100 (Kennedy et al. 1962). Μεταδίδει έμμονους ιούς, όπως του ήπιου ίκτερου των τεύτλων (BMYV), των κίτρινων νεύρων των τεύτλων (BYVV), του μωσαϊκού των μπιζελιών (PEMV), του καρουλιάσματος των μπιζελιών (PLRV), του καρουλιάσματος της πατάτας (PLRV), του ίκτερου του

ρεπανιού (RYV), της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού (TVDV) και του κίτρινου μεταχρωματισμού των νεύρων του καπνού (TYVV) (Blackman & Eastop 1984). Επίσης, μεταδίδει και μη έμμονους ιούς, όπως του κίτρινου μωσαϊκού της κολοκυθιάς (ZYMV), του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV), τους ιούς Y (PVY) και A της πατάτας και τον ιό του μωσαϊκού της μηδικής (AMV) (Bunt et al. 1996).

Βιολογία: Θεωρείται ότι προέρχεται από την Ασία, όπως και ο πρωτεύων ξενιστής του, ενώ σήμερα έχει εξαπλωθεί παντού. Το είδος *M. persicae* περιλαμβάνει ολοκυκλικούς και ανολοκυκλικούς κλώνους, που είναι αντίστοιχα ετερόοικοι με πρωτεύοντα ξενιστή τη ροδακινιά και δευτερεύοντες ξενιστές άλλα είδη και αυτόοικοι, που αναπτύσσονται μόνο σε δευτερεύοντες ξενιστές, όπου δεν υπάρχει ροδακινιά και το κλίμα επιτρέπει στα ενεργά στάδια των αφίδων να επιβιώνουν το χειμώνα. Η ανάπτυξη του είδους μπορεί να γίνει σε θερμοκρασίες μεταξύ 5 και 30°C (Blackman & Eastop 1984).

Το είδος έχει περισσότερες από 5 γενιές το έτος. Σε ψυχρές περιοχές και εκεί όπου υπάρχουν ροδακινιές, η αφίδα διαχειμάζει με τη μορφή χειμερινού αυγού στο φλοιό των κύριων ξενιστών (ροδακινιά κ.α. πυρηνόκαρπα). Συνήθως γεννιούνται 4-6 αυγά ανά θηλυκό άτομο στους οφθαλμούς ή στις εσοχές αδρών μερών του φλοιού. Όπου ο χειμώνας είναι σχετικά ζεστός, η αναπαραγωγή του εντόμου γίνεται με παρθενογένεση σε όλη τη διάρκεια του έτους, χωρίς να γεννιούνται χειμερινά αυγά. Η παρθενογενετική αναπαραγωγή παρατηρείται και σε περιοχές όπου δεν αφθονεί η ροδακινιά, καθώς και σε ψυχρές περιοχές.

Στην κεντρική και νότια Ευρώπη, παράλληλα με τις ολοκυκλικές είναι γνωστές και ανολοκυκλικές μορφές που προτιμούν το λάχανο (Cognetti 1967) ή άλλα είδη. Σε πολλά μέρη έχουν ανακαλυφθεί μορφές που διαφέρουν στην ικανότητα να μεταδίδουν ιούς, στην ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα ή σε άλλα χαρακτηριστικά. Υπάρχει επίσης εξειδίκευση ως προς τα είδη ή ακόμα και τα μέρη φυτών που αποικίζουν. Στις τροπικές, υποτροπικές και Καυκάσιες περιοχές για παράδειγμα, ο καπνός προσβάλλεται από ανολοκυκλικές μορφές (Kolesova et al. 1980). Αντίθετα, στην κεντρική Ασία προσβάλλεται από ολοκυκλικές μορφές (Zagorovsky 1947). Όλες αυτές οι μορφές είναι πράσινες, ενώ στην Ιαπωνία οι μορφές που προσβάλλουν τον καπνό έχουν σκούρο κόκκινο χρώμα. Οι αφίδες αυτές διακρίνονται από άλλες που ζουν στην ίδια περιοχή, αλλά σε άλλα φυτά, από διαφορετικούς συνδυασμούς του χρώματος και των εστερασών (Takada 1979). Έχουν αποκαλυφθεί (Blackman 1971, 1972) ενδοκλωνικές διαφορές στην ικανότητα παραγωγής αρσενικών και

αμφιγονικών θηλυκών. Επίσης, έχουν αποκαλυφθεί διαφορές ως προς τους ξενιστές, τον αναπαραγωγικό ρυθμό και την ικανότητα παραγωγής πτερωτών, παρθενογενετικών θηλυκών κάτω από χαμηλή ή υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα και επιπλέον, ως προς τη μορφολογία, το χρωματισμό και την ικανότητα αλλαγής χρώματος σε διαφορετικά φυτά (Kolesova et al.1980). Έχει αποκαλυφθεί και διακλωνική παραλλακτικότητα μεταξύ αφίδων, με ηλεκτροφόρηση εστερασών (Takada 1979).

Στην Ελλάδα, τα μεγαλύτερα ποσοστά ολοκυκλικών κλώνων έχουν εντοπιστεί στην κεντρική Μακεδονία. Αντίθετα, η πλειοψηφία των ανολοκυκλικών κλώνων έχει εντοπιστεί στην κεντρική Ελλάδα και τη Θράκη, σε περιοχές όπου η καλλιέργεια ροδακινιάς είναι περιορισμένη (Μαργαριτόπουλος 2000).

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις μορφές του είδους και τη σχέση που έχουν με συγκεκριμένες καλλιέργειες και περιοχές. Γνωρίζοντας τη δομή του είδους *Myzus persicae*, μπορούμε να κατανοήσουμε τη βιολογία του και να σχεδιάσουμε μέτρα ελέγχου των πληθυσμών του.

2) ΤΑ ΑΡΠΑΚΤΙΚΑ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ ΤΗΣ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑΣ Coccinellidae

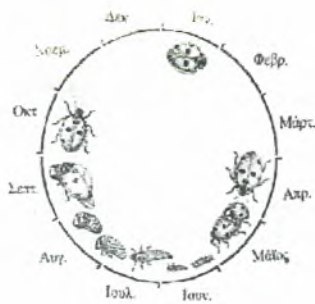
2.1) Μορφολογία

Το σώμα των ειδών της οικογένειας Coccinellidae αποτελείται από την κεφαλή, το θώρακα και την κοιλιά. Ο θώρακας καλύπτεται από το πρόνωτο και τα έλυτρα, τα οποία σκεπάζουν και την κοιλιά. Οι κεραίες των ειδών αυτών είναι κοντές, ροπαλοειδείς, και τα πόδια βαδιστικού τύπου. Επίσης, τα Coccinellidae έχουν το πρόσθιο ζεύγος πτερύγων τροποποιημένο, έτσι ώστε να σχηματίζει σκληρά έλυτρα, που ενώνονται σε μια κεντρική γραμμή και καλύπτουν την κοιλιά. Τα πρόσθια έλυτρα καλύπτουν το οπίσθιο ζεύγος πτερύγων, όταν το έντομο δεν πετά. Οι πίσω πτέρυγες είναι μεμβρανώδεις. Τα στοματικά μόρια των εντόμων είναι μασητικού τύπου (Majerus & Kearns 1989). Τα Coccinellidae είναι ολομετάβολα έντομα και οι προνύμφες τους έχουν μακρύ και ευλύγιστο σώμα. Τα αρσενικά και τα θηλυκά άτομα παρουσιάζουν κάποιες μορφολογικές διαφορές. Στα περισσότερα είδη, τα θηλυκά έχουν ελαφρά μεγαλύτερο μέγεθος από τα αρσενικά άτομα. Οι διαφορές σωματικού μεγέθους δεν αποτελούν ωστόσο απόλυτα αξιόπιστο κριτήριο αναγνώρισης του φύλου. Το ασφαλέστερο μορφολογικό κριτήριο που διαφοροποιεί

τα αρσενικά από τα θηλυκά άτομα, είναι η ύπαρξη τριών κυρτωμένων δακτυλίων από λευκό εύκαμπτο δερμάτιο στα τελευταία κοιλιακά μεταμερή. Οι δακτύλιοι αυτοί επιτρέπουν την κάμψη της κοιλιάς των αρσενικών στις σωστές γωνίες κατά τη σύζευξη με τα θηλυκά (Majerus & Kearns 1989).

2.2)Βιολογικός κύκλος

Τα είδη της οικ. Coccinellidae είναι ολομετάβολα και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους περνούν διαδοχικά από το στάδιο του αυγού, στα τέσσερα



Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση του κύκλου ζωής ενός Κολεόπτερου, βασισμένη στο είδος *Coccinella septempunctata* (Majerus & Kearns 1989).

προνομφικά στάδια (larvae), στο στάδιο πριν τη νύμφωση (pre-pupa), στο στάδιο της νύμφωσης (pupa) και τελικά στο ενήλικο στάδιο (Hodek 1973) (εικόνα 1)

Σε πολλά είδη, η συμπλήρωση του βιολογικού κύκλου διαρκεί ένα χρόνο. Η γέννηση των αυγών γίνεται την άνοιξη ή ως τις αρχές του καλοκαιριού. Σε ζεστά, ξηρά κλίματα και υποτροπικές περιοχές, τα αφιδοφάγα κολεόπτερα της οικ. Coccinellidae διαθερίζουν (Hagen 1962). Όταν η διάρκεια ημέρας και οι θερμοκρασία μειώνονται, τα έντομα εισέρχονται σε διάπαυση. Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την είσοδο στο στάδιο αυτό, είναι η φωτοπερίοδος. Η επιβίωση των ατόμων κατά τη διάπαυση επιτυγχάνεται χάρη στη συγκέντρωση πριν την είσοδο στο στάδιο αυτό ενεργειακών αποθεμάτων και στη συνέχεια, με μείωση του μεταβολικού ρυθμού. Η αντοχή στις αντίξοες καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της διαχείμασης, αυξάνεται χάρη σε φυσιολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά που συνδυάζονται και δημιουργούν ένα σύνδρομο προσαρμογής κατά τον DeWilde (1970), το οποίο ποικίλλει από το ένα είδος στο άλλο.

Αυγά. Τα αυγά των Coccinellidae είναι επιμήκη, με ωοειδές συνήθως σχήμα και χρώμα κίτρινο ως πορτοκαλί. Τα περισσότερα είδη εναποθέτουν τα αυγά τους σε ωπλάκες, που σχηματίζονται από διαφορετικούς αριθμούς αυγών. Τα αυγά στις

ωοπλάκες είναι συνήθως στερεωμένα με τη μια τους άκρη κατακόρυφα στο υπόστρωμα ωοτοκίας. Η περίοδος ως την εκκόλαψη των αυγών είναι συνήθως 4 ημέρες, αν και επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Λίγες μέρες πριν την εκκόλαψη, τα αυγά γίνονται γκρίζα (Hodek 1973).

Προνύμφες. Οι προνύμφες τρέφονται αρχικά με τα κελύφη ή με τα αυγά που δεν έχουν εκκολαφθεί. Κάποιες φορές επιτίθενται και σε προνύμφες του ίδιου είδους, αλλά μικρότερης ηλικίας. Συνήθως όμως, τα κολεόπτερα γεννούν τα αυγά τους κοντά σε αποικίες αφίδων. Έτσι, οι προνύμφες αναζητούν τις αφίδες και τρέφονται με αυτές. Αρχικά, οι νεαρές προνύμφες προσκολλώνται σε μια σχετικά μεγάλη αφίδα, καρφώνουν τα στοματικά τους μόρια στο σώμα της αφίδας και τρέφονται με τα σωματικά υγρά, αφήνοντας τελικά μόνο τον εξωσκελετό της αφίδας (Butt 1951, Harpaz 1958, Hagen 1962, Kesten 1969). Η μύζηση της λείας είναι τρόπος θρέψης που παρατηρείται μόνο στα δύο πρώτα προνυμφικά στάδια. Αργότερα, οι μεγαλύτερες προνύμφες τρέφονται και με συμπαγή μέρη του σώματος της αφίδας, όπως τα πόδια και τις κεραιές (Majerus & Kearns 1989).

Οι προνύμφες αυξάνουν σταδιακά το μέγεθός τους και αναπτύσσονται, περνώντας από 4 διαδοχικά στάδια, πριν τη νύμφωσή τους. Η προνύμφη σε κάθε έκδυση απελευθερώνεται από το έκδυμα, βγαίνοντας από το ραχιαίο τμήμα του, ύστερα από προσπάθεια 1 ώρας περίπου. Αρχικά, το χρώμα της προνύμφης είναι ωχρό, αλλά τελικά σκουραίνει και παράλληλα, το δερμάτιο της προνύμφης σκληραίνει.

Η διάρκεια των προνυμφικών σταδίων εξαρτάται σημαντικά από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Σημαντικό ρόλο στη διάρκεια κάθε προνυμφικού σταδίου διαδραματίζει η πυκνότητα της λείας. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο ταχύτερη είναι και η ανάπτυξη των προνυμφών. Ο ρυθμός ανάπτυξης δεν αυξάνει απεριόριστα, αλλά αγγίζει μια μέγιστη τιμή για μια συγκεκριμένη πυκνότητα λείας. Από το σημείο αυτό και μετά, η αύξηση της κατανάλωσης αφίδων, οδηγεί σε αύξηση μόνο του σωματικού μεγέθους (Hodek 1973). Η ταχύτητα ανάπτυξης επηρεάζεται και από τη θερμοκρασία.

Pre-pupa. Οι προνύμφες του 4^{ου} σταδίου καταναλώνουν ένα σημαντικό αριθμό αφίδων, αυξάνουν το μέγεθός τους και τουλάχιστο 24 ώρες πριν εισέλθουν στη νύμφωση, σταματούν να τρέφονται και ακινητοποιούνται. Στη συνέχεια προσκολλώνται σε σταθερό σημείο των φυτών με την άκρη της κοιλιάς τους και αρχίζουν να κυρτώνονται (Hodek 1973).

Νύμφη (nymph). Οι νύμφες διατηρούνται στην κυρτωμένη θέση κατά τη διάρκεια της νύμφης. Σταδιακά, το τελευταίο προνυμφικό έκδυμα αποβάλλεται ως το σημείο προσκόλλησης και η νύμφη μένει ακάλυπτη. Στο στάδιο αυτό, δεν παρατηρείται πλήρης ακινησία. Οι νύμφες μπορούν να αντιδράσουν, κινώντας πολλές φορές ανοδικά και απότομα την περιοχή της κεφαλής τους, να ερεθιστούν για κάποιο λόγο. Επίσης, οι νύμφες αντιδρούν και στις μεταβολές του φωτισμού, μεταβάλλοντας το χρώμα τους. Η διάρκεια της νύμφωσης ποικίλλει, καθώς επηρεάζεται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Ενήλικο στάδιο. Όταν η νύμφωση περατώνεται, το τέλειο σχίζει το πρόσθιο μέρος της νυμφικής θήκης και εξέρχεται μετά από μερικά λεπτά. Τα τέλεια που μόλις έχουν βγει από τη νυμφική θήκη, έχουν μαλακά έλυτρα και μαλακές πτέρυγες. Τα έλυτρα έχουν χρώμα ανοιχτό κίτρινο ως πορτοκαλί και το σώμα έχει ωχρό χρωματισμό. Τα τελικά σχέδια και ο τελικός χρωματισμός των ελύτρων, εμφανίζονται σταδιακά και η εκδήλωσή τους επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Οι περισσότερες αλλαγές παρατηρούνται κατά τις πρώτες ώρες μετά την έξοδο, ενώ η απόχρωση του κόκκινου στα έλυτρα παραμένει ανοιχτή επί πολλές εβδομάδες μετά την ενηλικίωση. Το χρώμα των ελύτρων αποκτά σταδιακά όλο και πιο σκούρο κόκκινο χρώμα, καθώς αυξάνεται η ηλικία των εντόμων. Κατά τη διάρκεια του ενήλικου σταδίου, τα κολεόπτερα τρέφονται και συζευγνύονται αρκετές φορές. Τα θηλυκά μετά τη σύζευξη γεννούν τα αυγά τους και δίνουν μία ή περισσότερες γενιές απογόνων.

2.3) Οικολογία

2.3.1) Η συμπεριφορά των Coccinellidae κατά την αναζήτηση της λείας

Ο Frazer (1988) αναφέρει ότι παρ' όλο που τα Coccinellidae έχουν λειτουργικά μάτια στα προνυμφικά στάδια και στο ενήλικο στάδιο, συλλαμβάνουν τη λεία τους μόνο όταν έρθουν σε επαφή με τα στοματικά τους μόρια. Στις προνύμφες, τα πρόσθια πόδια κατευθύνουν τη λεία προς τις προσακτρίδες και ενεργούν ως αισθητήρια όργανα (Storch 1976). Στα ενήλικα δεν παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο.

Σε ορισμένα είδη Coccinellidae ωστόσο, όπως στα *Anatis ocellata* L. (Allen et al. 1970) και *C. septempunctata* (Stubbs 1980), παρατηρήθηκε ικανότητα εντοπισμού της λείας από μικρή απόσταση (<1cm). Ο Stubbs υπέθεσε ότι τα κολεόπτερα

αισθάνονται την οσμή των αφίδων. Ο Marks (1977) ανέφερε ότι οι προνύμφες εκκρίνουν φερομόνη από την πυγαία πλάκα για να σημειώνουν τις περιοχές που έχουν ερευνήσει ήδη. Από μελέτες που έχουν γίνει (Fleschner 1950, Banks 1954, 1957, Dixon 1959), έχει αποδειχθεί ότι τα Coccinellidae εκδηλώνουν θετική φωτόταξη και αρνητική γεώταξη. Περιορίζουν την έρευνά τους στα άκρα των φύλλων ή σε όρθια φυτικά μέρη και όταν έρθουν σε επαφή με τη λεία, αρχίζουν να περιστρέφονται γύρω της. Με αυτή τη συμπεριφορά, κατευθύνονται προς τις κορυφές των φυτών και τα νεύρα των φύλλων, όπου είναι πιθανότερο να εντοπίσουν αφίδες. Όταν τις συναντούν, περιορίζουν την έρευνα και παραμένουν κοντά στην αποικία.

Ο Frazer (1988) αναφέρει ότι τα ενήλικα Coccinellidae περνούν τον περισσότερο χρόνο τους χωρίς να εμφανίζουν κάποια δραστηριότητα. Είναι πιθανό να παραμένουν σε ακινησία επί πολλές ώρες, μέχρι να πεινάσουν, οπότε και αρχίζουν να ερευνούν για τη λεία. Είναι πιθανό κατά την αναζήτηση αυτή να ερευνήσουν επανειλημμένα ένα μέρος του φυτού που αποικίζεται από αφίδες και να μην εντοπίσουν ένα γειτονικό φύλλο που είναι παρασιτισμένο από αφίδες. Η συμπεριφορά των ενήλικων Coccinellidae κατά την έρευνα, είναι παρόμοια με αυτήν των προνυμφών. Οι διαφορές που υπάρχουν παρατηρούνται στους σχετικούς με κάθε στάδιο ρυθμούς σύλληψης της λείας και στη μετακίνηση. Η βραχυπρόθεσμη παρατήρηση των Coccinellidae δίνει την εντύπωση ότι η δράση τους είναι ανεπαρκής για να προκαλέσει κάποια σημαντική επίπτωση στους πληθυσμούς των αφίδων. Ο Holling (1963, 1966) βρήκε συσχέτιση μεταξύ του χρόνου που αφιερώνουν τα Coccinellidae σε ορισμένες ερευνητικές και μη δραστηριότητες και του βαθμού της πείνας τους. Ο Gilbert (1981) επίσης, βρήκε συσχέτιση μεταξύ των μετρούμενων χρόνων των διάφορων δραστηριοτήτων των αρπακτικών και του βαθμού της πείνας τους και του χρονικού διαστήματος που πέρασε από την τελευταία τους επαφή με αφίδα ή από την τελευταία κατανάλωση αφίδας. Επίσης, η ενεργητικότητα και η διάρκεια της έρευνας των Coccinellidae, επηρεάζονται σημαντικά από το βαθμό της πείνας τους. Από αυτές τις μελέτες και από νεώτερες (Mills 1982, Carter & Dixon 1982, Frazer & Gilbert 1976), φαίνεται ότι το χρονικό διάστημα μετά τη τελευταία επαφή με αφίδα, τροποποιεί την επίδραση που προκαλεί η πείνα στα αρπακτικά, εξαιτίας της ιδιότητας των Coccinellidae να αλλάζουν κατεύθυνση κατά την έρευνα.

2.3.2) Φυσικοί εχθροί

Ο Frazer (1988) αναφέρει ότι τα Coccinellidae υποφέρουν από τη δράση εντόμων ή άλλων ζώων που παρασιτούν σε αυτά ή τα θηρεύουν ή παρεμποδίζουν τις δραστηριότητές τους. Τα μυρμήγκια για παράδειγμα παρεμποδίζουν την προσέγγιση των αρπακτικών στις αποικίες των αφίδων. Επίσης, πολλά είδη εντόμων παρασιτούν στα Coccinellidae. Τρία γένη της τάξης των Διπτέρων, τα *Phalacrotophora* (Phoridae), *Degeeria* (Tachinidae), *Hyalomycodes* (Tachinidae) και πέντε γένη της τάξης των Υμενοπτέρων, τα *Perilitus* (Braconidae), *Centistes* (Braconidae), *Metastemus* (Pteromalidae), *Tetrastichus* (Eulophidae) και *Homalotylus* (Encyrtidae), περιλαμβάνουν είδη που παρασιτούν στα Coccinellidae.

2.3.3) Διατροφικές συνήθειες

Επιλογή τροφής. Τα Coccinellidae είναι συνήθως πολυφάγα είδη. Τρέφονται με έντομα της τάξης των Ομοπτέρων (συνήθως αφίδες). Επίσης μπορούν να τραφούν με νεαρές προνύμφες Κολεοπτέρων, Λεπιδοπτέρων και Υμενοπτέρων. Έχει βρεθεί ότι τα ενήλικα ενός είδους μπορούν να βρεθούν σε ένα φυτό και να συνυπάρχουν σε αυτό με τις προνύμφες τους ή τα αυγά τους (Hodek 1973). Συνήθως παρατηρείται ότι οι προνύμφες τρέφονται με το ίδιο είδος λείας που καταναλώνουν τα ενήλικα (Hodek 1973). Οι προνύμφες είναι λιγότερο ευκίνητες από τα ενήλικα και επιπλέον δεν μπορούν να διακρίνουν αν η τροφή είναι κατάλληλη ή όχι (Blackman 1967). Τα ενήλικα είναι αυτά που επιλέγουν το είδος της τροφής, καθώς είναι σε θέση να διακρίνουν τα έντομα που περιέχουν τοξικές ουσίες ή έχουν ανεπαρκή θρεπτική αξία. Όταν οι πυκνότητες των κατάλληλων θηραμάτων μειώνονται, παρατηρείται μείωση ή ακόμα και παύση της ωοπαραγωγής. Το αποτέλεσμα έλλειψης κατάλληλης τροφής, είναι ο θάνατος ενός μέρους των προνυμφών πριν την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους (Hodek 1973).

Σε περιπτώσεις έλλειψης της κατάλληλης τροφής (συνήθως αφίδες), τα ενήλικα Coccinellidae μπορούν να τραφούν με εναλλακτικές τροφές. Αυτές μπορούν να είναι άλλα είδη εντόμων ή ακόμα και φυτικής προέλευσης τροφές. Τα ενήλικα μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση αφίδων ή και να μην τραφούν καθόλου για ένα ορισμένο διάστημα.

Η πολυφαγία των Coccinellidae είναι αποτέλεσμα της ανάγκης τους να ικανοποιήσουν τις ενεργειακές απαιτήσεις τους με διαφορετικές πηγές αποδεκτών, αλλά ανεπαρκών ποσοτικά τροφών. Στην πραγματικότητα ορισμένα αρπακτικά Coccinellidae παρουσιάζουν εξειδίκευση ως προς τη βασική τους τροφή, που επιτρέπει την πλήρη ανάπτυξη και την ωοπαραγωγή τους (Hodek 1973).

Καννιβαλισμός. Σε ακραίες καταστάσεις, όταν τα Coccinellidae δεν μπορούν να βρουν κατάλληλη τροφή, μπορούν να επιτεθούν σε άτομα του ίδιου με αυτά είδους ή σε άτομα άλλων ειδών της οικογένειας. Συνήθως η επιθετικότητα αυτή έχει ως στόχο νεαρά ενήλικα άτομα που μόλις έχουν βγει από τη νύμφωση ή αυγά και προνύμφες. Η αρπακτικότητα μπορεί να παρατηρηθεί και μεταξύ των προνυμφών. Οι μεγαλύτερες σε ηλικία προνύμφες μπορούν να επιτεθούν σε νεαρότερες ή σε αυγά. Σε περιπτώσεις έλλειψης τροφής, ο καννιβαλισμός αποτελεί ένα προσαρμοστικό πλεονέκτημα, που επιτρέπει την επιβίωση του είδους.

2.3.4) Μετανάστευση.

Οι μεταβολές που παρατηρούνται στους πληθυσμούς των κολεοπτέρων εξηγούνται πολλές φορές με βάση την αναπαραγωγική τους συμπεριφορά και την τάση μετανάστευσης που παρουσιάζουν. Οι μεγάλοι πληθυσμοί των Coccinellidae, που παρατηρούνται πολλές φορές, οφείλονται στην ύπαρξη ευνοϊκών για την αναπαραγωγή συνθηκών (αφθονία αφίδων, ευνοϊκές καιρικές συνθήκες). Επειδή όμως όταν οι νεαροί απόγονοι εξέρχονται από τη νύμφωση, οι αφίδες ίσως έχουν εγκαταλείψει το περιβάλλον λόγω των εποχικών τους μεταναστεύσεων, είναι πολύ πιθανό να παρατηρηθεί ανταγωνισμός μεταξύ των Κολεοπτέρων. Η μετανάστευση των αφίδων είναι μέρος του ετήσιου βιολογικού κύκλου τους και αναγκάζει τα Coccinellidae να παρακολουθήσουν αυτή την εξέλιξη. Έτσι, λόγω της έντασης του ανταγωνισμού για την ανεπαρκή αριθμητικά λεία, αυξάνεται η κινητικότητα των Κολεοπτέρων. Το αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι η έναρξη των μαζικών πτήσεων των Κολεοπτέρων κατά τις ζεστές μέρες. Τα ρεύματα του αέρα στη συνέχεια παρασύρουν τα Κολεόπτερα σε μακρινές αποστάσεις. Η πορεία αυτών των γεγονότων ίσως αποτελεί την εξήγηση για τις μη περιοδικές εμφανίσεις των Coccinellidae στον αγρό. Είναι συνηθισμένο φαινόμενο να παρατηρείται περισσότερη διασπορά των ατόμων που ανήκουν σε πολυφάγα είδη, παρά σε αφιδοφάγα είδη που παρουσιάζουν εξειδίκευση ως προς την τροφή. Σε περιπτώσεις που η τροφή σπανίζει, τα έντομα

μετακινούνται σε γειτονικές καλλιέργειες, αναζητώντας αφίδες. Πτήσεις των Κολεοπτέρων Coccinellidae παρατηρούνται και στην περίπτωση που μεταναστεύουν κατευθυνόμενα προς τις θέσεις συνάθροισης για αναπαραγωγική διάπαυση ή για διαχείμαση.

Οι προνύμφες των Coccinellidae δεν είναι τόσο ευκίνητες όσο τα ενήλικα άτομα και έτσι δεν παρουσιάζουν τάση για μεταναστεύσεις.

2.4) Ο ρόλος των αρπακτικών κολεοπτέρων Coccinellidae στον περιορισμό των πληθυσμών αφίδων.

2.4.1) Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα των αρπακτικών Coccinellidae.

Ο Frazer (1988) αναφέρει ότι είναι αδύνατο να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα των αρπακτικών των αφίδων υπολογίζοντας τα στατικά χαρακτηριστικά των αρπακτικών και των αφίδων, επειδή η σχέση μεταξύ τους είναι δυναμική. Για να εκτιμηθεί η δυναμική των επιδράσεων της θερμοκρασίας στη δυναμική πληθυσμών των αφίδων και των Coccinellidae, χρησιμοποιούνται συνήθως τα βιολογικά μοντέλα. Οι Frazer & Gilbert (1976) θεωρούν ότι η μελέτη της αρπακτικότητας ολοκληρώνεται όταν οι προβλέψεις στις οποίες καταλήγει επιβεβαιώνονται με βάση τη δυναμική πληθυσμών που παρατηρείται στον αγρό. Για να συσχετιστούν αυτά τα στοιχεία, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν μοντέλα που θα περιλαμβάνουν τους ανεξάρτητα μεταξύ τους υπολογισμένους ρυθμούς θνησιμότητας και γεννήσεων απογόνων. Επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη και οι κύριοι παράγοντες που τροποποιούν αυτούς τους ρυθμούς. Οι τροποποιήσεις αυτές μπορούν να προκύψουν από τις επιδράσεις του ανταγωνισμού, της ποιότητας τροφής, του καθορισμού της μορφής και άλλων παραγόντων, που επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο κάθε φορά τις αφίδες. Επίσης, πρέπει να περιλαμβάνεται η λεπτομερής επίδραση των αρπακτικών στους πληθυσμούς αφίδων, έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν προβλέψεις για τη γονιμότητα, την ανάπτυξη και την επιβίωση των αρπακτικών ή θηραμάτων με βάση το ρυθμό θήρευσης.

Για να μελετηθεί η δυναμική πληθυσμών των Coccinellidae, είναι απαραίτητο να συνυπολογιστούν και οι σχέσεις μεταξύ των ενηλίκων και των προνυμφών. Οι Frazer et al. (1981a) βρήκαν ότι οι προνυμφικές απαιτήσεις των προνυμφών της οικ.

Coccinellidae για αφίδες και ο καννιβαλισμός μεταξύ των ατόμων, περιορίζουν την επιβίωση των ενηλίκων κατά 30% το πολύ, κάτω από βέλτιστες συνθήκες. Είναι γνωστό ότι υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ ενηλίκων και προνυμφών για τη λεία. Έτσι, αν παρατηρείται υψηλός ρυθμός θήρευσης από τα ενήλικα άτομα, ο ρυθμός επιβίωσης των προνυμφών μειώνεται. Επίσης, αν ο αριθμός ενηλίκων είναι χαμηλός, το αποτέλεσμα θα είναι η μειωμένη εκμετάλλευση των αφίδων και τελικά η παραγωγή μικρότερου αριθμού ενηλίκων στη δεύτερη γενιά, συγκριτικά με αυτόν που θα επέτρεπε να παραχθεί το μέγεθος πληθυσμού των αφίδων. Ο Frazer (1988) αναφέρει ότι τον πρώτο χρόνο, οι αριθμοί των ενηλίκων Coccinellidae αυξάνονται τόσο στον αγρό, ώστε οι αριθμοί των αφίδων να μειώνονται σημαντικά. Το αποτέλεσμα της μείωσης πληθυσμών αφίδων, είναι η ανεπάρκεια τροφής για τον πληθυσμό των Coccinellidae που έχει ως συνέπεια τη μείωση των γεννήσεων απογόνων της επόμενης γενιάς. Γενικά, τα περισσότερα έτη τα Coccinellidae εκμεταλλεύονται τους πληθυσμούς αφίδων σε σημαντικό βαθμό. Έτσι, παρατηρείται ότι οι πυκνότητες αφίδων στον αγρό είναι συχνά χαμηλές και ιδιαίτερα όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, που ευνοούν την αναπαραγωγή των Coccinellidae. Με προσομοίωση της αύξησης πληθυσμών, αναμένεται ότι ο δυναμικός ρυθμός αύξησης πληθυσμού και η πυκνότητα αφίδων, θα είχαν πολύ μεγαλύτερες τιμές αν δεν παρατηρούταν η αρπακτικότητα των Coccinellidae.

Επειδή όμως τα Coccinellidae δεν επηρεάζονται μόνο από τις μεταβολές πληθυσμών των αφίδων στον αγρό, φαίνεται ότι δεν μπορούν μόνο τους να περιορίσουν τους πληθυσμούς αφίδων για μεγάλο χρονικό διάστημα σε χαμηλά επίπεδα.

Η αποτελεσματικότητα των αρπακτικών καθορίζεται από ορισμένους παράγοντες. Αυτοί είναι ο αριθμός των αρπακτικών Coccinellidae, η αδηφαγία και η ικανότητά τους να ερευνούν και η θερμοκρασία. Η αδηφαγία μπορεί να είναι περιοριστικός παράγοντας στην κατανάλωση αφίδων, όταν οι πυκνότητές τους είναι υψηλές και οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές. Σε χαμηλές πυκνότητες η κατανάλωση περιορίζεται από την ικανότητα έρευνας των αρπακτικών. Το εύρος πυκνοτήτων, μέσα στο οποίο τα Coccinellidae μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τους πληθυσμούς αφίδων, είναι μεγάλο κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων και μικρό, σε βραχεία χρονικά διαστήματα. Επίσης, οι σχέσεις μεταξύ των αφίδων και των ξενιστών τους καθορίζουν το εύρος χρόνου κατά το οποίο αυτές αποικίζουν τα φυτά

και επομένως, το διάστημα στο οποίο τα αρπακτικά μπορούν να δράσουν. (Dixon 1966, Whitham 1978, Barlow & Dixon 1980).

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που καθορίζει πολύ συχνά την αποτελεσματικότητα των Coccinellidae είναι η θερμοκρασία, καθώς επηρεάζει την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή και την επιβίωσή τους. Οι διαφορές μεταξύ των ουδών ανάπτυξης των αφίδων και των αρπακτικών, έχουν ως αποτέλεσμα την πρωιμότερη δραστηριοποίηση των αφίδων στον αγρό και την αύξηση των πληθυσμών τους, πριν τη δραστηριοποίηση των Coccinellidae. Ο Dunn (1952) απέδειξε ότι υπάρχει μια τιμή θερμοκρασίας στην οποία ο ρυθμός αύξησης πληθυσμού των αφίδων βρίσκεται σε ισορροπία με το ρυθμό κατανάλωσης αφίδων των Coccinellidae. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, που παρατηρούνται στον αγρό προς τα τέλη της άνοιξης, τα Coccinellidae καταναλώνουν σημαντικούς αριθμούς αφίδων, μειώνοντας τους πληθυσμούς τους (Frazer & Gilbert 1976, Mack & Smilowitz 1982).

Η μορφολογία του φυτού που αποικίζεται από αφίδες, επηρεάζει την αποτελεσματικότητα των αρπακτικών. Τα Coccinellidae ακολουθούν επιλεκτικά τα νεύρα των φύλλων (Dixon 1970) και μειώνουν έτσι το χρόνο έρευνας σε μέρη του φυτού όπου είναι απίθανο να υπάρχουν αφίδες. Αυτό ίσως σημαίνει ότι επιλέγονται φυτά που επιτρέπουν στα αρπακτικά να εκμεταλλεύονται το χώρο, όταν ερευνούν για τη λεία τους. Όταν η γωνία μεταξύ του ελάσματος και του μίσχου του φύλλου είναι οξεία, πολλά είδη της οικ. Coccinellidae ερευνούν επανειλημμένα την περίμετρο του φύλλου, χωρίς να βρίσκουν το μίσχο. Έτσι, αυτοπαγιδεύονται, εξαιτίας της συμπεριφοράς τους κατά την έρευνα (Frazer et al. 1981b). Επομένως, αναμένεται ότι τα φυτά που έχουν προεξέχοντα νεύρα ή που έχουν λίγα, αλλά κύρια νεύρα, θα συγκεντρώνουν τις αφίδες και επομένως θα τις καθιστούν προσπελάσιμες στα αρπακτικά.

Η αποτελεσματικότητα των αρπακτικών καθορίζεται και από ερεθίσματα του περιβάλλοντός τους. Έχει παρατηρηθεί ότι τα Coccinellidae ανταποκρίνονται στα ερεθίσματα που προκαλούν οι φερομόνες συναγερμού των αφίδων (Stubbs 1980) και οι οσμές της λείας (Hagen & Hale 1974). Οι οσμές της λείας έχουν την ιδιότητα να προσελκύουν τους φυσικούς εχθρούς, όταν οι πυκνότητες αφίδων είναι χαμηλές. Ο Marks (1977) υπέθεσε ότι τα Coccinellidae εκκρίνουν φερομόνη που τους επιτρέπει να σημαδεύουν κάποια φυτά και να τα εντοπίζουν αργότερα. Επίσης, ο Stubbs (1980) βρήκε ότι τα Coccinellidae έχουν την ικανότητα να αντιλαμβάνονται οπτικά τη λεία του.

2.4.2) Λειτουργική απόκριση των Coccinellidae στις μεταβολές πληθυσμών των αφίδων

Η ιδιότητα των Coccinellidae να είναι παράγοντες βιολογικής καταπολέμησης επιζήμιων για τα φυτά εντόμων, επηρεάζεται από ορισμένους παράγοντες. Ένας από αυτούς είναι η λειτουργική απόκριση (functional response). Αυτή ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού ατόμων που θηρεύονται ανά αρπακτικό άτομο και εκφράζεται σε συνάρτηση με την πυκνότητα του θηράματος (Solomon 1949, Holling 1959). Ο αριθμός ατόμων του θηράματος που καταναλώνονται από το θηρευτή επηρεάζει ισχυρά την ανάπτυξη, την επιβίωση και την αναπαραγωγή του (Oaten & Murdoch 1975). Οι καμπύλες λειτουργικής απόκρισης χρησιμοποιούνται για να εξαχθούν συμπεράσματα για τους βασικούς μηχανισμούς που αποτελούν τη βάση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ θηρευτή και θηράματος. Οι μηχανισμοί αυτοί αποσαφηνίζουν τις σχέσεις συνεξέλιξης μεταξύ των ειδών και χρησιμεύουν σε προγράμματα βιολογικής καταπολέμησης σύμφωνα με τους Houck & Strauss (1985).

Έχουν περιγραφεί 4 τύποι καμπύλων λειτουργικής απόκρισης του θηρευτή σε συνάρτηση με την πυκνότητα του θηράματος, ενώ ο Holling (1959) ανέφερε δύο τύπους. Ο πρώτος τύπος εκφράζει την αύξηση της λειτουργικής απόκρισης με γραμμικό τρόπο. Ο δεύτερος δείχνει μια επιβραδυνόμενη αύξηση που καταλήγει σε ένα επίπεδο που δείχνει μια φάση στασιμότητας. Ο τρίτος τύπος λειτουργικής απόκρισης παριστάνεται γραφικά από μια σιγμοειδή καμπύλη. Ο τέταρτος τύπος λειτουργικής απόκρισης εκφράζεται από μια θολοειδή καμπύλη.

Πολλά αρπακτικά αρθρόποδα παρουσιάζουν λειτουργική απόκριση του δεύτερου τύπου. Χαρακτηριστικό αυτού του τύπου είναι ότι ο ρυθμός θήρευσης επηρεάζεται μόνο από το χρόνο που απαιτείται για να συλλάβει, να καταναλώσει και να αφομοιώσει τη λεία του ο θηρευτής. Αυτός ο τύπος εκφράζεται μαθηματικά από την εξίσωση του Holling (1959): $N_a = \alpha * T * N * (1 + \alpha * T_h * N)$. Σε αυτήν τη σχέση, N_a είναι ο αρχικός αριθμός ατόμων του θηράματος που συλλαμβάνονται από το θηρευτή που ψάχνει τη λεία του σε μια καθορισμένη έκταση. Ο όρος T εκφράζει το χρονικό διάστημα που το θήραμα εκτίθεται στο θηρευτή. Ο όρος N εκφράζει την πυκνότητα του θηράματος, ο όρος α το ρυθμό επιτυχούς αναζήτησης λείας από το θηρευτή και ο όρος T_h το χρόνο που απαιτείται για το χειρισμό του κάθε θηράματος από τον θηρευτή.

Η παράμετρος a καθορίζεται από ορισμένους παράγοντες. Αυτοί είναι: 1) ο ρυθμός μετακίνησης τόσο του θηρευτή, όσο και του θηράματος και συγκεκριμένα η ταχύτητα καταδίωξης του θηρευτή και η ταχύτητα διαφυγής της λείας, 2) ο ρυθμός επιτυχημένης σύλληψης της λείας, από τη στιγμή που αυτή θα εντοπιστεί, 3) η απόσταση μέσα στην οποία ο θηρευτής μπορεί να εντοπίσει τη λεία του, 4) η αντίδραση του θηράματος που εκφράζεται με τη διαφυγή του (Houck & Strauss 1985). Ο μέγιστος αριθμός επιθέσεων του θηρευτή προσδιορίζεται από μια ανώτατη ασυμπτωτική καμπύλη που καθορίζεται από το λόγο T/Th . Καθώς ο ρυθμός σύλληψης του θηράματος αυξάνεται λόγω της αυξανόμενης του πληθυσμιακής πυκνότητας, ο θηρευτής καταναλώνει μεγαλύτερο μέρος του χρόνου του στη μεταχείριση της λείας. Έτσι, καταναλώνει μικρότερο μέρος του χρόνου του για την αναζήτηση της λείας (Hassell 1978, Houck & Strauss 1985).

Ένα μέτρο της ικανότητας αναζήτησης της λείας από το θηρευτή, αποτελεί ο λόγος μεταξύ του αριθμού ατόμων θηράματος που υφίστανται επίθεση και της πυκνότητας του θηράματος (Beddington 1975, Hassell 1978, O'Neil 1989). Η ικανότητα αυτή εκφράζεται μαθηματικά από την εξίσωση $E=Na/ N$. Σε αυτήν, ο όρος E εκφράζει την ικανότητα αναζήτησης του θηρευτή, ο όρος Na το ρυθμό θήρευσης ανά άτομο θηρευτή και ο N τον αριθμό ατόμων του θηράματος σε μια συγκεκριμένη έκταση (πληθυσμιακή πυκνότητα).

Από πολλές μελέτες που έχουν γίνει (Luck & al. 1988, O'Neil 1989, Wiedemann & O'Neil 1991), έχουν παρατηρηθεί σημαντικές διαφορές μεταξύ των εργαστηριακών και των πειραμάτων αγρού. Αυτές οι διαφορές αποτελούν το πιθανότερο αίτιο των δυσκολιών που αντιμετωπίζονται, όταν επιχειρείται η εφαρμογή των αποτελεσμάτων από εργαστηριακές μελέτες, σε συνθήκες αγρού, για να σχεδιαστούν προγράμματα βιολογικής καταπολέμησης. Ο O'Neil (1989) συμπέρανε ότι μια από τις κύριες διαφορές μεταξύ των μελετών στον αγρό και των εργαστηριακών μελετών, είναι αυτή μεταξύ των επιφανειών που πρέπει να ερευνηθούν οι θηρευτές σε καθένα από τα δυο διαφορετικά περιβάλλοντα, προκειμένου να βρουν τη λεία τους.

2.5) Το είδος *Coccinella septempunctata* L.

Το αρπακτικό κολεόπτερο *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) θεωρείται ιθαγενές είδος της Παλαιαρκτικής ζώνης. Παρατηρείται

στην Ευρώπη, την Αφρική, την Αμερική, όπου εισήχθηκε και εγκαταστάθηκε και στην Ελλάδα. Κατατάσσεται στην υπεροικογένεια Cucujoidea της τάξης των Κολεοπτέρων (Heie 1980).



Εικόνα 2. Ενήλικο άτομο του είδους *Coccinella septempunctata* (Hoffmann & Frodsham 1993) (Κλίμακα 1:6.10⁻²).

Μορφολογία. Χαρακτηρίζεται από τα πορτοκαλί ως κόκκινα έλυτρα του, τα οποία φέρουν εφτά μαύρα στίγματα, κατά το πρότυπο σχέδιο 1-4-2. Σε κάθε έλυτρο υπάρχουν τρία στίγματα και το έβδομο στίγμα βρίσκεται πίσω από τη μέση του προθώρακα Η κεφαλή και ο θώρακάς του έχουν μαύρο χρώμα. Σε κάθε πλευρά της κεφαλής υπάρχει μια λευκή ή ωχρή κηλίδα. Το κοιλιακό μέρος και τα πόδια του εντόμου είναι μαύρα. Τα θηλυκά άτομα διακρίνονται μορφολογικά από τα αρσενικά από το μεγαλύτερό τους μέγεθος και από το τελευταίο κοιλιακό τους τμήμα. Στα θηλυκά άτομα αυτό είναι επίπεδο, ενώ στα αρσενικά των Ελληνικών πληθυσμών εξογκωμένο. Το μέγεθος του σώματος συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 5,99mm στους 14°C και 6,12mm στους 23°C και το πλάτος του μεταξύ 4,07mm στους 14°C και 4,3mm στους 23°C (Κατσαρού 2001). Οι προνύμφες του είδους έχουν σκούρο καστανό χρώμα και μακρύ σώμα που φτάνει τα 7-8 mm σε μήκος στο 4^ο στάδιο και τρία ζεύγη ποδιών. Οι νύμφες έχουν συνήθως σκούρο καστανό χρώμα, αλλά σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής υγρασίας, αποκτούν ανοιχτή πορτοκαλί απόχρωση (Hodek 1973). Τα αυγά είναι μακρά, ελλειπτικά με μήκος περίπου 1mm και κίτρινο χρώμα.

Προνυμφική ανάπτυξη. Κατά τη διάρκεια της ζωής του εντόμου, παρατηρούνται 4 προνυμφικά στάδια, στη συνέχεια το στάδιο της νύμφης και τελικά το στάδιο του ενήλικου εντόμου. Η Κατσαρού (2001) βρήκε ότι η διάρκεια των

σταδίων από το αυγό ως την έξοδο του τελείου κυμαίνεται από 70,4 μέρες στους 14°C, ως 22,1 μέρες στους 23°C.

Εύρος θηραμάτων. Το είδος *C. septempunctata* θεωρείται πολυφάγο. Τρέφεται με είδη αφίδων που προσβάλλουν τα ψυχανθή [*Aphis craccivora* (Koch), *Acyrtosiphon pisum* (Harris), *Aphis fabae* (Scopoli), *Megoura viciae* (Buckton)], τα σιτηρά [*Uromelan aeneus* (Mordvilko), *Rhopalosiphum padi* L.] το βαμβάκι [*Aphis gossypii* (Glover)], τον καπνό και τη ροδακινιά [*Myzus persicae* (Sulzer)], τα πυρηνόκαρπα [*Hyalopterus pruni* (Geoffroy)], τα λάχανα [*Brevicoryne brassicae* L.] και άλλα είδη αφίδων, όπως τα *Aphis urticae* (Gmelin), *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach), *Longiunguis donacis*, *Macrosiphoniella artemisiae* (Boyer de Fonscolombe). Συναντάται και σε αυτοφυή είδη. Επίσης, τρέφεται και με είδη των οικ. Coccidae και Thripidae (Riudavets & Castané 1998).

Βιολογία. Στην Ελλάδα, ο βιολογικός κύκλος του είδους περιλαμβάνει κατά τον Kaysoyannos (1976) την περίοδο από τα τέλη Μαρτίου ως τον Ιούλιο, κατά την οποία παρατηρείται δραστηριότητα και αναπαραγωγή των κολεοπτέρων, την περίοδο θερινής αναπαραγωγικής διάπαυσης από τον Ιούλιο ως τον Αύγουστο, την περίοδο διακοπής της διάπαυσης και επανεμφάνισης του είδους στον αγρό από το Σεπτέμβριο ως το Νοέμβριο και την περίοδο διαχείμασης από το Νοέμβριο ως τα τέλη Φεβρουαρίου ή τις αρχές Μαρτίου.

Τα ενήλικα που εξέρχονται από τη διαχείμαση, εμφανίζονται στις πεδινές περιοχές από τα τέλη Μαρτίου ως τις αρχές Απριλίου. Τρέφονται και αναπαράγονται και γεννούν τα πρώτα αυγά κατά το δεύτερο μισό Απριλίου. Οι πληθυσμοί του είδους παρουσιάζουν παραλλακτικότητα ως προς τον αριθμό γενιών, δίνοντας μια ή περισσότερες γενιές απογόνων το έτος (Hodek 1986). Στην Ελλάδα παρατηρήθηκε ότι το είδος δίνει τέσσερις γενιές απογόνων το έτος, με την πρώτη να παρατηρείται στον αγρό κατά το δεύτερο ή τρίτο δεκαήμερο Μαΐου, τη δεύτερη κατά τα τέλη Ιουνίου ως τις αρχές Ιουλίου, την τρίτη από τα τέλη Ιουλίου ως αρχές Αυγούστου και την τέταρτη από τις αρχές Σεπτεμβρίου ως τα τέλη του ίδιου μήνα ή το αργότερο ως το τρίτο δεκαήμερο Οκτωβρίου (Katsoyannos et al. 1997).

Κατά τα τέλη Ιουνίου παρατηρείται μετανάστευση ενός σημαντικού μέρους των ενηλίκων προς τις κοντινές ορεινές περιοχές, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται στα πεδινά σημαντικά μικρότεροι πληθυσμοί του είδους. Από το τρίτο δεκαήμερο Ιουλίου ως το τρίτο δεκαήμερο Αυγούστου, ένα ποσοστό 20-30% των θηλυκών της πρώτης γενιάς απογόνων παρουσιάζει ανάσχεση ανάπτυξης ωοθηκών, διακοπή της

αναπαραγωγής και συνάθροιση σε ομάδες των 13-60 ατόμων. Εισέρχεται δηλαδή σε θερινή αναπαραγωγική διάπαυση, σύμφωνα με τους Katsoyannos et al. (1997). Με τον τρόπο αυτό, τα ενήλικα αποφεύγουν τις περιόδους που παρατηρείται έλλειψη αφίδων. Την ίδια περίοδο οι Katsoyannos et al. (1997) παρατήρησαν τη συσσώρευση αποθεμάτων λιπώδους ιστού στα ενήλικα και παρατεταμένη περίοδο προωτοκίας στα θηλυκά, η οποία κυμαινόταν μεταξύ 90 ημερών στις αρχές Ιουλίου και 82 ημερών στις αρχές Αυγούστου. Τα θηλυκά της δεύτερης γενιάς εκδηλώνουν σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50% διάπαυση. Τα θηλυκά της τρίτης γενιάς εκδηλώνουν διάπαυση σε ποσοστό μεγαλύτερο των ατόμων της δεύτερης και παρουσιάζουν καθυστερημένη έναρξη αναπαραγωγής. Τα θηλυκά της τέταρτης γενιάς δεν εισέρχονται σε διάπαυση, καθώς εμφανίζονται στον αγρό μετά το τέλος της περιόδου διάπαυσης των προηγούμενων γενιών. Η αναπαραγωγή των ενηλίκων και των τεσσάρων γενιών συνεχίζεται ως το δεύτερο δεκαήμερο Οκτωβρίου ή ως τις αρχές Νοεμβρίου το αργότερο. Η συνολική ωοπαραγωγή των θηλυκών της τρίτης και περισσότερο της τέταρτης γενιάς είναι πολύ χαμηλότερη από τις αντίστοιχες της δεύτερης και πολύ περισσότερο της πρώτης γενιάς. Το φαινόμενο αποδίδεται από τους Katsoyannos et al. (1997) στον περιορισμένο διαθέσιμο χρόνο για διατροφή και στις συνθήκες του περιβάλλοντος την εποχή του φθινοπώρου, με μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες χαμηλότερες των 15°C και διάρκεια φωτοπεριόδου μικρότερη από 11,5 ώρες. Την ίδια περίοδο, παρατηρείται συσσώρευση λιπώδους ιστού στο σώμα των κολεοπτέρων, καθώς τα έντομα προετοιμάζονται για είσοδο σε διάπαυση. Από το Νοέμβριο ως τα τέλη Μαρτίου ή τις αρχές Απριλίου, τα άτομα του είδους *C. septempunctata* διαχειμάζουν σε προφυλαγμένες θέσεις, παρουσιάζουν αυξημένα αποθέματα λιπώδους ιστού και τα θηλυκά παρουσιάζουν επιπλέον ανάσχεση ανάπτυξης και ανωριμότητα των ωοθηκών (Katsoyannos et al. 1997).

2.6) Το είδος *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville)

Προέλευση και ταξινόμηση. Το αρπακτικό *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) κατατάσσεται στην υπεροικογένεια Cucujoidea, της τάξης Coleoptera (Heie 1980). Θεωρείται ιθαγενές είδος της νεαρκτικής περιοχής και συναντάται συχνά στις περιοχές των Η.Π.Α. και του Καναδά. Επίσης, παρατηρείται στην Ευρώπη και στην Ελλάδα.

Μορφολογία. Το είδος έχει χαρακτηριστικά επιμήκη, κιτρινοκόκκινα έλυτρα με 12 μαύρα στίγματα. Σε κάθε έλυτρο μπορούν να υπάρχουν έξι ή λιγότερα στίγματα. Τα πόδια και η κοιλιά του εντόμου έχουν μαύρο χρώμα. Στο μαύρο πρόνωτο παρατηρούνται δύο συγκλίνουσες άσπρες ως κίτρινες γραμμές (εικόνα 5Α). Το πλάτος του εντόμου κυμαίνεται από 2,7 mm στους 14°C ως 2,8 mm στους 23°C και το μήκος του μεταξύ 4 και 4,5 mm για τις ίδιες θερμοκρασίες (Κατσαρού 2001). Οι προνύμφες είναι σκούρου χρώματος, μακρές, με τρία ζεύγη ποδιών και φέρουν πορτοκαλί στίγματα (εικόνα 5B). Τα αυγά είναι κίτρινα και επιμήκη (εικόνα 5Γ). Οι νύμφες έχουν καστανό χρώμα συνήθως, αλλά σε συνθήκες χαμηλής σχετικής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας, αποκτούν πορτοκαλί απόχρωση (Hodek 1973).



Εικόνα 3. Ενήλικο άτομο (Α), Προνύμφη (Β) και αυγά (Γ) του είδους *Hippodamia convergens* [(Α) Hoffmann&Frodsham (1993) (Β, Γ)]

Βιολογία. Το είδος παρουσιάζει υψηλή προνυμφική θνησιμότητα και μειωμένη επιβίωση στους 14°C και γενικά σε θερμοκρασίες κοντά στην ουδό ανάπτυξης (12-12,5°C). Η διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης κυμαίνεται μεταξύ 57,2 ημερών στους 14°C και 16,9 ημερών στους 23°C (Κατσαρού 2001).

Διατροφικές συνήθειες. Το είδος είναι πολυφάγο αλλά επιδεικνύει προτίμηση προς τις αφίδες. Συναντάται σε καλλιέργειες καπνού, όπου και τρέφεται με το είδος αφίδων *Myzus persicae* (Sulzer) που τις προσβάλλει. Επίσης, τρέφεται με αφίδες των εσπεριδοειδών [*Aphis spiraecola* (Patch)], των ψυχανθών [*Aphis fabae* (Scopoli), *Acyrtosiphon pisum* (Harris)], της μηδικής [*Therioaphis maculata* (Buckton)], του

βαμβακιού [*Aphis gossypii* (Glover)] και άλλων καλλιεργειών, όπως του πεπονιού, του λάχανου και της ροδακινιάς. Τρέφεται επίσης με αφίδες που προσβάλλουν αυτοφυή είδη.

Βιολογικός κύκλος. Ο Hagen (1962) αναφέρει ότι όταν οι θερμοκρασίες αέρα στη Β. Καλιφόρνια υπερβούν την ουδό ανάπτυξης του είδους *H. convergens* (12-12,5°C) και τους 14°C την άνοιξη, τα ενήλικα του είδους αρχίζουν να εξέρχονται από τη διαχείμαση. Πετούν κατακόρυφα αρχικά, ώσπου να συναντήσουν ρεύματα αέρα. Κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν η θερμοκρασία αέρα πέφτει τα κολεόπτερα αναγκάζονται να προσγειωθούν. Στις θέσεις προσγείωσης τα έντομα αρχίζουν να τρέφονται και να αναπαράγονται. Οι απόγονοι των εντόμων που διαχείμασαν, εμφανίζονται στον αγρό κατά τις αρχές Μαΐου. Αν δεν υπάρχουν ικανοποιητικοί πληθυσμοί αφίδων κοντά στους τόπους εξόδου από τη νύμφωση, μεταναστεύουν, αναζητώντας περιοχές με μεγαλύτερους πληθυσμούς αφίδων. Ο Hagen (1962) θεωρεί ότι η μετανάστευση αρχίζει το πρωί, όταν τα έντομα απογειώνονται κάτω από ήρεμες συνθήκες. Στη συνέχεια, υποβοηθούμενα από ανοδικά ρεύματα, τα κολεόπτερα πετούν κατακόρυφα και ανοδικά, μέχρι το επίπεδο της ατμόσφαιρας στο οποίο η τιμή θερμοκρασίας επιτρέπει την πτήση. Η πτήση των εντόμων παρεμποδίζεται σε θερμοκρασίες 11-13°C και ξαναρχίζει σε επίπεδο της ατμόσφαιρας που βρίσκεται 300m περίπου χαμηλότερα από το προηγούμενο και έχει θερμοκρασία μεταξύ 13 και 18°C. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι τα έντομα να φτάσουν σε νέες καλλιέργειες, κατά τη διάρκεια του Μαΐου και ως τον Ιούνιο. Αν κοντά στις θέσεις προσγείωσης υπάρχουν πληθυσμοί αφίδων, τα κολεόπτερα αναπαράγονται και γεννούν τα αυγά τους κοντά στις αποικίες των αφίδων. Αν δε βρουν επαρκείς ποσότητες αφίδων, τρέφονται με δευτερεύουσες τροφές, δημιουργώντας αποθέματα λιπώδους ιστού. Τα θηλυκά του είδους που δίνουν μία γενιά απογόνων το έτος, εισέρχονται εναλλακτικά σε θερινή διάπαυση, που προκαλείται κυρίως από τη διατροφή με δευτερεύουσες τροφές, όταν οι αφίδες σπανίζουν και δευτερευόντως από τη μικρή διάρκεια φωτοπεριόδου. Ο Hagen (1962) παρατήρησε ότι ένα ποσοστό 10-20% των θηλυκών εισέρχονται σε διάπαυση, ακόμα και αν οι συνθήκες διατροφής είναι οι βέλτιστες και ότι το μεγαλύτερο μέρος των θηλυκών του είδους δίνει συνήθως μια γενιά απογόνων το έτος. Σε αρδευόμενες καλλιέργειες που αποικίζονται από αφίδες ως το τέλος του καλοκαιριού ή τις αρχές φθινοπώρου μπορεί να παρατηρηθεί γέννηση περισσότερων από μία γενιών απογόνων. Οι Wells & McPherson (1999) αναφέρουν ότι το είδος *H. convergens* είναι αυτό που αφθονεί στις

καλλιέργειες καπνού στις Η.Π.Α. Οι πληθυσμοί του είδους παρουσιάζουν μέγιστες τιμές κατά το τρίτο δεκαήμερο του Μαΐου ως τις αρχές Ιουνίου και παραμένουν σε υψηλά επίπεδα για όλη την υπόλοιπη καλλιεργητική περίοδο. Χαρακτηριστικό του είδους είναι η ικανότητά του να αναπαράγεται όταν οι πληθυσμοί των αφίδων είναι ακόμη σε χαμηλά επίπεδα, στα πρώιμα στάδια των προσβολών των φυτών. Οι Nogowi & Semtner (1990) αναφέρουν ότι το είδος *H. convergens* είναι ικανό να ελαττώνει τους πληθυσμούς των αφίδων κατά τη διάρκεια των πρώτων 40 ημερών από την εγκατάστασή τους στα φυτά. Οι Wells & McPherson (1999) παρατήρησαν στενή συσχέτιση των πληθυσμών του είδους *H. convergens* και των πληθυσμών των αφίδων του καπνού και συμπέραναν ότι το είδος είναι ικανό να συγχρονίζεται με τους πληθυσμούς αφίδων. Οι Hagen & van den Bosch (1968) θεώρησαν ότι ο συγχρονισμός του αρπακτικού με τη λεία του είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματικότητά του. Οι ίδιοι ερευνητές παρατήρησαν ότι οι προνύμφες του είδους καταναλώνουν λιγότερες αφίδες από τα ενήλικα άτομα για μια δεδομένη πυκνότητα αφίδων. Υπέθεσαν έτσι ότι τα ενήλικα άτομα είναι πιο αποτελεσματικά από τις προνύμφες στον περιορισμό των πληθυσμών αφίδων, όταν αυτοί είναι υψηλοί και είναι πιθανό ότι το αρπακτικό περιορίζεται μόνο από το χρόνο κατά το χειρισμό της λείας. Από την άλλη μεριά όμως, οι προνύμφες του είδους παρουσιάζουν μεγαλύτερη ικανότητα έρευνας και επομένως είναι μάλλον αποτελεσματικότεροι θηρευτές, όταν οι πληθυσμοί των αφίδων του καπνού είναι μικροί.

Η περίοδος της διάπαυσης διαρκεί συνήθως ως τον Οκτώβριο στην Καλιφόρνια, οπότε η έναρξη των βροχών προκαλεί την έξοδο των εντόμων από αυτό το στάδιο (Hagen 1962). Η υγρασία και η ένταση του φωτός θεωρούνται ως οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα κολεόπτερα στην επιλογή των θέσεων συνάθροισης. Αρχικά, η συνάθροιση των ατόμων του είδους *H. convergens* παρατηρείται σε δέντρα και θάμνους κοντά σε χείμαρρους και αργότερα παρατηρείται μετακίνηση και συνάθροιση μεγαλύτερων αριθμών εντόμων κοντά στις όχθες των χειμάρρων, σε ανοιχτές περιοχές. Ο Hodson (1937) βρήκε ότι τα άτομα του είδους προτιμούν περιοχές με ποσοστό υγρασίας 20%. Ο Hagen (1962) θεωρεί ότι το είδος *H. convergens* πίνει νερό προκειμένου να διατηρεί ένα σταθερό ποσοστό υγρασίας στο σώμα του. Κατά την έναρξη της χειμερινής περιόδου, παρατηρείται μεγάλη συνάθροιση εντόμων στις θέσεις διαχείμασης. Στις θέσεις αυτές σχηματίζονται μεγάλες αποικίες από πολλά, μικρά αθροίσματα εντόμων. Οι αποικίες

σχηματίζονται σε προστατευμένες, απάνεμες θέσεις. Στις θέσεις διαχείμασης τα έντομα παραμένουν ως την επόμενη άνοιξη.

2.7) ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΑΡΠΑΚΤΙΚΩΝ ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΩΝ ΤΗΣ ΟΙΚ. Coccinellidae ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΦΙΔΑΣ *Myzus persicae*.

Η δημογραφική μελέτη των αρπακτικών κολεοπτέρων της οικογένειας Coccinellidae και της αφίδας *M. persicae* στοχεύει στην ποσοτική ανάλυση χαρακτηριστικών των πληθυσμών τους. Από τις πληροφορίες που λαμβάνονται, μπορεί να γίνει εκτίμηση των μεταβολών των πληθυσμών τους, με τη χρησιμοποίηση των δημογραφικών παραμέτρων που προκύπτουν από τη σύνταξη και την ανάλυση των πινάκων ζωής.

Ένας πίνακας ζωής είναι στην ουσία ένα πρόγραμμα γεννήσεων και θανάτων ενός είδους, που προκαλούνται από διάφορους παράγοντες. Στο εργαστήριο μπορεί να γίνει μελέτη των ρυθμών γέννησης και θανάτου υπό ελεγχόμενες συνθήκες διατροφής, φωτοπεριόδου, θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Οι βιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν τους προαναφερθέντες ρυθμούς συνήθως δε λαμβάνονται υπ' όψη. Στον αγρό αντίθετα, οι συνθήκες δεν είναι ελεγχόμενες. Σε αυτήν την περίπτωση, οι πίνακες ζωής λαμβάνουν υπ' όψη κάθε πιθανή αιτία θανάτου, συμπεριλαμβανομένων και των βιοτικών παραγόντων.

Στον πίνακα ζωής καταγράφονται στοιχεία που αφορούν τις γεννήσεις και τους θανάτους του είδους. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων για τα έντομα είναι συνήθως 24 ώρες. Καταγράφεται σε τακτικά διαστήματα ο αριθμός των ατόμων του εξεταζόμενου δείγματος που επιβιώνουν ύστερα από το διάστημα μεταξύ της ημέρας $x-1$ και x . Ο λόγος του αριθμού αυτού προς τον αρχικό πληθυσμό ατόμων ονομάζεται γινόμενο θνησιμότητας και συμβολίζεται ως I_x . Για τον υπολογισμό της αρχικής τιμής του I_x για το ενήλικο στάδιο της ζωής ενός είδους εντόμου, χρησιμοποιείται ο λόγος του αριθμού ατόμων του εξεταζόμενου δείγματος που φτάνουν ως την ενηλικίωση προς τον αρχικό αριθμό αυγών του δείγματος. Για τα ίδια χρονικά διαστήματα, καταγράφεται ο μέσος αριθμός θηλυκών απογόνων, που συμβολίζεται ως m_x . Η παράμετρος αυτή προκύπτει από τη διαίρεση του συνολικού αριθμού θηλυκών απογόνων του δείγματος ανά ημέρα, με τον αριθμό θηλυκών ατόμων του δείγματος που επιζεί ως την ημέρα αυτή. Για να βρούμε τον αριθμό

θηλυκών απογόνων που γεννιούνται ανά ημέρα, πολλαπλασιάζουμε το μέσο αριθμό αυγών του δείγματος κάθε ημέρας με την αναλογία φύλου των θηλυκών ατόμων στο δείγμα. Η αναλογία αυτή προκύπτει από καταγραφή του αριθμού θηλυκών ενηλίκων που θα προκύψουν από την εκκόλαψη ενός τυχαίου δείγματος αυγών του αρχικού πληθυσμού (στην περίπτωση των Coccinellidae) ή από την καταμέτρηση των θηλυκών απογόνων των παρθενογενετικών θηλυκών του είδους *M. persicae*. Με βάση τα στοιχεία του πίνακα, μπορούν να εκτιμηθούν και άλλες δημογραφικές παράμετροι. Μια τέτοια παράμετρος είναι ο καθαρός αναπαραγωγικός ρυθμός ανά θηλυκό άτομο (R_0), που εκφράζεται από την εξίσωση $R_0 = \sum(lx \cdot mx)$ και εκφράζει τη μεταβολή του μεγέθους του πληθυσμού από γενιά σε γενιά. Υπολογίζεται επίσης ο μέσος χρόνος γενιάς (T) από τη σχέση $T = \sum(x \cdot lx \cdot mx) / \sum(mx \cdot lx)$. Σε αυτήν τη σχέση, η παράμετρος x εκφράζει την ηλικία των ατόμων σε μέρες. Ο ρυθμός αύξησης ενός πληθυσμού εντόμων που έχει μια δεδομένη, σταθερή κατανομή των ηλικιών αναπαραγωγής και θανάτου και αυξάνεται αριθμητικά σε έναν απεριόριστο χώρο, δίνεται από την εξίσωση: $dN/dT = bN - dN = (b-d)N$. Σε αυτήν τη σχέση, t είναι ο χρόνος και τα b και d συμβολίζουν αντίστοιχα τους στιγμιαίους ρυθμούς γεννήσεων και θανάτου. Η διαφορά του ρυθμού θανάτου από το ρυθμό γεννήσεων εκφράζει τον ενδογενή ρυθμό αύξησης του πληθυσμού (rm). Με βάση αυτήν την παραδοχή, η προηγούμενη σχέση μετασχηματίζεται στην εξίσωση: $dN/dT = rm \cdot N$. Αν ο αριθμός των ατόμων κατά τη χρονική στιγμή t_0 είναι N_0 , με ολοκλήρωση της διαφορικής εξίσωσης προκύπτει ο πληθυσμός στη χρονική στιγμή t : $N_t = N_0 \cdot \exp(rm \cdot t)$. Επομένως, ο rm μπορεί να υπολογιστεί από την εκθετική φάση της καμπύλης αύξησης του πληθυσμού του είδους, από τη σχέση: $rm = \ln(N_t/N_0)/t$. Συνήθως όμως οι ρυθμοί γεννήσεων, θανάτου και αύξησης πληθυσμού των εντόμων δεν είναι γνωστοί, ιδιαίτερα μάλιστα σε συνθήκες αγρού.

Για να υπολογιστεί ο δυνητικός ρυθμός αύξησης του πληθυσμού του εξεταζόμενου είδους, χρησιμοποιείται συνήθως η εξίσωση του Birch (1948): $\sum \exp(-r \cdot x) \cdot lx \cdot mx = 1$. Δίνοντας διαδοχικά τιμές στη μεταβλητή r και έχοντας υπολογίσει τις υπόλοιπες μεταβλητές από τα στοιχεία του πίνακα, προκύπτει προσεγγιστικά η τιμή του rm . Για να αποφευχθούν οι κοπιαστικοί υπολογισμοί που απαιτούνται για τον προσεγγιστικό υπολογισμό του rm στην προηγούμενη σχέση, ο υπολογισμός του rm για τις αφίδες απλοποιήθηκε από τους White & Wyatt (1977). Οι ερευνητές αυτοί θεώρησαν ότι η τιμή του rm καθορίζεται κατά 95% από τον αριθμό απογόνων που γεννιούνται σε μια περίοδο ίση με το χρόνο μεταξύ της γέννησης και της έναρξης



αναπαραγωγής (**d**) της μητρικής αφίδας. Ο αριθμός αυτός καλείται αποτελεσματική γονιμότητα (**Md**). Αυτό προϋποθέτει ότι οι τρόποι αναπαραγωγής είναι παρόμοιοι για όλα τα είδη αφίδων και κάτω από όλες τις συνθήκες. Ειδικότερα, η αρχική αύξηση θα πρέπει να είναι παρόμοια, καθώς όσο ταχύτερη είναι η γέννηση απογόνων, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση στην αύξηση του πληθυσμού του είδους. Επιπρόσθετα, υποτίθεται ότι αυτός ο αριθμός απογόνων (**Md**) παράγεται σε χρόνο ίσο με το χρόνο γενιάς, ως την ημερομηνία **Td**. Η εξίσωση του Birch με βάση αυτές τις παραδοχές παίρνει τη μορφή: $\exp(-\mathbf{r}\mathbf{m}*\mathbf{Td})*\mathbf{Md}=1$. Λογαριθμώντας, προκύπτει η σχέση $\mathbf{r}\mathbf{m}=(\ln\mathbf{Md})/\mathbf{Td}$. Υποθέτοντας ότι ο χρόνος **Td** σχετίζεται γραμμικά με το **d**, η σχέση μετασχηματίζεται ως εξής: $\mathbf{r}\mathbf{m}=\mathbf{c}(\ln\mathbf{Md})/\mathbf{d}$. Το **c** είναι μια διορθωτική σταθερά και έχει την τιμή 0,738.

Ένας άλλος τρόπος υπολογισμού του **rm**, είναι η χρησιμοποίηση της σχέσης $\mathbf{r}\mathbf{m}=(\ln\mathbf{R}\mathbf{o})/\mathbf{T}$. Από αυτά τα στοιχεία, μπορεί να εκτιμηθεί ο τρόπος αύξησης του πληθυσμού του είδους. Η πιο απλή προσέγγιση για την εκτίμηση αυτή, είναι να θεωρηθεί ότι ο πληθυσμός αυξάνεται εκθετικά. Αυτό εκφράζεται μαθηματικά με τη σχέση: $\mathbf{N}=\mathbf{N}\mathbf{o}*\exp(\mathbf{r}*\mathbf{t})$ (Rodríguez-Saona & Miller 1995). Σε αυτήν τη σχέση, η μεταβλητή **N** εκφράζει το μέγεθος του πληθυσμού σε χρόνο **t** και η μεταβλητή **No** το αρχικό μέγεθος του πληθυσμού. Η σχέση αυτή δείχνει ότι ο πληθυσμός ενός είδους θεωρητικά αυξάνεται με εκθετικό τρόπο. Από τη σχέση αυτή, μπορεί να υπολογιστεί και μια άλλη παράμετρος, ο χρόνος διπλασιασμού του πληθυσμού, **DT**. Ο χρόνος αυτός υπολογίζεται από τη σχέση $\mathbf{DT}=(\ln 2)/\mathbf{r}$ (Mackauer 1983).

Παράλληλα με τον υπολογισμό του ενδογενούς ρυθμού αύξησης, μπορεί να υπολογιστεί και ο πεπερασμένος ρυθμός αύξησης(**γ**) του είδους. Ο ρυθμός αυτός προκύπτει από τη σχέση $\mathbf{\gamma}=\mathbf{N}\mathbf{t}+1/\mathbf{N}\mathbf{t}$ (Birch, 1948). Ο πεπερασμένος ρυθμός αύξησης εκφράζει τη μεταβολή του μεγέθους του πληθυσμού στη μονάδα του χρόνου. Η μεταβλητή **Nt** εκφράζει το μέγεθος του πληθυσμού τη χρονική στιγμή **t** και η μεταβλητή **Nt+1** τη χρονική στιγμή **t+1**. Η αριθμητική τιμή του πεπερασμένου ρυθμού αύξησης υπολογίζεται από τη σχέση $\mathbf{\gamma}=\exp(\mathbf{r})$, όπου **r** είναι ο ενδογενής ρυθμός αύξησης πληθυσμού.

Επειδή οι πληθυσμοί των αφίδων πολύ σπάνια επιτυγχάνουν μια σταθερή κατανομή ηλικιών (Carter et al. 1978), είναι πολύ πιθανό ότι η αξία του **rm** για τον υπολογισμό της αύξησης πληθυσμών στον αγρό είναι περιορισμένη. Παρ' όλα αυτά, η τιμή του **rm** είναι χρήσιμη για τη σύγκριση των δυνητικών ρυθμών αύξησης διάφορων μορφών ενός είδους (Dixon & Wratten 1971), μεταξύ ατόμων της ίδιας

μορφής που μεγαλώνουν σε διαφορετικά περιβάλλοντα (Dean 1974, Deloach 1974) ή μεταξύ διαφορετικών ειδών που μεγαλώνουν κάτω από τις ίδιες συνθήκες (Leather & Dixon 1984).

2.8) Σκοπός της εργασίας

Είναι γνωστό ότι τα είδη *H. convergens* και *C. septempunctata* αποτελούν μέρος των φυσικών εχθρών της αφίδας του καπνού *M. persicae*. Επομένως, στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης των εχθρών του καπνού, η δράση τους θεωρείται ωφέλιμη και επιχειρείται η αξιοποίησή της. Για να κατανοηθεί πληρέστερα ο ρόλος τους, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός κάποιων στοιχείων της βιολογίας τους και ορισμένων δημογραφικών παραμέτρων τους.

Η γνώση των παραμέτρων αυτών και για τα τρία είδη εντόμων είναι απαραίτητη, έτσι ώστε να εκτιμηθεί ο δυνητικός ρυθμός αύξησης των πληθυσμών τους. Παράλληλα, μπορεί να εκτιμηθεί και ο αριθμός των γενιών που μπορούν να εμφανιστούν μέσα σε μια καλλιεργητική περίοδο, σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Για το σκοπό αυτό, είναι απαραίτητο να συγκεντρωθούν στοιχεία για το αναπαραγωγικό δυναμικό, την επιβίωση και τη διάρκεια ζωής και των τριών ειδών. Με βάση τα στοιχεία αυτά, μπορούν να υπολογιστούν οι ενδογενείς ρυθμοί αύξησης πληθυσμού των τριών ειδών και άλλες δημογραφικές παράμετροι, που περιγράφουν τις μεταβολές των πληθυσμών τους και να προσδιοριστεί ο βαθμός στον οποίο ελέγχουν τα αρπακτικά τους πληθυσμούς των αφίδων.

Συνεπώς, ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη των δημογραφικών παραμέτρων και της κατανάλωσης αφίδων *M. persicae* από τα αρπακτικά *H. convergens* και *C. septempunctata* σε σταθερές συνθήκες, 23°C και L16:D8.

2) ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1) Εισαγωγή

Τα είδη *H. convergens* και *C. septempunctata* είναι δύο από τα κυριότερα αρπακτικά αφίδων. Είναι πολυφάγα είδη, που επιδεικνύουν όμως προτίμηση προς τις αφίδες και έτσι αποτελούν σημαντικούς παράγοντες περιορισμού των πληθυσμών τους (Hodek 1973). Για να γίνει δυνατή η αξιοποίηση των ειδών αυτών σε προγράμματα βιολογικής καταπολέμησης, είναι απαραίτητη η γνώση των χαρακτηριστικών ζωής των δύο αυτών ειδών. Τα στοιχεία που προκύπτουν από τη δημογραφική ανάλυση των ειδών αυτών και της αφίδας του καπνού *M. persicae* είναι σημαντικά, καθώς επιτρέπουν την κατανόηση της δυναμικής σχέσης μεταξύ αρπακτικών και θηραμάτων.

Ως προς την ωοπαραγωγή, είναι γνωστό ότι θεωρητικά, ο ημερήσιος αριθμός αυγών που γεννούν τα θηλυκά ορισμένων ειδών της οικ. Coccinellidae (μεταξύ των οποίων και το είδος *C. septempunctata*) δίνεται από την εξίσωση του Stewart (1991): $c=0,54 \cdot n-2,2$. Η σχέση αυτή εκφράζει τον αναμενόμενο αριθμό αυγών (c) ως συνάρτηση του αριθμού ωοσωλήνων (n) των θηλυκών του είδους. Ο Iperiti (1966) βρήκε ότι στα περισσότερα θηλυκά του είδους *C. septempunctata* ο αριθμός ωοσωλήνων κυμαίνεται μεταξύ 80 και 94. Συνεπώς, ο ημερήσιος αριθμός αυγών ενός θηλυκού κυμαίνεται από ένα ως ένα μεταβλητό αριθμό αυγών, που καθορίζεται από τη μη σύγχρονη ανάπτυξη όλων των ωοθηκών του θηλυκού (Phoopholo et al. 1995) και την ηλικία και τη συχνότητα σύζευξης του θηλυκού με αρσενικό (Markow 1982,1996, Leather 1988, 1995, Ridley 1988). Συνεπώς, η ημερήσια και κατ' επέκταση η συνολική ωοπαραγωγή σε ορισμένα είδη της οικ. Coccinellidae είναι μεταβλητή.

Σχετικές με τις δημογραφικές παραμέτρους και τα χαρακτηριστικά της ζωής των δύο αυτών αρπακτικών μελέτες έχουν γίνει στο εξωτερικό όπως των Wells & McPherson (1999), των Rodriguez-Saona & Miller (1994), σε καλλιέργειες καπνού των Η.Π.Α. Η βιολογία, η αναπαραγωγή και άλλα χαρακτηριστικά της ζωής των δύο αυτών ειδών έχουν μελετηθεί λεπτομερώς από το Hagen (1962) και το Hodek (1973). Μελέτες της βιολογίας, της αναπαραγωγής και άλλων χαρακτηριστικών της ζωής του είδους *C. septempunctata* στην Ελλάδα, έχουν γίνει από τους Katsoyannos et al. (1997), σε καλλιέργειες καλαμποκιού στην περιοχή της Βοιωτίας.

Ως προς το είδος *C. septempunctata*, έχει αναφερθεί μέση διάρκεια ζωής ίση με 46,9 ημέρες για τα αρσενικά και 47,9 ημέρες για τα θηλυκά άτομα στους 20°C (Hodek 1973). Ο Hodek (1966, 1973) και οι Hodek & Cerkason (1960, 1961), Hodek & Rusicka (1979) ανέφεραν ότι ένα μέρος των θηλυκών του είδους *C. septempunctata* δε γεννά αυγά, ενώ συνθήκες ευνοϊκής θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, επάρκειας λείας και μακράς φωτοπεριόδου ευνοούν την αναπαραγωγή. Το συμπέρασμά του Hodek (1966) ήταν ότι οι πληθυσμοί των θηλυκών του είδους αποτελούνται από άτομα που παρουσιάζουν μακρά περίοδο πρωτοκίας και δίνουν μια γενιά απογόνων το έτος και από άτομα με μικρές περιόδους πρωτοκίας και περισσότερες από μία γενιές απογόνων. Οι Hodek & Rusicka (1979) παρατήρησαν μεγάλη περίοδο πρωτοκίας στο 20% των αναπαραγόμενων θηλυκών. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Phoopholo & Obrycki (1999). Συγκεκριμένα, παρατήρησαν ότι ένα ποσοστό 10-35% των θηλυκών του είδους *C. septempunctata* που έδωσαν απογόνους παρουσίασε μεγάλη περίοδο πρωτοκίας, ενώ ένα σημαντικό μέρος του συνολικού αριθμού θηλυκών (40-70%) δεν έδωσε απογόνους σε διάστημα 60 ημερών. Η καθυστερημένη έναρξη ωοπαραγωγής σε ένα σημαντικό μέρος των θηλυκών οφείλεται σε ανάσχεση ανάπτυξης των ωοθηκών (Phoopholo et al. 1995) και εκδήλωση αναπαραγωγικής διάπαυσης οφειλόμενης σε γενετική παραλλακτικότητα μεταξύ των ατόμων ή φαινοτυπική πλαστικότητα ή σε συνδυασμό των δύο φαινομένων (Phoopholo & Obrycki 1999). Οι Phoopholo & Obrycki (1999) παρατήρησαν ότι τα θηλυκά με μικρές περιόδους πρωτοκίας παρουσίασαν μεταβλητή ημερήσια παραγωγή αυγών, υψηλή συνολική μέση ωοπαραγωγή (1172-1712 αυγά / θηλυκό) και υψηλό ενδογενή ρυθμό αύξησης (0,17-0,20) στους 26°C και L16:D8, τρεφόμενα με το είδος *Acyrtosiphon pisum* (Harris). Οι Katsoyannos et al. (1997) παρατήρησαν επίσης σημαντική περίοδο πρωτοκίας (20-91 ημέρες) και υψηλή μέση συνολική ωοπαραγωγή (1788 αυγά) στους 25°C και L16:D8. Οι Wells & McPherson (1999) παρατήρησαν χαμηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών των πληθυσμών του είδους και των αφίδων του καπνού και κατέληξαν έτσι στο συμπέρασμα ότι δεν είναι αρκετά αποτελεσματικός παράγοντας ελέγχου των αφίδων του καπνού. Οι Wells & McPherson (1999) παρατήρησαν ότι εμφανίζεται πρώτο στις φυτείες καπνού στις ΗΠΑ και παρουσιάζει μειωμένους πληθυσμούς όταν οι πληθυσμοί άλλων αρπακτικών [*H. convergens*, *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera:Coccinellidae)] επικρατούν.

Από τη μελέτη των αντίστοιχων χαρακτηριστικών του είδους *H. convergens*, οι Rodriguez-Saona & Miller (1994) παρατήρησαν ότι το είδος τρεφόμενο με το είδος *Acyrtosiphon pisum* (Harris) στους $21\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ παρουσίασε μέση συνολική ωοπαραγωγή 308-362,8 αυγά. Η τιμή του gm κυμαινόταν μεταξύ 0,091 και 0,099 απογόνων/ θηλυκό/ ημέρα και η μέση διάρκεια ζωής των θηλυκών και αρσενικών ατόμων βρέθηκε ίση με $50,2\pm 5,1$ και $56,1\pm 5,8$ ημέρες αντίστοιχα.

Ωστόσο, η σχέση των συγκεκριμένων αρπακτικών στο ενήλικο στάδιο της ζωής τους με τις αφίδες του καπνού, δεν έχει μελετηθεί στην Ελλάδα και ειδικότερα στη Θεσσαλία. Ο σκοπός της μελέτης αυτής επομένως, είναι η συγκέντρωση στοιχείων που θα βοηθήσουν στην προσπάθεια για καλύτερη κατανόηση της σχέσης αυτής. Επίσης, μπορούν να εκτιμηθούν οι ενδεχόμενες διαφορές μεταξύ των αρπακτικών αυτών ως προς την αποτελεσματικότητά τους. Τελικά, μπορεί να εκτιμηθεί αν τα δύο αρπακτικά είδη αποτελούν παράγοντες βιολογικού ελέγχου των πληθυσμών αφίδων στις καλλιέργειες του καπνού στην Ελλάδα.

2.1) ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1.1) Πειραματικό υλικό

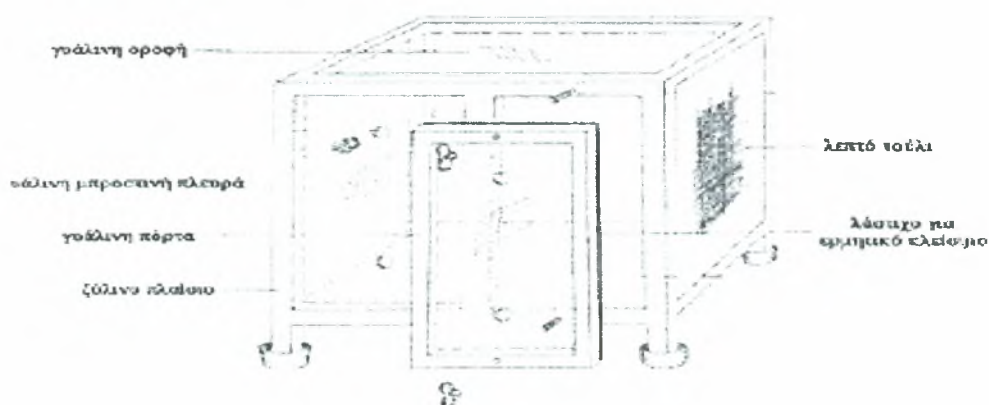
Για τη διεξαγωγή του πειράματος συλλέχθηκαν το έτος 2001 άτομα του είδους *C. septempunctata* και του είδους *H. convergens* από δέντρα ροδακινιάς στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε ένας κόκκινος ανολοκυκλικός κλώνος αφίδας του είδους *M. persicae*. Τα άτομα του κλώνου προέρχονταν από πληθυσμό που συλλέχθηκε από φυτά καπνού στην περιοχή της Καρδίτσας (2000). Για την εκτροφή του κλώνου της αφίδας χρησιμοποιήθηκαν φυτά καπνού *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) ανατολικού τύπου, της ποικιλίας ΒΞ81 (εικόνα 4).



Εικόνα 4. Φυτό καπνού της ποικιλίας ανατολικού τύπου ΒΞ81.

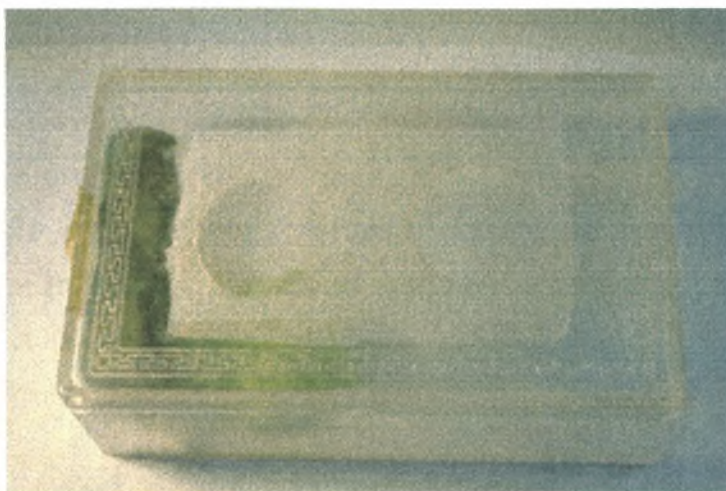
2.1.2) Διατήρηση του πειραματικού υλικού

Αποικίες αφίδων. Για την εκτροφή των αφίδων *M. persicae* χρησιμοποιήθηκαν ειδικοί κλωβοί εκτροφής, διαστάσεων 50X40X45cm (εικόνα 5). Οι κλωβοί είχαν ξύλινο πλαίσιο και πάτωμα. Στις δύο πλευρές τους είναι καλυμμένοι ερμητικά με λεπτό τούλι. Η οροφή του κλωβού καθώς και η οπίσθια και η πρόσθια πλευρά του καλύπτονται από γυαλί. Στην πρόσθια όψη του κλωβού, υπάρχει πόρτα που κλείνει ερμητικά. Η κατασκευή του κλωβού επιτρέπει τον εξαερισμό, τη διόδο του φωτός στο εσωτερικό του και συγχρόνως εμποδίζει τη διαφυγή των αφίδων και την είσοδο άλλων εντόμων.



Εικόνα 5. Κλωβός εκτροφής αφίδων πάνω σε γλαστρικά φυτά, διαστάσεων 50x40x45cm (Blackman 1988).

Εκτός από τους κλωβούς χρησιμοποιήθηκαν και διαφανή πλαστικά κουτιά διαστάσεων 14,5X8,5X4cm, με κάλυμμα το οποίο είχε οπές εξαερισμού καλυμμένες ερμητικά με λεπτό τούλι (εικόνα 6). Στο εσωτερικό των κουτιών τοποθετούνταν 1-2 κομμάτια πορώδους συνθετικού υλικού (moss). Το υλικό αυτό έχει πολύ λεπτούς πόρους και μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Σε υγρά κομμάτια του υλικού προσαρμόστηκαν φύλλα καπνού ή ρεπανιού (*Raphanus sativus* L.: Brassicaceae) για την εκτροφή των αφίδων.



Εικόνα 6. Πλαστικό κουτί που χρησιμοποιήθηκε για εκτροφή αφίδων *M. persicae*.

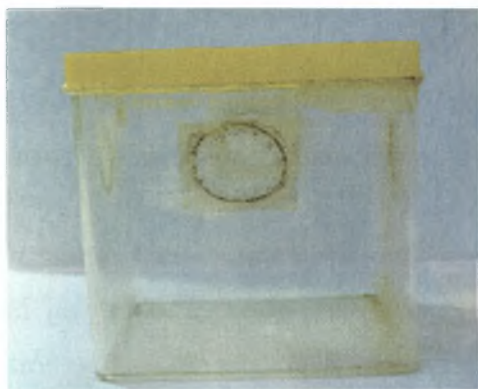
Οι κλωβοί διατηρούνταν σε δωμάτιο ελεγχόμενων συνθηκών, με θερμοκρασία $20 \pm 1^\circ\text{C}$ και φωτοπερίοδο L16:D8. Τα διαφανή κουτιά που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτροφή του κλώνου αφίδας με τον οποίο τρέφονταν τα πειραματικά ζεύγη και άτομα των δύο ειδών κολεοπτέρων διατηρούνταν σε βιοκλιματικούς θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών (εικόνα 7). Η θερμοκρασία και η φωτοπερίοδος στους θαλάμους ήταν ρυθμισμένες στις ίδιες με αυτές του δωματίου τιμές. Οι συνθήκες επιλέχθηκαν έτσι ώστε να εξασφάλιζαν τη συνεχή παρθενογενετική αναπαραγωγή των αφίδων. Οι αφίδες του είδους *M. persicae* εκτρέφονταν σε φυτά ρεπανιού (*Raphanus sativus*), που τοποθετούνταν μέσα στους κλωβούς. Τα φυτά ανανεώνονταν συνεχώς, με προσθήκη νέου φυτού κάθε 2 μέρες. Πριν την τοποθέτηση κάθε νέου φυτού στον κλωβό, γινόταν έλεγχος και απομάκρυνση αφίδων και άλλων εντόμων από τα φυτά, έτσι ώστε να αποτραπεί η μόλυνση των αποικιών. Στα διαφανή κουτιά τοποθετούνταν ανά 2-3 μέρες νέα φύλλα καπνού ή ρεπανιού. Πριν την τοποθέτηση, γινόταν έλεγχος και απομάκρυνση αφίδων και άλλων εντόμων.



Εικόνα 7. Βιοκλιματικός θάλαμος.

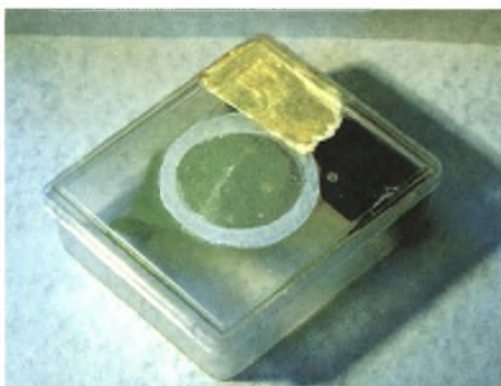
2.1.3) Αποικίες αρπακτικών

Τα ενήλικα άτομα και των 2 ειδών κολεοπτέρων μετά τη συλλογή τους μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο. Εκεί, διατηρούνταν για όλο το χρονικό διάστημα της διεξαγωγής του πειράματος σε δωμάτιο με ελεγχόμενες συνθήκες (θερμοκρασία $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ και φωτοπερίοδος L16:D8. Η αποικία του καθενός από τα δύο είδη διατηρούνταν σε πλαστικό, διαφανές κουτί (εικόνα 8).



Εικόνα 8. Πλαστικό διαφανές κουτί που χρησιμοποιήθηκε για την εκτροφή των αρπακτικών Κολεοπτέρων *C. septempunctata* και *H. convergens*.

Στα πλευρικά τοιχώματα των δύο κουτιών υπήρχαν οπές εξαερισμού, καλυμμένες ερμητικά με λεπτό τούλι. Για τη διατροφή των εντόμων, προστίθονταν κάθε δύο μέρες φύλλα ρεπανιού ή καπνού με αφίδες *M. persicae*. Για τη βελτίωση της διατροφής των εντόμων, χρησιμοποιήθηκε συμπληρωματικά και θρεπτικό διάλυμα σουκρόζης 15% w/v. Το διάλυμα προστιθόταν σε μικρές ποσότητες σε μικρά πλαστικά δοχεία με κάλυμμα. Τα έντομα απορροφούσαν το διάλυμα από ένα κομμάτι βαμβακιού που εμποτιζόταν με διάλυμα μέσω της οπής του καλύμματος. Η αποικία κάθε είδους αποτελούταν από 5-8 ζευγάρια εντόμων. Σε κάθε αποικία, γινόταν καθημερινός έλεγχος για να συλλεχθούν τα αυγά που ενδεχομένως είχαν γεννηθεί. Τα αυγά απομακρύνονταν από τις αποικίες, γιατί υπήρχε κίνδυνος καννιβαλισμού τους από τα ενήλικα άτομα. Μετά τη συλλογή τους και ως την εκκόλαψή τους, τα αυγά διατηρούνταν σε αριθμημένα, κυκλικής διατομής, διάφανα πλαστικά κουτιά. Η διάμετρος των κουτιών ήταν 4,5cm και το ύψος τους 2cm. Μετά την εκκόλαψη των αυγών, οι νεαρές προνύμφες μεταφέρονταν για εκτροφή σε πλαστικά κουτιά διαστάσεων 7x8x4 cm (εικόνα 9).



Εικόνα 9. Πλαστικό διαφανές κουτί που χρησιμοποιήθηκε για την εκτροφή προνυμφών των δύο ειδών Κολεοπτέρων.

Τα κουτιά ήταν διαφανή, με οπές εξαερισμού στο κάλυμμα τους, καλυμμένες ερμητικά με τούλι. Σε κάθε τέτοιο κουτί, τοποθετούνταν αφίδες *M. persicae* που τρέφονταν σε φύλλα καπνού ή ρεπανιού. Τα φύλλα προσαρμόζονταν σε υγρά κομμάτια πορώδους υλικού και ανανεώνονταν κάθε δύο μέρες με καινούρια, έτσι ώστε να συντηρούν ικανοποιητικό πληθυσμό αφίδων. Σε κάθε κουτί τοποθετούνταν 3-4 προνύμφες. Αυτό γινόταν για να αποφεύγεται ο κανιβαλισμός μεταξύ των προνυμφών, που παρατηρείται σε συνθήκες συνωστισμού και ανεπάρκειας τροφής.

2.1.4. Μελέτη των δημογραφικών παραμέτρων των ειδών *C. septempunctata*, *H. convergens* και *M. persicae* και της κατανάλωσης αφίδων από τα δύο είδη κολεοπτέρων.

Για τη μελέτη της κατανάλωσης αφίδων *M. persicae* και της ωοπαραγωγής του είδους *C. septempunctata*, χρησιμοποιούνταν αριθμημένα, διαφανή, πλαστικά κουτιά, διαστάσεων 7X8X4cm (εικόνα 9). Τα κουτιά αυτά στο καπάκι τους είχαν οπή εξαερισμού καλυμμένη ερμητικά με λεπτό τούλι. Σε κάθε κουτί τοποθετήθηκε ένα πειραματικό ζεύγος εντόμων, αμέσως μετά την έξοδό τους από το νυμφικό στάδιο. Τα φύλλα καπνού έπρεπε να έχουν τέτοιο μέγεθος που να επιτρέπει την εκτροφή ενός μεγάλου αριθμού αφίδων (100 ή και περισσότερων). Για τη μελέτη της κατανάλωσης αφίδων *M. persicae* και της ωοπαραγωγής του είδους *H. convergens*, χρησιμοποιήθηκαν αριθμημένα, διαφανή πλαστικά κουτιά, διαστάσεων 7,7X4,5X2 cm (εικόνα 10). Τα φύλλα καπνού τοποθετούνταν σε υγρό κομμάτι πορώδους υλικού

μέσα στο κουτί και με τέτοιο τρόπο που να επιτρέπει την πρόσβαση των κολεοπτέρων σε όλη την επιφάνειά τους. Για τη δημιουργία κατάλληλου υποστρώματος ωστοκίας, σε κάθε κουτί τοποθετούταν ένα μικρό κομμάτι κυματοειδούς χαρτιού. Σε ημερήσια βάση γινόταν καταγραφή του αριθμού ενήλικων αφίδων που είχαν καταναλωθεί από τα ζεύγη των δύο ειδών κολεοπτέρων. Παράλληλα γινόταν καταγραφή του αριθμού των αυγών που είχαν γεννηθεί. Στη συνέχεια, τα αυγά μεταφέρονταν προσεκτικά, με τη χρήση λεπτού πινέλου, σε αριθμημένα, διαφανή, πλαστικά κουτιά κυκλικής διατομής. Τα κουτιά ήταν κυλινδρικά, με διάμετρο 4,5 cm και ύψος 2cm. Ακολουθούσε ο έλεγχος των αυγών σε στερεοσκόπιο τύπου Leica CLS 200X και η καταγραφή του αριθμού των κανονικών, των κακοσχηματισμένων και των καννιβαλισμένων αυγών. Σε ημερήσια βάση επίσης, γινόταν έλεγχος της θνησιμότητας και της εκκόλαψης των αυγών. Καθημερινά γινόταν προσθήκη αριθμού ενήλικων αφίδων, έτσι ώστε να βρίσκονται συνεχώς σε υπερεπάρκεια για τα κολεόπτερα. Τα φύλλα καπνού αντικαθιστούνταν κάθε 2 μέρες με καινούρια, για να βελτιστοποιείται η διατροφή των αφίδων.



Εικόνα 10. Πλαστικό διαφανές κουτί που χρησιμοποιήθηκε για τη εκτροφή των πειραματικών ζευγών του είδους *H. convergens*.

Οι νεαρές προνύμφες που προέκυπταν καθημερινά από την εκκόλαψη των αυγών και των δύο ειδών, απομακρύνονταν από τα κουτιά εκκόλαψης, για να αποφευχθεί ο καννιβαλισμός των αυγών που δεν είχαν ακόμα εκκολαφθεί.

Μετά τη συμπλήρωση της προνυμφικής τους ανάπτυξης, τα ενήλικα έντομα που προέκυπταν, υποβάλλονταν σε ατομικό έλεγχο κατανάλωσης αφίδων. Ο έλεγχος

αυτός είχε διάρκεια 3 ημερών και ξεκινούσε στα αρσενικά άτομα αμέσως μετά την ενηλικίωσή τους. Στα θηλυκά άτομα, ο έλεγχος ήταν διάρκειας 3 ημερών, αλλά γινόταν αφού προηγουμένως αυτά είχαν συζευχθεί με αρσενικά. Μετά το τέλος αυτής της διαδικασίας, τα νεαρά κολεόπτερα τοποθετούνταν στις αποικίες για να αντικαταστήσουν γερασμένα ή νεκρά άτομα της αποικίας και να αναπαραχθούν

Η λήψη των ημερήσιων παρατηρήσεων γινόταν για όλα τα πειραματικά κουτιά, από τη στιγμή της εισόδου των εντόμων στο στάδιο του ενηλίκου, ως το θάνατό τους. Όλα τα πειραματικά κουτιά διατηρούνταν σε δωμάτιο με ελεγχόμενες συνθήκες, $23 \pm 1^\circ\text{C}$ και L16:D8.

Η μελέτη της ανάπτυξης και του αναπαραγωγικού δυναμικού της αφίδας *M. persicae* στους 23°C έγινε σε βιοκλιματικό θάλαμο ανάπτυξης με ελεγχόμενες συνθήκες, $23 \pm 0,5^\circ\text{C}$ και L16:D8. Χρησιμοποιήθηκε και σε αυτήν την περίπτωση ο ίδιος, κόκκινος ανολοκυκλικός κλώνος. Τα φυτά καπνού στα οποία τρέφονταν οι αφίδες, ήταν της ποικιλίας BE81 και βρίσκονταν κατά τη λήψη των παρατηρήσεων στο στάδιο των τεσσάρων πραγματικών φύλλων. Όλες οι γλάστρες των φυτών είχαν διάμετρο 11,5 cm. Στα φυτά παρέχονταν όλες οι απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες για να διατηρούνται σε καλή κατάσταση και να επιτυγχάνεται η βέλτιστη διατροφή των αφίδων. Σε κάθε φυτό τοποθετούνταν δύο αφίδες. Η καθεμία από αυτές περιοριζόταν πάνω στο φύλλο με ειδικό, αριθμημένο κλωβό, κατασκευασμένο από ένα κομμάτι λεπτού, διαφανούς πλαστικού σωλήνα (εικόνα 11).



Εικόνα 11. Κλωβός που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της αφίδας *M. persicae*

Το ένα άκρο του σωλήνα ήταν καλυμμένο ερμητικά με λεπτό τούλι, για να αποτρέπεται η διαφυγή των αφίδων. Το τμήμα αυτό του κλωβού περιόριζε την αφίδα σε ορισμένη θέση της κάτω επιφάνειας του φύλλου. Η λήψη των παρατηρήσεων άρχιζε μόλις οι ενήλικες αφίδες γεννούσαν. Σε κάθε κλωβό αφηνόταν μια νεαρή

αφίδα. Ανά 12 ώρες αρχικά, γινόταν έλεγχος για να διαπιστωθεί το χρονικό διάστημα της ανάπτυξης ως την ενηλικίωση. Ταυτόχρονα, καταγραφόταν και η θνησιμότητα. Από την ενηλικίωση και μέχρι το θάνατο των αφίδων, οι παρατηρήσεις λαμβάνονταν ανά 24 ώρες, καταγραφόταν σε ημερήσια βάση ο αριθμός των αφίδων που είχαν γεννηθεί από κάθε ενήλικη αφίδα καθώς και η θνησιμότητά τους. Οι απόγονοι κάθε αφίδας απομακρύνονταν προσεκτικά, με λεπτό πινέλο, για να μην ενοχληθεί το ενήλικο.

Ο υπολογισμός των γενικών ποσοστών εκκόλαψης κάθε είδους έγινε με βάση το συνολικό αριθμό αυγών κάθε είδους που εξετάστηκαν και εκκολάφθηκαν.

Για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών ζωής των κολεοπτέρων και των αφίδων, έγινε ανάλυση του πίνακα ζωής τους. Υπολογίστηκε με βάση τα δεδομένα του ο ενδογενής ρυθμός αύξησης του πληθυσμού (**rm**) σύμφωνα με τη σχέση του Birch (1948) $\sum \exp(-r \cdot x) \cdot I_x \cdot m_x = 1$. Καταγράφηκαν η συνολική παραγωγή απογόνων, η διάρκεια ζωής, η επιβίωση, η περίοδος προωτοκίας. Επίσης, υπολογίστηκε ο καθαρός αναπαραγωγικός ρυθμός (**Ro**) (αριθμός απογόνων/ θηλυκό), η μέση διάρκεια γενιάς (**T**) (ημέρες) και ο χρόνος διπλασιασμού του πληθυσμού (**DT**) (ημέρες).

Η σύγκριση των μέσων όρων περιόδων προωτοκίας και συνολικών αριθμών αυγών μεταξύ θηλυκών των δύο ειδών και συνολικών καταναλώσεων αφίδων μεταξύ των δύο ειδών έγινε με τη μέθοδο ανάλυσης παραλλακτικότητας με ένα παράγοντα (1-way ANOVA), ενώ η σύγκριση των Μ.Ο. διάρκειας ζωής αρσενικών και θηλυκών ατόμων των δύο ειδών με ανάλυση παραλλακτικότητας με δύο παράγοντες (2-way ANOVA). Η σύγκριση των γενικών ποσοστών εκκόλαψης έγινε με το κριτήριο X^2 .

3) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρουσιάζονται στους πίνακες και τα γραφήματα που ακολουθούν.

3.1) Διάρκεια ζωής αρσενικών και θηλυκών και περίοδος προωτοκίας θηλυκών ατόμων.

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 1 παρατηρείται ότι τα αρσενικά άτομα και των δύο ειδών ζουν κατά μέσο όρο περισσότερο από τα θηλυκά. Τα αρσενικά του είδους *C. septempunctata* ζουν κατά μέσο όρο 145,3 ημέρες έναντι 118 ημερών των θηλυκών. Τα αρσενικά του είδους *H. convergens* ζουν κατά μέσο όρο 108 ημέρες ενώ τα θηλυκά 63. Οι διαφορές μεταξύ διάρκειας ζωής αρσενικών και θηλυκών ατόμων του είδους *C. septempunctata* και μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων του είδους *H. convergens* βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές [(F=11,571, p<0,05) και (F=4,352, p=0,05) αντίστοιχα]. Παρατηρείται επίσης ότι τα θηλυκά του είδους *C. septempunctata* παρουσίασαν πολύ μεγαλύτερη περίοδο προωτοκίας (44,3 ημέρες κατά μ.ό.) από τα θηλυκά του είδους *H. convergens* (3,7 ημέρες κατά μ.ό.). Η διαφορά μεταξύ των περιόδων προωτοκίας των δύο ειδών βρέθηκε στατιστικά σημαντική (F=42,670,p<0,01).

Πίνακας 1. Μέση διάρκεια ζωής ενηλίκων των ειδών *Coccinella septempunctata* και *Hippodamia convergens* και μέση περίοδος προωτοκίας των θηλυκών των δύο ειδών στους 23°C και L16:D8. (N: Ο αριθμός των ατόμων κάθε φύλου που εξετάστηκαν. (M.O. ± T.Σ.).

Είδος	N	Διάρκεια ζωής	Περίοδος προωτοκίας
<i>C. septempunctata</i> (Θηλυκά)	4	¹ 118 ± 11,7α	44,3 ± 8,6α
<i>C. septempunctata</i> (Αρσενικά)	4	¹ 145,3 ± 5,6α	
<i>H. convergens</i> (Θηλυκά)	7	² 63 ± 11,0α	3,7 ± 0,4β
<i>H. convergens</i> (Αρσενικά)	7	² 108 ± 10,7β	

Μέσοι όροι στην ίδια στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. ¹df=1, F=11,6, p<0,05, ²df=1, F=4,352, p=0,05. Η σύγκριση έγινε για κάθε είδος χωριστά.

3.2) Καταναλώσεις αφίδων.

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 2 φαίνεται ότι τα ζεύγη αρσενικών και θηλυκών ατόμων του είδους *C. septempunctata* που εξετάστηκαν, κατανάλωσαν κατά μ.ο. 8509,7 ενήλικες αφίδες *M. persicae* στη διάρκεια του ανήλικου σταδίου τους. Τα ζεύγη του είδους *H. convergens* που εξετάστηκαν, κατανάλωσαν κατά μ.ο. 2870,3 ενήλικες αφίδες *M. persicae*. παρατηρείται επομένως ότι τα άτομα του είδους *C. septempunctata* καταναλώνουν σχεδόν τριπλάσιο αριθμό ενήλικων αφίδων *M. persicae* στη διάρκεια του ενήλικου σταδίου τους από τα άτομα του είδους *H. convergens*. Η μέση ημερήσια κατανάλωση αφίδων των ζευγών θηλυκών και αρσενικών του είδους *H. convergens* αναπαρίσταται γραφικά στο γράφημα 1 και του είδους *C. septempunctata* στο γράφημα 2. Σημαντικές διαφορές βρέθηκαν και μεταξύ των μέσων ημερήσιων καταναλώσεων αφίδων κατά τη διάρκεια του ενήλικου σταδίου της ζωής των ζευγών αρσενικών και θηλυκών ατόμων των δύο ειδών. Τα ζεύγη του είδους *C. septempunctata* κατανάλωσαν κατά μέσο όρο 56,3 ενήλικες αφίδες *M. persicae* ανά ημέρα, δηλαδή σχεδόν διπλάσιο αριθμό αφίδων από τα ζεύγη του είδους *H. convergens* (27,7 αφίδες ανά ημέρα κατά μ.ο.).

Πίνακας 2. Συνολικές καταναλώσεις ενήλικων αφίδων *Myzus persicae* από τα ζεύγη αρσενικών και θηλυκών ατόμων των ειδών *Coccinella septempunctata* και *Hippodamia convergens* κατά τη διάρκεια του ενήλικου σταδίου των κολεοπτέρων και μέσοι όροι καταναλώσεων στους 23°C και L16:D8. (N: ο αριθμός πειραματικών ζευγών που εξετάστηκαν, Μ.Ο.± Τ.Σ.).

Είδος	N	Συνολική κατανάλωση αφίδων	Μέση κατανάλωση αφίδων
<i>C. septempunctata</i>	4	8509,7 ± 1413,9α	56,3 ± 5,9
<i>H. convergens</i>	7	2870,3 ± 318,2β	27,7 ± 1

Μέσοι όροι στην ίδια στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά (df=1, F=19,721, p<0,05).

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 3 φαίνεται ότι τα γονιμοποιημένα θηλυκά κάθε είδους καταναλώνουν κατά μέσο όρο περίπου διπλάσιο αριθμό ενήλικων αφίδων *M. persicae* από τα αρσενικά άτομα. Συγκεκριμένα, τα θηλυκά του είδους *C. septempunctata* καταναλώνουν κατά μέσο όρο 64 αφίδες ανά ημέρα, ενώ τα αρσενικά 30,7. Τα θηλυκά του είδους *H. convergens* καταναλώνουν κατά μ.ο. 19,8 ενήλικες

αφίδες ανά ημέρα, ενώ τα αρσενικά 11,3. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ καταναλώσεων αφίδων των αρσενικών και των θηλυκών ατόμων του είδους *C. septempunctata* και μεταξύ αρσενικών και θηλυκών του είδους *H. convergens* ήταν στατιστικά σημαντικές [(F=95,211, p<0,01) και (F=42,509, p<0,01) αντίστοιχα]. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν και μεταξύ των δύο ειδών ως προς τις καταναλώσεις αφίδων μεταξύ ατόμων του ίδιου φύλου. Παρατηρείται ότι τόσο τα θηλυκά, όσο και τα αρσενικά του είδους *C. septempunctata* καταναλώνουν κατά μέσο όρο περίπου τριπλάσιο αριθμό αφίδων από τα άτομα των αντίστοιχων φύλων του είδους *H. convergens* (64 αφίδες ανά ημέρα έναντι 19,8 αφίδων για τα θηλυκά και 30,7 αφίδες ανά ημέρα έναντι 11,3 αφίδων για τα αρσενικά άτομα).

Πίνακας 3. Καταναλώσεις ενήλικων αφίδων *Myzus persicae* από αρσενικά και γονιμοποιημένα θηλυκά άτομα των ειδών *Coccinella septempunctata* και *Hippodamia convergens* στους 23°C και L16:D8. Οι έλεγχοι που έγιναν σε κάθε άτομο είχαν τριήμερη διάρκεια. (N: ο αριθμός ατόμων κάθε φύλου που εξετάστηκαν, Μ.Ο. ± Τ.Σ.).

Είδος	N	Αριθμός αφίδων
<i>C. septempunctata</i> (Αρσενικά)	12	¹ 30,7 ± 3,6α
<i>C. septempunctata</i> (Θηλυκά)	13	¹ 64 ± 7,1
<i>H. convergens</i> (Αρσενικά)	16	² 11,3 ± 1,0β
<i>H. convergens</i> (Θηλυκά)	23	² 19,8 ± 1,5

¹ (df=1, F=95,211, p<0,01) ² (df=1, F=42,509, p<0,01)

Μέσοι όροι στην ίδια στήλη που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά. Η σύγκριση έγινε για κάθε είδος χωριστά.

3.3) Γονιμότητα των ειδών *Coccinella septempunctata* και *Hippodamia convergens*.

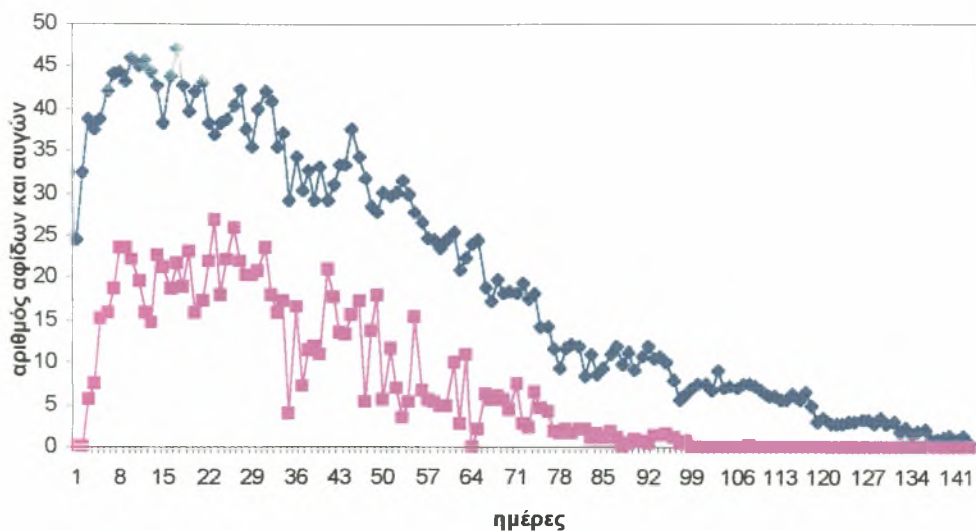
Από τα στοιχεία του πίνακα 4 φαίνεται ότι τα θηλυκά του είδους *H. convergens* γεννούν κατά μέσο όρο 1037,1 αυγά στη διάρκεια του ενήλικου σταδίου, ενώ τα

θηλυκά του είδους *C. septempunctata* κατά μέσο όρο 814,5 αυγά. Εξετάστηκε το μέγιστο μέρος των αυγών του είδους *H. convergens* (το 96,4% περίπου του συνολικού αριθμού αυγών) και του είδους *C. septempunctata* (το 88% περίπου του συνολικού αριθμού αυγών), επειδή ένα μέρος του συνολικού αριθμού αυγών κάθε είδους ήταν κακοσχηματισμένο. Η μέση ημερήσια ωοπαραγωγή του είδους *H. convergens* αναπαρίσταται γραφικά στο γράφημα 1, ενώ η μέση ημερήσια ωοπαραγωγή του είδους *C. septempunctata* στο γράφημα 2. Παρατηρείται επομένως ότι η συνολική γονιμότητα των θηλυκών του είδους *H. convergens* είναι μεγαλύτερη από αυτή των θηλυκών του είδους *C. septempunctata*. Η διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών γονιμοτήτων ήταν στατιστικά σημαντική ($X^2=246,51$). Το είδος *H. convergens* υπερτερεί σημαντικά σε σχέση με το είδος *C. septempunctata* και σε ποσοστό εκκόλαψης των αυγών. Το γενικό ποσοστό εκκόλαψης των εξετασμένων αυγών του είδους *H. convergens* ήταν 71,72%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό του είδους *C. septempunctata* ήταν 55,34%. Η μέση ημερήσια ωοπαραγωγή και το ημερήσιο ποσοστό εκκόλαψης αυγών του είδους *H. convergens* αναπαρίστανται γραφικά στο γράφημα 3. Η μέση ημερήσια ωοπαραγωγή και το ημερήσιο ποσοστό εκκόλαψης αυγών του είδους *C. septempunctata* αναπαρίστανται γραφικά στο γράφημα 4.

Πίνακας 4. Συνολικός αριθμός αυγών (Μ.Ο.± Τ.Σ.) και εκκολαψιμότητα για τα είδη *Coccinella septempunctata* και *Hippodamia convergens* στους 23°C και L16:D8. N: αριθμός θηλυκών ατόμων που εξετάστηκαν.

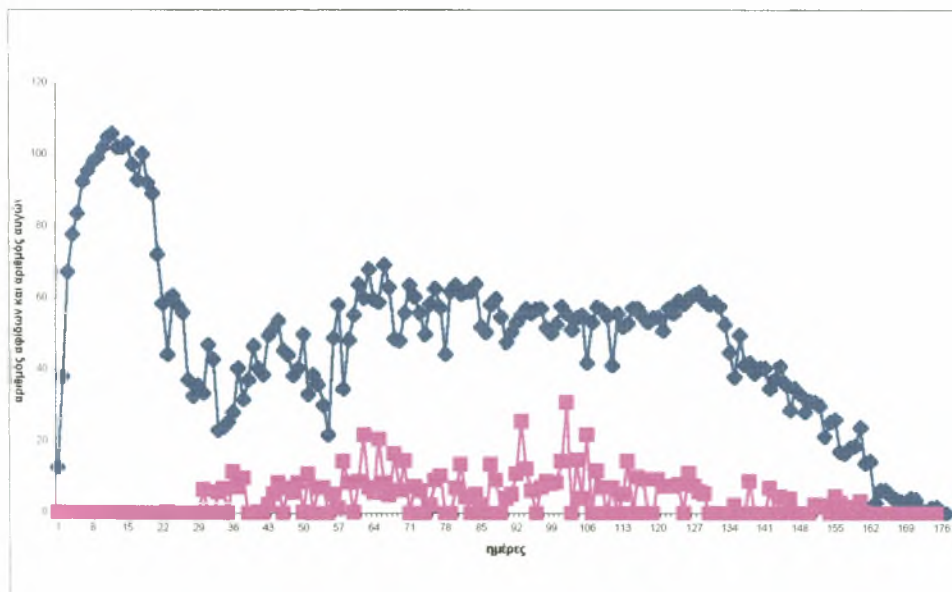
Είδος	N	Αριθμός αυγών
<i>C. septempunctata</i> (συνολικός αριθμός αυγών) ¹	4	¹ 814,5 ± 246,0α
<i>H. convergens</i> (συνολικός αριθμός αυγών)	7	1037,1 ± 183,α
<i>C. septempunctata</i> (ποσοστό εκκόλαψης) ²	4	² 55,34% (2866)β
<i>H. convergens</i> (ποσοστό εκκόλαψης)	7	71,72% (6997)β

Μ.Ο. ή ποσοστά που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα ή ψηφία διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά (df=1, $X^2=246,51$). Σε παρένθεση παρατίθεται ο συνολικός αριθμός αυγών κάθε είδους που εξετάστηκαν.



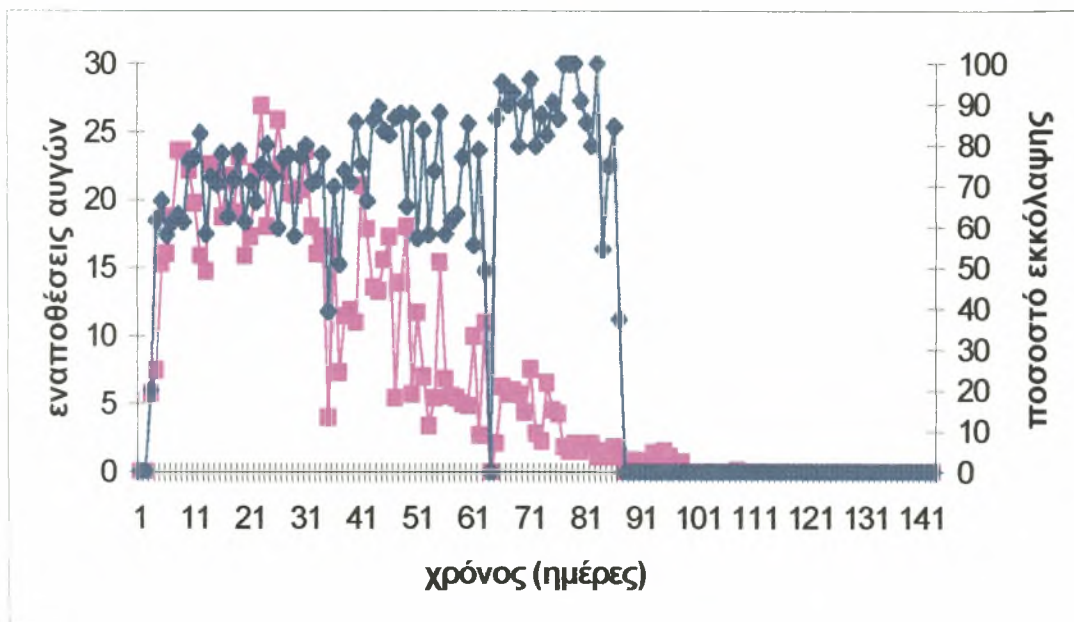
Γράφημα 1. Καταναλώσεις αφίδων (καμπύλη μπλε χρώματος) και παραγωγή αυγών των θηλυκών του είδους *H.convergens* (καμπύλη μωβ χρώματος).

Η καμπύλη κατανάλωσης αφίδων έχει μπλε χρώμα, ενώ αυτή της ωοπαραγωγής μωβ. Από το γράφημα φαίνεται ότι οι καταναλώσεις αφίδων των ατόμων του είδους αυξάνονται αρχικά με ταχείς ρυθμούς μέχρι την επίτευξη μιας μέγιστης τιμής και στη συνέχεια, ακολουθούν φθίνουσα πορεία, καθώς αυξάνεται η ηλικία των εντόμων. Αντίστοιχη πορεία ακολουθούν και οι γεννήσεις αυγών. Μετά από μια περίοδο προωτοκίας σχεδόν τεσσάρων ημερών, παρατηρείται η έναρξη ωοπαραγωγής.



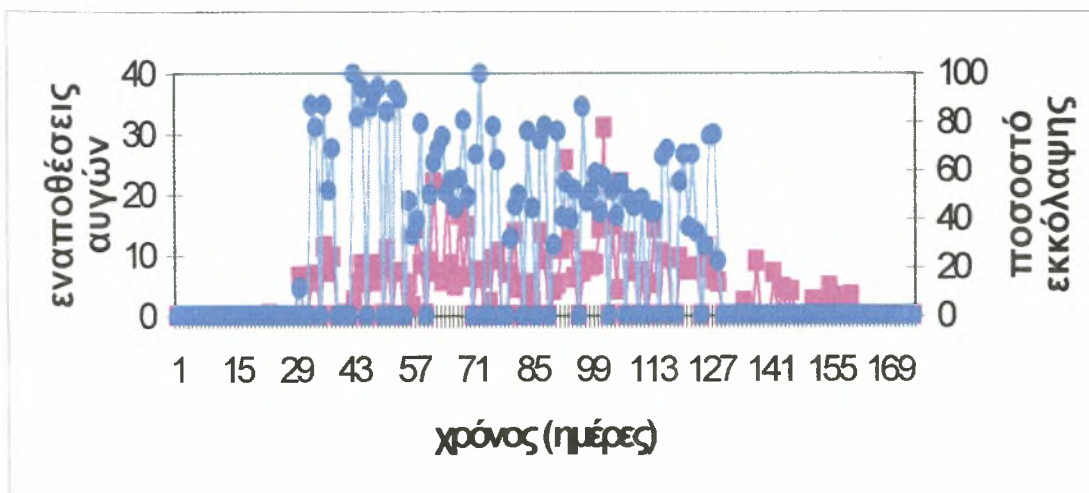
Γράφημα 2. Καταναλώσεις αφίδων (καμπύλη μπλε χρώματος) και παραγωγή αυγών (καμπύλη μωβ χρώματος) του είδους *C.septempunctata*.

Από το γράφημα φαίνεται ότι η κατανάλωση αφίδων αυξάνεται αρχικά με ταχύ ρυθμό και αγγίζει μια μέγιστη τιμή. Στη συνέχεια, η κατανάλωση μειώθηκε, καθώς τα έντομα παρουσίασαν μείωση της δραστηριότητάς τους πριν την έναρξη ωοπαραγωγής. Από την έναρξη της ωοπαραγωγής και μετά, η κατανάλωση αφίδων παρουσίασε νέα αύξηση, καθώς τα αρσενικά αλλά κυρίως τα θηλυκά άτομα είχαν αυξημένες απαιτήσεις. Στη συνέχεια, η κατανάλωση αφίδων παρουσίασε φθίνουσα πορεία καθώς αυξανόταν η ηλικία των εντόμων. Η πορεία της ωοπαραγωγής ακολούθησε διαφορετική από αυτήν του είδους *H.convergens* πορεία. Η έναρξη ωοπαραγωγής σημειώθηκε μετά από πολύ μεγαλύτερη περίοδο προωτοκίας. Στη συνέχεια, οι γεννήσεις αυξήθηκαν αρχικά με ταχύ ρυθμό, έφτασαν σε μια μέγιστη τιμή και στη συνέχεια άρχισαν να μειώνονται και να παρατηρούνται με μειωμένη συχνότητα. Οι γεννήσεις μειώθηκαν καθώς η ηλικία των εντόμων αυξανόταν.



Γράφημα 3. Παραγωγή αυγών (καμπύλη μωβ χρώματος) και ποσοστό εκκόλαψης (καμπύλη μπλε χρώματος) αυγών του είδους *Hippodamia convergens*.

Η καμπύλη ωοπαραγωγής έχει μωβ χρώμα, ενώ η καμπύλη που αναπαριστά γραφικά το ποσοστό εκκολαπτόμενων αυγών έχει μπλε. Παρατηρείται στενή συσχέτιση μεταξύ γεννήσεων και ποσοστού εκκόλαψων αυγών. Οι εκκολάψεις ακολουθούν αντίστοιχη με αυτή των γεννήσεων πορεία, παρουσιάζοντας το μέγιστο ποσοστό ταυτόχρονα με την αντίστοιχη τιμή των γεννήσεων αυγών. Στη συνέχεια, το ποσοστό εκκολαπτόμενων αυγών μειώνεται και ελαχιστοποιείται νωρίτερα από τον αριθμό των γεννήσεων.



Γράφημα 4. Παραγωγή αυγών (καμπύλη μωβ χρώματος) και ποσοστό εκκόλαψης (καμπύλη μπλε χρώματος) αυγών του είδους *C.septempunctata*.

Παρατηρείται ότι ο αριθμός αυγών που γεννιούνται και το ποσοστό αυγών που εκκολάπτονται, αυξάνονται σταδιακά μέχρι την επίτευξη των μέγιστων τιμών τους, παρουσιάζοντας διακυμάνσεις. Στη συνέχεια, οι γεννήσεις και οι εκκολάψεις ακολουθούν φθίνουσα πορεία, καθώς αυξάνεται η ηλικία των εντόμων. Γεννήσεις παύουν να παρατηρούνται όταν επέρχεται η γήρανση των εντόμων. Οι εκκολάψεις των αυγών σταματούν νωρίτερα από τις γεννήσεις, επειδή η γονιμότητα των εντόμων μειώνεται.

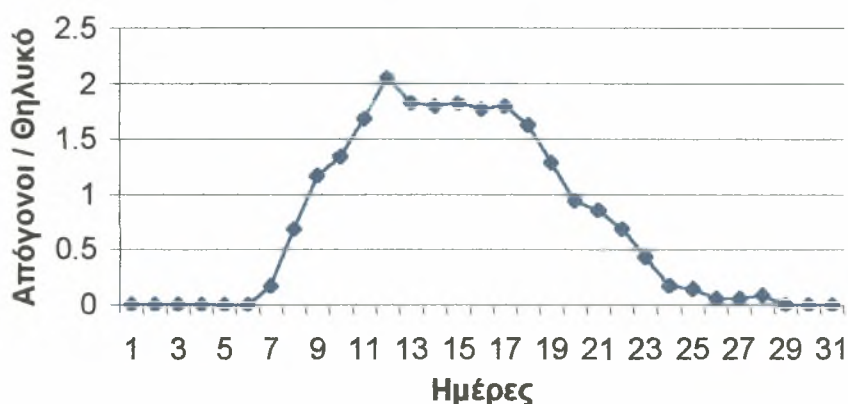
3.4) Διάρκεια ζωής, προνυμφική θνησιμότητα και συνολική γονιμότητα των θηλυκών του είδους *Myzus persicae*.

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 5 φαίνεται ότι τα παρθενογενετικά θηλυκά του κλώνου του είδους *M. persicae* που εξετάστηκαν ζουν κατά μέσο όρο 23,3

ημέρες συνολικά και γεννούν κατά μέσο όρο 30,7 απογόνους κατά το ενήλικο στάδιο της ζωής τους. Η προνυμφική θνησιμότητα του είδους στους 23°C βρέθηκε ίση με 20% (7/35) και η περίοδος ως την ενηλικίωση ίση με 8,9 ημέρες.

Πίνακας 5. Συνολική διάρκεια ζωής, αριθμός απογόνων, διάρκεια νυμφικής ανάπτυξης και προνυμφική θνησιμότητα των παρθενογενετικών θηλυκών του κλώνου του είδους *Myzus persicae* στους 23°C και L16:D8. (N: αριθμός ατόμων που εξετάστηκαν συνολικά).

N	Διάρκεια ζωής	Μέσος αριθμός απογόνων	Περίοδος νυμφικής ανάπτυξης
	Μ.Ο.±Τ.Σ.	Μ.Ο.±Τ.Σ.	Μ.Ο.±Τ.Σ.
28	23,3±0,8	30,7±3	8,9±0,5
Νυμφική θνησιμότητα			
N	Νεκρά (%)		
35	20		



Γράφημα 5. Μέσος αριθμός απογόνων άπτερων παρθενογενετικών θηλυκών του *Myzus persicae* στους 23°C και L16:D8.

Στο γράφημα 5 αναπαρίσταται γραφικά ο μέσος αριθμός απογόνων σε συνάρτηση με το χρόνο. Η καμπύλη μπλε χρώματος αναπαριστά γραφικά το μέσο αριθμό απογόνων ανά ημέρα.

Από το γράφημα φαίνεται ότι μετά από μια περίοδο επτά περίπου ημερών, κατά την οποία οι αφίδες συμπληρώνουν την προνυμφική ανάπτυξη, παρατηρείται η έναρξη ζωοτοκίας. Οι αριθμοί αφίδων που γεννιούνται αυξάνονται αρχικά με ταχύ

ρυθμό, αγγίζουν μια μέση μέγιστη τιμή των 2,1 απογόνων /θηλυκό/ ημέρα τη 12^η μέρα και στη συνέχεια μειώνονται. Μετά από μια φάση σταθερής σε ρυθμό αναπαραγωγής που διαρκεί περίπου πέντε ημέρες, παρατηρείται πτώση της γονιμότητας των αφίδων με ταχύ ρυθμό. Η μείωση των γεννήσεων οφείλεται στη γήρανση των αφίδων και τη μείωση της γονιμότητάς τους. Προς το τέλος της ζωής των αφίδων οι γεννήσεις πρακτικά μηδενίζονται.

3.5) Δημογραφικές παράμετροι των ειδών *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia convergens* και *Myzus persicae*.

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 6 φαίνεται ότι το είδος *M. persicae* έχει σημαντικά μικρότερο χρόνο γενιάς (13,3 ημέρες) από το είδος *H. convergens* (43,5 ημέρες) και από το είδος *C. septempunctata* (100,3 ημέρες). Σημαντικά μικρότερος ήταν και ο χρόνος διπλασιασμού του πληθυσμού του είδους *M. persicae* (2,9 ημέρες) σε σχέση με τον αντίστοιχο χρόνο του είδους *H. convergens* (3,6 ημέρες) και ακόμη περισσότερο σε σχέση με το είδος *C. septempunctata* (9,2 ημέρες). Η τιμή του ενδογενούς ρυθμού αύξησης πληθυσμού του είδους *M. persicae* υπολογίστηκε ίση με 0,2399, ενώ η τιμή της αντίστοιχης παραμέτρου του είδους *H. convergens* ήταν 0,1927 και του είδους *C. septempunctata* 0,0756. Με βάση τα συγκεκριμένα αποτελέσματα, το είδος *M. persicae* χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ικανότητα αύξησης του πληθυσμού του σε σχέση με το είδος *H. convergens* και πολύ περισσότερο σε σχέση με το είδος *C. septempunctata*. Η ποσοτική μεταβολή του πληθυσμού του είδους *C. septempunctata* μεταξύ δύο διαδοχικών γενιών που εκφράζεται από την τιμή του R_0 (423,1) είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν του είδους *H. convergens* (396,3) και πολύ περισσότερο από του είδους *M. persicae* (24,5).

Πίνακας 6. Δημογραφικές παράμετροι των ειδών *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia convergens* και *Myzus persicae* στους 23°C και L16:D8. (N: ο αριθμός θηλυκών κάθε είδους που εξετάστηκαν, T: μέση διάρκεια γενιάς, Ro: ο καθαρός αναπαραγωγικός ρυθμός, rm: ο ενδογενής ρυθμός αύξησης πληθυσμού και DT: ο χρόνος διπλασιασμού πληθυσμού κάθε είδους).

Είδος	N	T	Ro	rm	DT
<i>C. septempunctata</i>	4	100,3	423,1	0,0756	9,2
<i>H. convergens</i>	7	43,5	396,3	0,1927	3,6
<i>M. persicae</i>	35	13,3	24,5	0,2399	2,9

4) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης των ειδών *Hippodamia convergens*, *Coccinella septempunctata* και *Myzus persicae* στους 23°C, βρέθηκε ότι στη θερμοκρασία αυτή τα δύο είδη κολεοπτέρων εμφανίζουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους ως προς τις δημογραφικές παραμέτρους. Με βάση και τις αντίστοιχες παραμέτρους της αφίδας *Myzus persicae*, μπορούν να γίνουν κάποιες υποθέσεις για τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλονται οι πληθυσμοί τους, καθώς και για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών.

Η μελέτη της συνολικής κατανάλωσης αφίδων *M. persicae* από τα ζεύγη των δύο ειδών κολεοπτέρων έδειξε ότι τα ενήλικα άτομα του είδους *C. septempunctata* καταναλώνουν κατά μέσο όρο περίπου τριπλάσιο αριθμό ενήλικων αφίδων από τα ενήλικα του είδους *H. convergens* (8509,7 έναντι 2870,3 αφίδων αντίστοιχα). Μπορεί να υποθεθεί επομένως ότι το είδος *C. septempunctata* μπορεί να προκαλέσει σημαντικότερη μείωση των πληθυσμών αφίδων από το είδος *H. convergens*, όταν ο πληθυσμός αφίδων δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των δύο ειδών. Συνεπώς, η ανάπτυξη του είδους *C. septempunctata* ευνοείται σε περιόδους όπου παρατηρούνται μεγάλοι πληθυσμοί αφίδων. Αντίθετα, σε περιβάλλοντα όπου παρατηρούνται μικροί πληθυσμοί αφίδων, το είδος *H. convergens* μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του, ενώ το είδος *C. septempunctata* ίσως αντιμετωπίσει πρόβλημα ολοκλήρωσης του βιολογικού του κύκλου. Επομένως, όταν οι συνθήκες περιβάλλοντος ευνοούν την ανάπτυξη των δύο ειδών, αναμένεται ότι το είδος *H. convergens* θα μειώνει αποτελεσματικότερα τους πληθυσμούς των αφίδων όταν αυτοί είναι χαμηλοί, ενώ το είδος *C. septempunctata* σε μεταγενέστερο στάδιο, όταν οι πληθυσμοί αφίδων στα φυτά είναι υψηλοί. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώθηκε από τους Norowi & Semtner (1990), που παρατήρησαν ότι το είδος *H. convergens* είναι ικανό να περιορίζει τους πληθυσμούς αφίδων στον καπνό κατά τη διάρκεια των πρώτων 40 ημερών από την εγκατάστασή τους. Και τα δύο είδη μπορούν να επιβιώσουν αν οι πληθυσμοί αφίδων είναι χαμηλοί (Wells & McPherson 1999), αλλά οι μεταβολές πληθυσμών του είδους *C. septempunctata* παρουσιάζουν χαμηλή συσχέτιση με τις μεταβολές πληθυσμών αφίδων (Wells & McPherson 1999). Συνεπώς το είδος *H. convergens* θεωρείται ικανότερο να συγχρονίζεται καλύτερα με τον άριστο για αυτό πληθυσμό αφίδων και επομένως μπορεί να θεωρηθεί

αποτελεσματικότερο από το είδος *C. septempunctata* όταν οι πληθυσμοί αφίδων είναι χαμηλοί, σύμφωνα με την άποψη των Hagen & van den Bosch (1968).

Τα δύο είδη παρουσίασαν διαφορές και ως προς την ημερήσια κατανάλωση αφίδων. Η γενική μορφή της καμπύλης ημερήσιας κατανάλωσης του είδους *H. convergens* προσέγγισε τη σιγμοειδή μορφή, παρουσιάζοντας μια αρχική φάση ταχείας αύξησης, στη συνέχεια αύξηση με φθίνοντα ρυθμό ως την επίτευξη της μέγιστης τιμής κατανάλωσης. Η κατανάλωση στη συνέχεια παρουσίασε φθίνουσα πορεία, με ταχύτερο ρυθμό από αυτήν του είδους *C. septempunctata*, μειώθηκε σημαντικά καθώς αυξανόταν η ηλικία και πρακτικά ελαχιστοποιήθηκε, όταν επήλθε η γήρανση των εντόμων. Οι αυξημένες αρχικές καταναλώσεις οφείλονται πιθανότατα στις αυξημένες απαιτήσεις των εντόμων λόγω της αναπαραγωγικής δραστηριότητας. Κάτι τέτοιο φάνηκε και από τη μέση ημερήσια κατανάλωση που παρουσίασαν τα γονιμοποιημένα θηλυκά (19,8 ενήλικες αφίδες/ ημέρα) και τα αρσενικά (11,3 αφίδες/ ημέρα). Οι σχεδόν διπλάσιες καταναλώσεις των θηλυκών μπορούν να αποδοθούν στις αυξημένες απαιτήσεις τους λόγω της παραγωγής απογόνων.

Η αντίστοιχη καμπύλη κατανάλωσης του είδους *C. septempunctata* ήταν διαφορετική. Αρχικά παρατηρήθηκε ταχεία αύξηση της κατανάλωσης αφίδων και στη συνέχεια αύξηση με φθίνοντα ρυθμό, ως την επίτευξη της μέγιστης τιμής. Στη συνέχεια, τα ζεύγη του είδους *C. septempunctata* παρουσίασαν μείωση της κατανάλωσης μέχρι μια ελάχιστη τιμή και τα θηλυκά παρουσίασαν επιπλέον μείωση της δραστηριότητάς τους για μερικές ημέρες. Από το σημείο αυτό και ως τη χρονική στιγμή της έναρξης αναπαραγωγής, τα θηλυκά παρουσίασαν αύξηση κατανάλωσης αφίδων. Από την έναρξη της αναπαραγωγής και για όλη τη χρονική διάρκεια της αναπαραγωγικής τους φάσης, τα ζεύγη του είδους *C. septempunctata* παρουσίασαν αυξημένες απαιτήσεις αφίδων. Η κατανάλωση μειώθηκε σταδιακά, καθώς αυξανόταν η ηλικία των κολεοπτέρων και ελαχιστοποιήθηκε, όταν επήλθε η γήρανση των εντόμων. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ της ημερήσιας κατανάλωσης αφίδων των θηλυκών (64 ενήλικες αφίδες/ ημέρα) και της αντίστοιχης των αρσενικών (30,7 αφίδες/ ημέρα). Η διαφορά αυτή οφείλεται πιθανότατα στις αυξημένες απαιτήσεις των θηλυκών λόγω της θρέψης των αυγών. Γενικά όμως, παρατηρήθηκε ότι η συγκεκριμένη θερμοκρασία ευνοεί την αυξημένη κατανάλωση αφίδων και από τα δύο είδη, κάτι που συμφωνεί με τη διαπίστωση των Wells & McPherson (1999), ότι τα δύο είδη μπορούν να καταναλώσουν σημαντικούς αριθμούς αφίδων στις κατάλληλες συνθήκες (ευνοϊκή θερμοκρασία, επάρκεια λείας).

Από τη μελέτη της ωοπαραγωγής των ειδών *C. septempunctata* και *H. convergens*, παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο ειδών ως προς την περίοδο προωτοκίας, τη συνολική ωοπαραγωγή και τα γενικά ποσοστά εκκόλαψης των αυγών. Συγκεκριμένα, τα θηλυκά του είδους *C. septempunctata* παρουσίασαν μέσο συνολικό αριθμό 814,5 αυγών/ θηλυκό και γενικό ποσοστό εκκόλαψης αυγών 55,34%, ενώ τα θηλυκά του είδους *H. convergens* 1037,1 αυγά/ θηλυκό και 71,72% αντίστοιχα. Η μέση τιμή συνολικής ωοπαραγωγής του είδους *C. septempunctata* είναι χαμηλή σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές που παρατήρησαν οι Phoopholo & Obrycki (1999) σε δείγματα από τέσσερις πληθυσμούς του είδους στους $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ και L16:D8 (μέση συνολική γονιμότητα 1172-1712 αυγά/ θηλυκό) και οι Katsoyannos et al. (1997) στους $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ και L16:D8 (1788 αυγά/ θηλυκό). Οι Phoopholo & Obrycki (1999) ανέφεραν ωστόσο ότι ένα ποσοστό 11,4-25,7 % του συνολικού αριθμού θηλυκών που εξετάστηκαν, εμφάνισαν καθυστερημένη έναρξη ωοπαραγωγής (περίοδο προωτοκίας 15 ημέρες) και χαμηλή συνολική ωοπαραγωγή και οι Katsoyannos et al. (1997) παρατήρησαν περίοδο προωτοκίας μεταξύ 20-91 ημερών σε θηλυκά του είδους. Οι Phoopholo & Obrycki (1999) παρατήρησαν ότι τα προαναφερθέντα θηλυκά και ένα επιπλέον ποσοστό 20-28,6 % των θηλυκών που δε γέννησαν αυγά (συνολικά 46,9-60,9% των θηλυκών), εκδήλωσε αναπαραγωγική διάπαυση οφειλόμενη σε γενετικά αίτια και συμπέραναν ότι η χαμηλή ωοπαραγωγή σε αυτό το ποσοστό (11,4-25,7%) των θηλυκών οφειλόταν στην εκδήλωση διάπαυσης. Οι Katsoyannos et al. (1997) παρατήρησαν το ίδιο φαινόμενο σε ένα μέρος των θηλυκών του είδους. Συνεπώς, η χαμηλή ωοπαραγωγή που παρατηρήθηκε, σε συνδυασμό με τη μεγάλη περίοδο προωτοκίας (44,3 ημέρες), οφείλονται πιθανότατα σε εκδήλωση αναπαραγωγικής διάπαυσης από τα θηλυκά που εξετάστηκαν. Στο συμπέρασμα αυτό συνηγορεί και η μειωμένη κατανάλωση αφίδων και δραστηριότητα των θηλυκών που παρατηρήθηκαν πριν την έναρξη ωοπαραγωγής.

Τα θηλυκά του είδους *H. convergens* εκδήλωσαν διαφορετική συμπεριφορά κατά την αναπαραγωγική τους φάση. Συγκεκριμένα, παρουσίασαν πολύ μικρότερη μέση περίοδο προωτοκίας (3,7 ημέρες) και μεγαλύτερη συνολική ωοπαραγωγή. Η μέση συνολική ωοπαραγωγή που παρατηρήθηκε (1037,1 αυγά) είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτήν του είδους *C. septempunctata*. Μπορεί να υποτεθεί επομένως ότι ο συνδυασμός της συγκεκριμένης τιμής θερμοκρασίας και της επάρκειας τροφής, είχε ως αποτέλεσμα την ταχεία έναρξη ωοπαραγωγής, την επιβίωση του είδους και την υψηλή συνολική ωοπαραγωγή.

Η πορεία της ωοπαραγωγής του είδους *C. septempunctata* ήταν διαφορετική από αυτήν του είδους *H. convergens*. Κατόπιν μιας μακράς περιόδου προωτοκίας, τα θηλυκά του είδους *C. septempunctata* παρουσίασαν σταδιακά αύξηση των γεννήσεων μέχρι την επίτευξη της μέγιστης τιμής και στη συνέχεια σταδιακή μείωση των γεννήσεων, λόγω της γήρανσης των εντόμων. Οι γεννήσεις ελαχιστοποιήθηκαν όταν επήλθε η γήρανση των εντόμων. Κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής φάσης του είδους *C. septempunctata*, παρατηρήθηκε ότι η συχνότητα των γεννήσεων ήταν μικρότερη από αυτήν του είδους *H. convergens* και ότι τα διαστήματα μεταξύ δύο διαδοχικών ωοθεσιών επιμηκύνονταν, όσο η ηλικία των εντόμων αυξανόταν. Η πορεία των εκκολάψεων ήταν αντίστοιχη με αυτήν των γεννήσεων. Ο αριθμός εκκολαπτόμενων αυγών μεταβαλλόταν ανάλογα με τον μέσο ημερήσιο αριθμό αυγών του είδους και μειωνόταν όσο η ηλικία των εντόμων αυξανόταν. Ο αριθμός των εκκολαπτόμενων αυγών πρακτικά ελαχιστοποιήθηκε όταν επήλθε η γήρανση των εντόμων και εκμηδενίστηκε νωρίτερα από την παύση των γεννήσεων, λόγω της σταδιακής μείωσης της γονιμότητας των εντόμων.

Τα θηλυκά του είδους *H. convergens* σε αντίθεση με τα θηλυκά του είδους *C. septempunctata* παρουσίασαν πολύ μικρότερη περίοδο προωτοκίας (ταχύτερη έναρξη ωοπαραγωγής). Η ωοπαραγωγή των θηλυκών του είδους *H. convergens* αυξήθηκε αρχικά με ταχύ ρυθμό και στη συνέχεια με φθίνοντα ρυθμό, ως την επίτευξη της μέγιστης τιμής της. Στη συνέχεια, ακολούθησε φθίνουσα πορεία σε συνάρτηση με την ηλικία των εντόμων και ελαχιστοποιήθηκε, όταν επήλθε η γήρανση των εντόμων. Η πορεία των γεννήσεων ήταν συνεχής καθώς οι γεννήσεις κάθε θηλυκού παρατηρούνταν με μεγαλύτερη συχνότητα συγκριτικά με τα θηλυκά του είδους *C. septempunctata*. Η πορεία των εκκολάψεων παρουσίασε στενότερη συσχέτιση με την πορεία των γεννήσεων συγκριτικά με το είδος *C. septempunctata*, κάτι που παρατηρήθηκε και από το μεγαλύτερο γενικό ποσοστό εκκόλαψης των αυγών του είδους *H. convergens*, έναντι του είδους *C. septempunctata*. Ο αριθμός εκκολαπτόμενων αυγών ελαχιστοποιήθηκε όταν επήλθε η γήρανση των εντόμων και εκμηδενίστηκε πριν την παύση των γεννήσεων του είδους, λόγω της σταδιακής μείωσης της γονιμότητας των εντόμων εξαιτίας της γήρανσης. Και στα δύο είδη συνεπώς, παρατηρείται ότι η ωοπαραγωγή και η παραγωγή βιώσιμων απογόνων από τα θηλυκά άτομα, μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την ηλικία των εντόμων, κάτι που διαπιστώθηκε και από τον Carey (1993). Το συμπέρασμα που προκύπτει επομένως είναι ότι τα ηλικιωμένα άτομα ενός πληθυσμού των ειδών *C. septempunctata* και *H.*

convergens δε συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση του πληθυσμού κάθε είδους, καθώς δεν είναι ικανά να παράγουν πολλούς και βιώσιμους απογόνους.

Η μέση διάρκεια του ενήλικου σταδίου ήταν διαφορετική μεταξύ των δύο φύλων τόσο στο είδος *C. septempunctata*, όσο και στο είδος *H. convergens*. Συγκεκριμένα, τα αρσενικά του είδους *C. septempunctata* παρουσίασαν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (145,3 ημέρες) από τα θηλυκά (118 ημέρες). Τα αρσενικά του είδους *H. convergens* παρουσίασαν μεγαλύτερη μέση διάρκεια ζωής (117,8 ημέρες) από τα θηλυκά (63 ημέρες). Η σημαντική διαφορά υπέρ των αρσενικών *H. convergens* ως προς τη διάρκεια ζωής συγκρινόμενη με τα αποτελέσματα των Rodriguez- Saona & Miller (1994) από τη μελέτη του ίδιου είδους στις ΗΠΑ στους $21\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (μέση διάρκεια ζωής αρσενικών $56,2\pm 5,8$ ημέρες, μέση διάρκεια ζωής θηλυκών $50,5\pm 5,1$ ημέρες), οδηγεί στην υπόθεση ότι το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ζωής (μεγαλύτερη μέση διάρκεια ζωής των αρσενικών) ίσως δεν είναι διαδεδομένο στο είδος και παρατηρείται μόνο σε ορισμένους πληθυσμούς, όπως οι Ελληνικοί. Το συγκεκριμένο φαινόμενο έχει παρατηρηθεί και σε άλλα αφιδοφάγα αρπακτικά στην Ελλάδα, όπως τα *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) και *Macrolophus costalis* (Fieber) (Hemiptera: Miridae) (Margaritopoulos et al. 2003). Αν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό είναι διαδεδομένο στους Ελληνικούς πληθυσμούς του είδους *H. convergens*, ίσως αποτελεί πλεονέκτημα επιβίωσης ως προς τον ανταγωνισμό με άλλα αρπακτικά και έναντι των φυσικών του εχθρών. Η μακρύτερη παρουσία των αρσενικών του είδους *H. convergens*, αυξάνει τις πιθανότητες γονιμοποίησης των θηλυκών και συνεπώς τις πιθανότητες επιτυχούς ωοπαραγωγής, επιβίωσης του είδους και αύξησης των πληθυσμών του.

Από τη μελέτη του είδους *Myzus persicae* στους 23°C , προκύπτουν ορισμένα συμπεράσματα ως προς τα χαρακτηριστικά ζωής του είδους. Με βάση τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι το είδος παρουσίασε ποσοστό προνυμφικής θνησιμότητας 20%. Τα παρθενογενετικά, άπτερα θηλυκά ζουν 23,3 ημέρες και δίνουν στη διάρκεια της ζωής τους 30,7 νύμφες. Η μέση διάρκεια γενιάς του κλώνου υπολογίστηκε ότι είναι ίση με 13,3 ημέρες και ο καθαρός αναπαραγωγικός ρυθμός ίσος με 24,5 θηλυκούς απογόνους/ θηλυκό. Με βάση τη μέθοδο του Birch (1948) υπολογίστηκε ότι η τιμή του ενδογενούς ρυθμού αύξησης πληθυσμού του είδους είναι 0,2399.

Από τη σύγκριση των δημογραφικών παραμέτρων των ειδών *C. septempunctata*, *H. convergens* και *M. persicae* παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές

μεταξύ των τιμών της ίδιας παραμέτρου μεταξύ των τριών ειδών. Το είδος *M. persicae* χαρακτηρίζεται από πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα αύξησης πληθυσμού συγκριτικά με τα δύο είδη Κολεοπτέρων, που φαίνεται από την τιμή του ενδογενούς ρυθμού αύξησης του πληθυσμού του (0,2399 απόγονοι/ θηλυκό/ ημέρα). Η τιμή r_m του είδους *M. persicae* σε συνδυασμό με την αντοχή του είδους στις χαμηλότερες θερμοκρασίες της άνοιξης, του επιτρέπει να αυξάνει τους πληθυσμούς του με ταχύ ρυθμό, αν η ποιότητα ξενιστή (καπνός) είναι καλή και δε λαμβάνονται υπ' όψη οι φυσικοί εχθροί του είδους. Η τιμή r_m του είδους *M. persicae* είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη τιμή του είδους *H. convergens* (0,1927) και πολύ μεγαλύτερη από την τιμή r_m του είδους *C. septempunctata* (0,0756). Αναμένεται επομένως ότι σε δεδομένο χρονικό διάστημα το είδος *H. convergens* θα δώσει μεγαλύτερο αριθμό γενιών και τελικά θα παρουσιάσει ταχύτερη αύξηση των πληθυσμών του συγκριτικά με το είδος *C. septempunctata*. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αποτελεί πλεονέκτημα για το είδος *H. convergens* στον ανταγωνισμό με το είδος *C. septempunctata*, αν οι πληθυσμοί του είδους *M. persicae* δεν αποτελούν περιοριστικό παράγοντα. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τις διαπιστώσεις των Wells & McPherson (1999) και τις παρατηρήσεις των πληθυσμών των δύο ειδών στο Βελεστίνο. Το είδος *C. septempunctata* είναι αυτό που εμφανίζεται πρώτο στον αγρό, εξαιτίας της ταχύτερης περάτωσης της διάπαυσης και της αντοχής του σε χαμηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με το είδος *H. convergens* (Κατσαρού 2001). Το είδος *H. convergens* εμφανίζεται αργότερα στον αγρό αλλά τελικά αυξάνει ταχύτερα τους πληθυσμούς του και τελικά επικρατεί.

Η χαμηλή τιμή r_m του είδους *C. septempunctata* μπορεί να αποδοθεί στην καθυστερημένη έναρξη ωοπαραγωγής και τη χαμηλή συνολική ωοπαραγωγή των θηλυκών του είδους που παρατηρήθηκαν, καθώς είναι γνωστό ότι η τιμή ενδογενούς ρυθμού αύξησης ενός είδους αυξάνεται όταν αυξάνεται ο συνολικός αριθμός απογόνων του ή μειώνεται η ηλικία πρώτης αναπαραγωγής του είδους (Lewontin 1965).

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι τα είδη *H. convergens* και *C. septempunctata* είναι ικανά να μειώσουν σημαντικά τους πληθυσμούς του είδους *M. persicae* κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες. Σημαντικότερη μείωση ωστόσο μπορεί να προκαλέσει το είδος *C. septempunctata*, εφ' όσον οι πληθυσμοί του είδους *M. persicae* δεν είναι περιοριστικός παράγοντας. Το είδος *H. convergens* φαίνεται ικανότερο να επιβιώνει όταν οι πληθυσμοί του

είδους *M. persicae* είναι χαμηλοί και χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ικανότητα αύξησης των πληθυσμών του, συγκριτικά με το είδος *C. septempunctata* στη συγκεκριμένη θερμοκρασία (23°C). Είναι πιθανό όμως ότι η υψηλότερη εκκολαψιμότητα των αυγών, η μεγαλύτερη τιμή pn και πιθανώς ο μεγαλύτερος αριθμός γενιών ανά έτος του είδους *H.convergens* έχουν ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη επίδραση του συγκεκριμένου είδους στους πληθυσμούς αφίδων *M. persicae*.

Σε φυσικές συνθήκες όμως (στον αγρό), η αποδοτικότητα των αρπακτικών κολεοπτέρων επηρεάζεται και από άλλους αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες, εκτός από τη θερμοκρασία και την τροφή. Η ικανότητα αναζήτησης των αφίδων στο χωράφι μειώνεται, λόγω του μεγαλύτερου χώρου και της διασποράς των αφίδων σε αυτόν. Επίσης, ο ανταγωνισμός με άλλα αρπακτικά είδη, οι αρνητικές επιπτώσεις των επιζήμιων για τα αρπακτικά Coccinellidae εντόμων καθώς και τα φυσικά εμπόδια που προκαλούνται από τη μορφολογία και τη δομή των φυτών, είναι παράγοντες που μειώνουν την ικανότητα αναζήτησης αφίδων των Coccinellidae. Η θερμοκρασία είναι επίσης σημαντικός παράγοντας, επειδή σε αντίθεση με το εργαστήριο, δεν είναι σταθερή και ελεγχόμενη. Έτσι, οι μεταβολές της και γενικότερα οι μεταβολές του καιρού, επηρεάζουν σημαντικά τη συμπεριφορά των αρπακτικών Coccinellidae.

Είναι λοιπόν απαραίτητο να συνεχιστεί η μελέτη των αρπακτικών αυτών και κάτω από άλλες συνθήκες. Πειράματα στο εργαστήριο σε διαφορετικές θερμοκρασίες, θα επιτρέψουν την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των Coccinellidae. Παράλληλα, τα πειράματα στον αγρό μπορούν να δώσουν πληροφορίες κάτω από πραγματικές συνθήκες φωτοπερίοδου, θερμοκρασίας, επάρκειας τροφής, σχετικής υγρασίας και αλληλεπιδράσεων με άλλα είδη. Η καλύτερη κατανόηση της δυναμικής των πληθυσμών των Coccinellidae στον αγρό, θα συμβάλλει στη βελτίωση των προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης των αφίδων του καπνού.

5) ABSTRACT

Coccinellid predators are a key factor influencing aphid populations. Numerous aphidophagous species of the Coccinellidae family, such as the convergent ladybeetle, *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) and the seven-spotted ladybeetle, *Coccinella septempunctata* L., are very important natural enemies in many agroecosystems.

In the present study, the life history characteristics of the two coccinellid species (*C. septempunctata* and *H. convergens*) and of the tobacco's aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), were examined at the constant temperature of 23°C and L16:D8. During the study, the daily aphid consumption, oviposition and number of hatched eggs were examined until the death of both males and females of the pairs examined for each species. The results regarding the oviposition, the hatchability and the population parameters of the two coccinellid species are considered to be indicative, due to the small number of replicates (pairs) examined for each species.

Based on the results of this study, it can be deduced that the pairs of *C. septempunctata* can consume almost three times more adult aphids of the species *M. persicae* during the lifetime, than the pairs of *H. convergens* at the same period, if the populations of *M. persicae* are not a limiting factor. For each of the two coccinellid species, it has also been found that females consume almost two times more adult aphids than the male adults.

The females of *C. septempunctata* presented a much longer preoviposition period than the period of females of the species *H. convergens*. The delay in reproduction of *C. septempunctata* females can be attributed to an entrance to a phase of reproductive diapause. The total fecundity and the general percentage of hatched eggs during the lifetime of *C. septempunctata* females were lower than the total number of eggs and hatched eggs of *H. convergens* females. The parthenogenetic females of *M. persicae* presented a shorter period of nymphal development, than the respective periods known for the two coccinellids. They also gave a large number of nymphs during their lifetime and presented a long life span.

The intrinsic rate of increase (r_m) of *M. persicae* was three times greater than the rate of *C. septempunctata* and also greater than the rate of increase of *H. convergens*. The intrinsic rate of increase of *H. convergens* was more than two times greater from the rate of increase of *C. septempunctata*. The results lead to the

conclusion that the populations of *M. persicae* increase rapidly and that the populations of *H. convergens* tend to increase faster than the populations of *C. septempunctata*. It could be concluded that *C. septempunctata* populations will be more abundant early in the growing season due to its greater tolerance at low temperatures. However, the populations of *H. convergens* will be abundant later, due to the greater rate of increase characterizing the species.

Summarising, both of the two coccinellid species may be important factors in regulating tobacco aphid populations in Greece. However, additional work is needed both in laboratory and field in order to elucidate the ecology of these predators as well as their impact on tobacco aphid populations.

6) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allen D.C., Knight F.B., & Foltz J.L. (1970). Invertebrate predators of the jack-pine budworm, *Choristoneura pinus*, in Michigan. *Annals of the Entomological Society of America*, **63**, 59-64.
- Banks C.J. (1954). The searching behaviour of coccinellid larvae on plants. *British Journal of Animal Behaviour*, **2**, 37-38.
- Banks C.J. (1957). The behaviour of individual coccinellid larvae on plants. *British Journal of Animal Behaviour*, **5**, 12-24.
- Barlow N.B. & A.F.G. Dixon (1980). Simulation of lime aphid population dynamics. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands, 165 pp.
- Beddington J.R. (1975). Mutual interference between parasites of predators and its effect on searching efficiency. *Journal of Animal Ecology*, **44**, 331-340.
- Birch L.C. (1948). The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology*, **17**, 15-26.
- Blackman R.L. (1967). Selection of aphid prey by *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella septempunctata* L. *Annals of Applied Biology*, **59**, 331-338.
- Blackman R.L. (1971). Variation in the photoperiodic response within natural populations of *Myzus persicae* (Sulzer). *Bulletin of Entomological Research*, **60**, 533-546.
- Blackman R.L. (1972). The inheritance of life-cycle differences in *Myzus persicae* (Sulz.) (Homoptera:Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, **61**, 281-294.
- Blackman R.L. & V.F.Eastop (1984). *Aphids on the world's crops. An identification guide*. J.Wiley & sons, pp. 314-315.
- Blackman R.L. (1988). Rearing and Handling Aphids. In: A.K.Minks and P.Harrewijn (Editors). *World Crop Pests, 2b. Aphids, Their Biology, Natural Enemies and Control*. Volume B. Elsevier.
- Brunt A.A., Crabtree K., Dallwitz M.J., Gibbs, A.J., & L.Watson,(1996). *Viruses of plants*. Descriptions and Lists from the VIDE Database. Cab International.
- Butt F.H. (1951). Feeding habitats and mechanism of the Mexican bean beetle. Cornell University Agricultural Experimental Station Memoirs, **306**, 32 pp., Ithaca, New York.

- Carey J.R. (1993). *Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects*. Oxford University, New York.
- Carter C.I. (1972). Winter temperatures and survival of the green spruce aphid *Forrestry Commission Forrestry Record*, **84**, 1-10.
- Carter N, Aikman D.P., & Dixon, A.F.G. (1978). An appraisal of Hughes' time-specific life table analysis for determining aphid reproduction and mortality rates. *Journal of Animal Ecology*, **47**, 677-687.
- Carter N.C. & A.F.G. Dixon (1982). Habitat quality and the foraging behaviour of coccinellid larvae. *Journal of Animal Ecology*, **51**, 865-878.
- Cavalloro R. (1983). *Aphid antagonists*. Balkema, Rotterdam, 143 pp.
- Cognetti G. (1967). Sexual genotypes and migratory tendencies in *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera:Aphididae). *Monitore Zoologico Italiano*, **1**, 229-234.
- Dean G.J. (1974). Effect of temperature on the cereal aphids *Metopolophium dirhodum* (Walker), *Rhopalosiphum padi* (Schranck) and *Macrosiphum avenae* (F.) (Hemiptera:Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, **63**, 401-409.
- Deloach C.J. (1974). Rate of increase of populations of cabbage, green peach,, and turnip aphids at constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, **67**, 332-340.
- DeWilde J., (1970). Hormones and insect diapause. *Memoirs of the Society of Endocrinology*, **18**, 487-514.
- Dixon A.F.G. (1958). Escape responses shown by certain aphids to the presence of the coccinellid, *Adalia decempunctata* (L.). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, **110**, 319-334.
- Dixon A.F.G. (1959). An experimental study of the searching behaviour of the predator coccinellid beetle *Adalia decempunctata* L.. *Journal of Applied Ecology*, **28**, 259-281.
- Dixon A.F.G. (1966). The effect of population density and nutritive status of the host on the summer reproductive activity of the sycamore aphid, *Drepanosiphum platanoides* (Schranck). *Journal of Animal Ecology*, **41**, 751-759.
- Dixon A.F.G. (1970). Factors limiting the effectiveness of the coccinellid beetle, *Adalia bipunctata* (L.), as a predator of the sycamore aphid, *Drepanosiphum platanoides* (Schranck). *Journal of Animal Ecology*, **39**, 739-751.

- Dixon A.F.G. & Wratten S.D. (1971). Laboratory studies in aggregation, size and fecundity in the black bean aphid, *Aphis fabae* (Scopoli). *Bulletin of Entomological Research*, **61**, 97-111.
- Dixon A.F.G. (1975). Seasonal changes in fat content, form, state of gonads and length of adult life in the sycamore aphid, *Drepanosiphum platanoides* (Schranck). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, **127**, 87-99.
- Dixon A.F.G. & Wellings R.W. (1982). Seasonability and reproduction in aphids. *International Journal of Invertebrate Reproduction*, **5**, 83-89.
- Dixon A.F.G., Chambers R.J., & Dharma T.R. (1982). Factors affecting size in aphids with particular reference to the black bean aphid, *Aphis fabae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **32**, 123-128.
- Dixon A.F.G. (1985). *Aphid ecology*. Blackie, Glasgow, 157pp.
- Dixon A.F.G. (1987). Parthenogenetic Reproduction and the Rate of increase in Aphids. In: A.K. Minks and P. Harrewijn (Editors). *World Crop Pests, 2A. Aphids, Their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol. A. Elsevier. Pp. 269-284.
- Dunn J.A. (1952). The effect of temperature on a pea aphid-ladybird relationship. National Vegetable Research Station. Wellesbourne, *Annual Report*, **2**, 21-23.
- Fleschner C.A. (1950). Studies on searching capacity of the larvae of three predators of the citrus red mite. *Kilgardia*, **20**, 233-265.
- Frazer B.D. & N.Gilbert (1976). Coccinellids and aphids: a quantitative study of the impact of adult ladybirds (Coleoptera:Coccinellidae) preying on field populations of pea aphids (Homoptera:Aphididae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, **73**, 33-56.
- Frazer B.D., Gilbert N., Ives P.M., & Raworth D.A. (1981a). Predator reproduction and the overall predator-prey relationship. *Canadian Entomologist*, **113**, 1015-1024.
- Frazer B.D., Gilbert N., Ives P.M., & Raworth D.A. (1981b). Predation of aphids by coccinellid larvae. *Canadian Entomologist*, **113**, 1043-1046.
- Frazer B.D. (1988). Coccinellidae. In: A.K. Minks and P. Harrewijn (Editors). *World Crop Pests, 2B. Aphids, Their biology, Natural Enemies and Control*. Vol. B. Elsevier, pp.231-247.
- Gilbert N. (1981). Comparison of predation rates. *Canadian Entomologist*, **113**, 1047-1048.

- Hagen K.S. (1962). Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annual Review Of Entomology*, **7**, pp.289-326.
- Hagen K.S. & R.van den Bosch (1968). Impact of pathogens, parasites and predators on aphids. *Annual Review of Entomology*, **13**, 325-384.
- Hagen K.S. & R. Hale (1974). Increasing natural enemies through use of supplementary feeding and non-target prey. In: F.G.Maxwell and F.A.Harris (Editors): *Proceedings of the Summer Institute on Biological Control of Plant Insects and Diseases*. University Press of Mississippi, Jackson, MS, pp.170-181.
- Harpaz I. (1958). Bionomics of the 11- spotted ladybeetle *Coccinella undecimpunctata* L., in a subtropical climate. *10. International Congress of Entomology*, Montreal 1956, **2**, 657-659.
- Hassell M.P. (1978). *The dynamics of arthropod predator-prey systems*. Princeton University Press, Princeton, NY.
- Heie O.E.(1980). Από Ilharco F.A.& A. Van Harten 1987. Systematics. In: A.K. Minks and P. Harrewijn (Editors), *World Crop Pests, 2A. aphids, Their biology, Natural enemies and Control*. Vol. A. Elsevier, pp.51-57.
- Hille Ris Lambers D. (1950). An apparently unrecorded mode of reproduction in Aphididae. *Proceedings of the 8th International Congress of Entomology*, p.235.
- Hodek I. & J.Cerkasov (1960). Prevention and artificial induction of the imaginal diapause in *Coccinella septempunctata* L., *Nature* (London), **187**, 345.
- Hodek I. & J.Cerkasov (1961). Prevention and artificial induction of the imaginal diapause in *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera:Coccinellidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **4**, 179-190.
- Hodek I. (1966). Voltinism and diapause in aphidophagous insects.pp.97- 102. In: I.Hodek (Editor), *Ecology of aphidophagous insects*. Academia, Praha & Junk, The Hague.
- Hodek I.(1966). Ecology of aphidophagous insects. *Proceedings of the Symposium of Liblice near Prague*, 1965, 360 pp.. Academia, Praha, Dr. W. Junk, Haag.
- Hodek I. (1973). *Biology of Coccinellidae*. Junk, The Hague.
- Hodek I. & Z. Rusicka (1979). Photoperiodic response in relation to diapause in *Coccinella septempunctata* (Coleoptera). *Acta Entomologica Bohemoslovakia* **76**, 209-218.

- Hodek I. (1986). Life cycle strategies, diapause and migration in aphidophagous Coccinellidae (minireview). *In: Ecology of Aphidophaga*, Hodek I. (Editor), Academia, Prague and Dr W. Junk, The Hague.
- Hodson A.C. (1937). Some aspects of the role of water in insect hibernation. *Ecology Monography*, **7**, 271-315.
- Hoffman M.P. & A.C. Frodsham (1993). *Natural Enemies of Vegetable Insect Pests. Cooperative Extension*. Cornell University, Ithaca, NY. 63pp.
<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/predators/c7.html>.
- Holling C.S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, **91**, 385-398.
- Holling C.S. (1963). An experimental component analysis of population processes. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, **32**, 22-32.
- Holling C.S. (1966). The functional response of invertebrate predators to prey density. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. **48**, 1-86.
- Houck M.A. & Strauss R.E. (1985). The comparative study of functional responses: experimental design and statistical interpretation. *Canadian Entomologist*, **115**, 617-629.
- Iperti G. (1966). Some components of efficiency in aphidophagous coccinellids of south-east France. *In: I. Hodek (Editor), Ecology of aphidophagous insects*. Academia, Praha and Junk, The Hague. pp.253.
- Katsoyannos P. (1976). Étude d' un prédateur; *Exochomus quadripustulatus* L. (Coleoptera:Coccinellidae) en vue d' une eventuelle utilization contre: *Saissetia oleae* (Homoptera:Coccoidea-Coccidae) dans les oliveraies de la Grece. These Docteur d' Ingenieur de l' Universite des Sciences Et Technique du Languedoc, Montpellier, France, 144pp.
- Katsoyannos P., Stathas G.J.,& Kontodimas D.C. (1997). Phenology of *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera:Coccinellidae) in Greece.- *Entomophaga*, **42**, 435-444.
- Κατσαρού Ι. (2001). Μελέτη δημογραφικών παραμέτρων των αρπακτικών *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) και *Coccinella septempunctata* L. σε διάφορες θερμοκρασίες. Πτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος. σ.50-52.
- Kennedy J.S., Day M.F., & Eastop V.F. (1962). *A conspectus of aphids as vectors of plant viruses*. Commonwealth Institute of Entomology, London, 114 pp.

- Kesten U. (1969). Zur Morphologie und Biologie von *Anatis ocellata* (L.) (Coleoptera:Coccinellidae), *Zurnal angew. Entomologie*, **63**, 412-445.
- Leather S.R., Ward S.A., & A.F.G. Dixon (1983a). The effect of nutrient stress on some life history parameters of the black bean aphid, *Aphis fabae* (Scopoli). *Oecologia*, (Berlin), **57**, 156-157.
- Leather S.R., Wellings P.W., & Dixon A.F.G., (1983b). Habitat quality and the reproductive strategies of the migratory forms of the bird cherry- oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.), colonizing secondary host plants. *Oecologia*, (Berlin), **59**, 302-306.
- Leather S.R. & A.F.G. Dixon (1984). Aphid growth and reproductive rates. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **35**, 137-140.
- Leather S.R. (1988). Size, reproductive potential and fecundity in insects. Things aren't as simple as they seem. *Oikos*, **51**, 386-390.
- Leather S.R. (1995). Factors affecting fecundity, fertility, oviposition, and larviposition in insects. In: S.R. Leather and J.Hardie (Editors), *Insect Reproduction*, CRC Press, Boca Raton. pp 143-174.
- Lewontin R.C. (1965). Selection for colonizing ability. In: H.G. Bakker and G.L. Stebbins (Editors), *The Genetics of Colonizing Species*. Academic Press, New York, pp. 77-94.
- Luck R.F., Shepard B., & P. Kenmore (1988). Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. *Annual Review of Entomology*, **33**, 367-391.
- Mack T.P. & Z.Smilowitz (1982). CMACSIM, a temperature dependent predator-prey model simulating the impact of *Coleomagilla maculata* (De Geer) on green peach aphids on potato plants. *Environmental Entomology*, **11**, 1193-1201.
- Mackauer M. (1983). Quantitative assessment of *Aphidius smithi* (Hymenoptera:Aphidiidae): Fecundity, intrinsic rate of increase, and functional response. *Canadian Entomologist*, **115**, 399-415.
- Majerus M.& P. Kearns (1989). *Ladybirds*. The Richmond Publishing Co. Ltd Great Britain.
- Μαργαριτόπουλος Ι. (2001). Μελέτη της βιολογίας πληθυσμών του σύμπλοκου είδους *Myzus persicae*. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος.
- Margaritopoulos J.T., Tsitsipis J.A., & D.C. Perdakis (2003). Biological characteristics of the mirids *Macrolophus costalis* and *Macrolophus pygmaeus*

- preying on the tobacco form of *Myzus persicae* (Hemiptera:Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, **93**, 39-45.
- Markow T.A. (1982). Mating systems of cactophilic *Drosophila*. In: J.S.F. Barker and W.T. Starmer (Editors), *Ecological Genetics And Evolution: The Cactus- Yeast- Drosophila Model System*. Academic Press, New York, pp.273-287.
- Markow T.A. (1996). Evolution of *Drosophila* mating systems. *Evolutionary Biology*, **29**, 73-106.
- Marks R.J. (1977). Laboratory studies of plant searching behaviour of *Coccinella septempunctata* L. larvae. *Bulletin of Entomological Research*, **67**, 235-241.
- Mills N.J. (1982). Voracity, cannibalism and coccinellid predation. *Annals of Applied Biology*, **101**, 144-148.
- Minks A.K. & P. Harrewijn (Eds) (1987). *World Crop Pests. Aphids, Their biology, Natural enemies and Control*. Elsevier.
- Mittler T.E. (1958). Studies on the nutrition of *Tuberolachnus salignus* (Gmelin) (Homoptera:Aphididae). III. The nitrogen economy. *Journal of Experimental Biology*, **35**, 626-638.
- Miyazaki M. (1987). Forms and Morphs of Aphids. In: A.K. Minks and P.Harrewijn (Editors). *World Crop Pests, 2A. Aphids, Their biology, Natural Enemies and Control*. Vol. A. Elsevier. pp 27-47
- Noda I. (1960). The emergence of winged viviparous female in aphids. VI. Difference in the rate of development between the winged and the unwinged forms. *Japanese Journal of Ecology*, **10**, 97-102.
- Norowi H.M. and P.J.Semtner (1990). Impact of initial densities of the convergent ladybeetle on tobacco aphid populations in tobacco. *MARDI Research Journal*, **18**, 171-183.
- Oaten A. & W.W. Murdoch (1975). Functional response and stability in predator-prey systems. *American Nature*, **109**, 289-298.
- O' Neil R.J. (1989). Comparison of laboratory and field measurements of the functional response of *Podisus maculiventris* (Hemiptera:Pentatomidae). *Journal of Kansas Entomological Society*, **70**, 40-48.
- Phoofolo M.W., J.J. Obrycki, & E.S.Krafsur (1995). Temperature dependent ovarian development in *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, **88**, 72-79 (in press).

- Phoofolo M.W. & J.J. Obrycki (1999). Demographic analysis and reproduction in Nearctic and Palearctic populations of *Coccinella septempunctata* and *Propylea Quatordecimpunctata*. *Biocontrol*, **45**, 25-43.
- Randolph P.A., Randolph J.C., & C.A. Barlow, (1975). Age-specific energetics of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Ecology*, **56**, 359-369.
- Ridley M. (1988). Mating frequency and fecundity in insects. *Biological Review*, **63**, 509-549.
- Riudavets J. & Castañé C. (1998). Identification and Evaluation of Native predators of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera:Thripidae) in the Mediteranean. *Environmental Entomology*, **27** (1), 86-93.
- Rodriguez-Saona C & J.C Miller (1994). Life history traits in *Hippodamia convergens* (Coleoptera:Coccinellidae) after selection for fast development. *Biological Control*, **5**, 389-396.
- Simon J.C., Blackman R.L., & J.F Le Gallic (1991). Local variability in the life cycle of the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (Homoptera:Aphididae) in western France. *Bulletin of Entomological Research*, **81**, 315-322.
- Solomon M.E. (1949). The natural control of animal populations. *Journal of Animal Ecology*, **18**, 1-35.
- Stewart L.A., A.F.G. Dixon, Ruzicka Z., & G. Iperti, (1991). Clutch and egg size in ladybird beetles. *Entomophaga*, **36**, 329-333.
- Storch R.H. (1976). Prey detection by fourth stage *Coccinella transversoguttata* larvae (Coleoptera:Coccinellidae). *Animal Behaviour*, **24**, 690-693.
- Stubbs M. (1980). Another look at prey detection by coccinellids. *Ecological Entomology*, **5**, 179-182.
- Takada H. (1979). Characteristics of forms of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera:Aphididae) distinguished by colour and esterase differences and their occurrence in populations on different host plants in Japan. *Applied Entomology and Zoology*, **14**, 370-375.
- Taylor L.R. (1975). Longevity, fecundity and size, control of reproductive potential in a polymorphic migrant, *Aphis fabae* (Scopoli). *Journal of Animal Ecology*, **44**, 135- 159.
- Thornback N. (1983). The factors determining the abundance of *Metopolophium dirhodum* (Walker), the rose grain aphid. Phd Thesis, University of East Anglia Norwich, 233 pp.



- Ward S.A. & Dixon A.F.G. (1982). Selective resorption of aphid embryos and habitat changes relative to life-span. *Journal of Animal Ecology*, **51**, 854-864.
- Ward S.A., Dixon A.F.G., & Wellings P.W. (1983). The relationship between fecundity and reproductive investment in aphids. *Journal of Animal Ecology*, **52**, 451-461.
- Watt A.D. & Dixon A.F.G. (1981). The role of cereal growth stages and crowding in the induction of alatae in *Sitobion avenae* and its consequences for population growth. *Ecological Entomology*, **6**, 441-447.
- Wellings P.W. & Dixon A.F.G. (1983). Physiological constraints on the reproductive activity of the sycamore aphid: the effect of developmental experience. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **34**, 227-232.
- Wells M. L. & R. M. McPherson (1999). Population dynamics of three Coccinellids in flue-cured tobacco and functional response of *Hippodamia convergens* (Coleoptera:Coccinellidae) feeding on tobacco aphids (Homoptera:Aphididae). *Environmental Entomology* **28**, 768-773.
- Wiedemann, R.N. & R.J. O'Neil (1991). Laboratory measurement of the functional response of *Podisus maculiventris* (Hemiptera:Pentatomidae). *Environmental Entomology*, **20**, 610-614.
- Whitham T.G. (1978). Habitat selection by *Pemphigus* aphids in response to resource limitations and competition. *Ecology*, **59**, 1164-1176.
- Wratten S.D. (1977). Reproductive strategy of winged and wingless morphs of the aphids *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum*. *Annals of Applied Biology*, **85**, 319-331.
- Wyatt I.J. & P.F. White (1977). Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and Tetranychid mites. *Journal of Applied Ecology*, **14**, 757-766.
- Zagorovsky A.V. 1947. Leaf peach aphid (*Myzodes persicae* Sulzer) as a tobacco pest in Uzbekistan and measures of its control. Vsesojuznyi Institut Tabaka and Makhorki, Frunze ZOS, 45 pp. (in Russian)