

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
Ι Δ Ρ Υ Μ Α



ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΡΩΗΝ ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΤΟ ΑΡΠΑΚΤΙΚΟ *COCCINELLA*
SEPTEMPUNCTATA»

Σπουδαστής:

Λουλουδάκης Ιωάννης

Καλαμάτα, Σεπτέμβριος 2017

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
Α ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΑΦΙΔΕΣ	9
Τύποι των κύκλων ζωής.....	11
Ετερόοικες Αφίδες	12
Μονόοικες Αφίδες	16
Διετείς κύκλοι ζωής.....	17
Βιολογικοί κύκλοι εκ γονιμοποίησης (ολοκυκλικά) και εκ παρθενογονίας (ανολοκυκλικά)	17
Παράγοντες που καθορίζουν την παραγωγή διαφορετικών μορφών	19
Καθορισμός σεξουαλικών μορφών	19
Περιβαλλοντικός καθορισμός.....	20
Ενδογενείς παράγοντες	21
Καθορισμός των σεξουαλικών πτερωτών μορφών	21
Πυκνότητα πληθυσμού	22
Διατροφή	23
Φυσικοί εχθροί, παθογόνα και συμβιωτικά	24
Άλλοι παράγοντες	26
Διαπαύουσες μορφές	26
Η σημασία διαφορετικών μορφών στην προστασία των καλλιεργειών	28
Η κατάσταση παρασιτισμού	28
Μετάδοση ιών	28
Πρόβλεψη	29
Αρπακτικά, Παρασιτοειδή και Παθογόνα	30
Ειδικότερα για την ολοκληρωμένη (IPM, Integrated Pest Management)	31
Γενικά για τα Coccinellids	33
Βιολογικός κύκλος.....	34
Ωά.....	35
Προνύμφες.....	36

Pupa.....	37
Ανάπτυξη και θνησιμότητα	37
Το αρπακτικό έντομο <i>Coccinella septempunctata</i> (Coleoptera: Coccinellidae).	38
Το αρπακτικό έντομο <i>Hippodamia variegata</i> (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae).	40
Ο βιολογικός κύκλος του <i>Hippodamia variegata</i>	41
Μέθοδοι καταπολέμησης.....	41
Βιολογική Καταπολέμηση.....	41
Πλεονεκτήματα Βιολογικής Καταπολέμησης	43
Μειονεκτήματα Βιολογικής Καταπολέμησης.....	43
Ολοκληρωμένη Καταπολέμηση.....	44
Πλεονεκτήματα Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης	45
Μειονεκτήματα Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης.....	45
Σκοπός Εργασίας	47
Β Ειδικό Μέρος	48
Υλικά και Μέθοδοι	48
Πειραματικό Υλικό	48
Διατήρηση πειραματικού υλικού	48
Γ. Πειραματική Μεθολογία	51
Δ. Ανάλυση στοιχείων	52
Αποτελέσματα.....	53
Συζήτηση.....	58
Βιβλιογραφία.....	61

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αρπακτικά κολεόπτερα της οικογένειας Coccinellidae είναι σημαντικοί θηρευτές πολλών ειδών αφίδων. Εν τούτοις, η προσπάθεια ενσωμάτωσης τους σε προγράμματα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης των Έχθρων δεν έχει πάντα τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αυτό μπορεί να οφείλεται, εν μέρει, στη θνησιμότητα που προκαλείται από την έκθεση των αρπακτικών σε υπολείμματα εντομοκτόνου τα οποία παραμένουν στο σώμα του θηράματός τους, ή επάνω στην επιφάνεια του φυτού ξενιστή των θηραμάτων (αφίδων).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η τοξικότητα επί των αρπακτικών, δυο εντομοκτόνων, του imidacloprid (Confidor 20SL, Bayer Crop Science Ελλάς ABEE) και του deltamethrin (Decis 2,5EC, Bayer Crop Science Ελλάς ABEE), με τη διατροφή των αρπακτικών με μολυσμένη λεία (αφίδα με το εντομοκτόνο). Τα πειράματα έγιναν σε προνύμφες 4^{ης} ηλικίας σε δυο πληθυσμούς του *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), ο ένας από την Πάρο και ο άλλος από το Παραδείσι Κορινθίας, καθώς και σε έναν πληθυσμό του αφιδοφάγου *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) από την Καλαμάτα, σε συνθήκες εργαστηρίου. Ως θήραμα των πιο πάνω αρπακτικών χρησιμοποιήθηκε η αφίδα *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το deltamethrin και το imidacloprid ήταν εξαιρετικά τοξικά για τις προνύμφες 4^{ης} ηλικίας και για τα δυο είδη αρπακτικών. Το LD₅₀ στην περίπτωση του *C. septempunctata* για τον πληθυσμό της Πάρου και του Παραδεισίου βρέθηκε 28.9 ppm και 78.6 ppm αντίστοιχα, για το imidacloprid και 0.02 ppm και 0.03 ppm για το deltamethrin, αντίστοιχα. Στην περίπτωση του *H. variegata* το LD₅₀ βρέθηκε 51.2 ppm και 0.07 ppm για τα imidacloprid και deltamethrin, αντίστοιχα.

Η υψηλή τοξικότητα των εντομοκτόνων ιδιαίτερα του deltamethrin και του imidacloprid σε προνύμφες 4^{ης} ηλικίας των *C.septempunctata* και *H. variegata* που βρέθηκαν στις συνθήκες του συγκεκριμένου πειράματος, δείχνουν την

ανάγκη περαιτέρω μελέτης στον αγρό, ώστε να μπορούν να μπορούν να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Abstract

Coccinellids are important predators of many aphid species, but attempts to incorporate them into integrated pest management (IPM) strategies have resulted in varied success. The variable response may, in part, be due to exposure to insecticide residues on plant surfaces and contaminated prey, both through mortality.

In the present study, the toxicity of two insecticides is studied, through the consumption of prey contaminated with, imidacloprid (Confidor 20SL, Bayer Crop Science Hellas SA) and deltamethrin (Decis 2,5EC, Bayer Crop Science Greece SA) in 4th instar larvae of two populations (from Paros and Paradisia Korinthias) of *Coccinella septempunctata* L. and one (from Kalamata) of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions. The aphid *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) was used as prey.

The results showed that the deltamethrin and imidacloprid was extremely toxic to the 4th instar larvae of both species. The LD₅₀ in the case of *C. septempunctata* regarding the population of Paros and Paradisia found 28.9ppm and 78.6ppm for imidacloprid, respectively; 0.02ppm and 0.03ppm for deltamethrin, respectively. In the case of *H. variegata*, the LD₅₀ found 51.2 ppm and 0.07 ppm for imidacloprid and deltamethrin, respectively.

The high toxicity of insecticides, especially deltamethrin and imidacloprid, to 4th instar larvae of *C. septempunctata* and *H. variegata* that was recorded under the laboratory conditions of the present study, indicates the necessity for field research in order to draw more accurate conclusions.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα εργασία πραγματεύεται η επίδραση εντομοκτόνων στα αρπακτικά Κολεόπτερα και συγκεκριμένα στα είδη *Hippodamia variegata* και *Coccinella septempunctata*.

Η πτυχιακή διατριβή αποτελείται από δύο μέρη, το γενικό μέρος και το ειδικό μέρος. Στο γενικό μέρος γίνεται η περιγραφή του Βιολογικού κύκλου των αφίδων και άλλες γενικές πληροφορίες, καθώς και ο βιολογικός κύκλος, ανατομία διατροφικές συνήθειες και άλλες πληροφορίες για το σύμπλεγμα των Coccinellid.

Το ειδικό μέρος περιλαμβάνει την περιγραφή των πειραματικών εργασιών, οι οποίες έλαβαν μέρος στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του ΤΕΙ Πελοποννήσου στα πλαίσια της πτυχιακής διατριβής και τα αποτελέσματα και τη συζήτηση αυτών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον υπεύθυνο επιβλέποντα Δρ. Παναγιώτη Σκούρα για την υπόδειξη του συγκεκριμένου θέματος, την εκπαίδευση, την εμπιστοσύνη του και την ολόπλευρη βοήθεια την οποία μου καθ' όλη τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Επίσης, θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Γ. Σταθά για τις πολύτιμες συμβουλές και την αμέριστη βοήθεια του στο όλο εγχείρημα.

Α ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΑΦΙΔΕΣ

Υπάρχουν περίπου 4700 είδη Aphididae στον κόσμο. Από αυτά γύρο στα 450 έχουν καταγραφεί σε καλλιεργήσιμα φυτά και από αυτά μόνο τα 100, περίπου, έχουν επικρατήσει στα καλλιεργούμενα εδάφη σε τέτοιο βαθμό που να έχουν σημαντικό οικονομικό ρόλο. Τα πιο σημαντικά στη γεωργία είδη προέρχονται από την υποοικογένεια Aphidinae, όχι μόνο λόγω του ότι είναι γενικά η μεγαλύτερη αλλά επειδή της ανήκει ένα πολύ σημαντικό κομμάτι ειδών που θρέφονται σε βοτανοειδή φυτά. Κάποιες άλλες μεγάλες υποοικογένειες (π.χ. Calaphidinae και Lachninae) περιορίζονται κυρίως σε δενδρώδη φυτά όπως οι περισσότερες και μικρότερες υποοικογένειες.

Η Aphidoidea είναι μία από τις τρεις οικογένειες που ανήκουν στην υπεροικογένεια Aphidoidea, οι άλλες δύο είναι οι Adelgidae (ή χνουδωτή των κωνοφόρων) και Phylloxeridae, η οποία επίσης βρίσκεται κατεξοχήν σε δέντρα εμπεριέχει όμως την γνωστή *Viteus vitifoliae* (φυλλοξήρα της αμπέλου). Στο γενικό πλαίσιο των Hemiptera, η Aphidoidea είναι τοποθετημένη στην υπόταξη Sternorrhyncha μαζί με τις Coccoidea, Aleyrodoidea και Psylloidea. Ιστορικά η Sternorrhyncha έχει τοποθετηθεί με την Auchenorrhyncha σαν Homoptera, κυτταρικές μελέτες όμως έχουν αποδώσει ισχυρές ενστάσεις για την μακρόχρονη αυτή οπτική, όπου βασισμένα σε μορφολογικά και εμβρυολογικά στοιχεία δείχνουν ότι αυτές δεν έχουν κάποιο κοινό πρόγονο, καθιστώντας την οπτικά λανθάνουσα. Η γενική ομοφωνία θέλει πλέον το κυριότερο τμήμα των Hemiptera ενσωματωμένο στα Sternorrhyncha και μία κοντινή ομάδα αποτελούμενη από Auchenorrhyncha και Heteroptera.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, η κυκλική παρθενογένεση, διαχωρίζει τις αφίδες από τα υπόλοιπα Hemiptera και τις επηρεάζει στην βιολογία τους από κάθε άποψη. Το σύστημα εναλλαγής μίας αμφίφυλης γενεάς σε μία παρθενογενετική συναντάται σε όλη την Aphidoidea και πιθανών να προέρχεται ακόμα από την Τριασική περίοδο. Με αυτόν τον τρόπο γενεές αφίδων περιπλέκονται δημιουργώντας έναν πολύ αποδοτικό τρόπο εξάπλωσης.

Οι αφίδες παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα περίπλοκων κύκλων ζωής. Κάθε κύκλος ζωής διαιρείται σε έναν αριθμό σταδίων, με το κάθε στάδιο να χαρακτηρίζεται από μία ή περισσότερες μορφές (αλλαγές που συμβαίνουν στην αφίδα). Κάθε μία από αυτές τις αλλαγές έχει συγκεκριμένη λειτουργία, που είναι απαραίτητη για την ολοκλήρωση του κάθε σταδίου του κύκλου ζωής. Οι χαρακτηριστικοί κύκλοι ζωής των αφίδων παρουσιάζουν μορφές που ειδικεύονται στην αναπαραγωγή, την εξάπλωση και την επιβίωση σε ακραίες ή λιγότερο ευνοϊκές κλιματικές ή διατροφικές συνθήκες. Δεν παρασιτούν όλες οι μορφές των αφίδων στις καλλιέργειες. Παρακάτω το κείμενο πραγματεύεται τον τρόπο με τον οποίο αυτοί οι κύκλοι ζωής και οι σχετικές τους μορφές επηρεάζουν την πιθανότητα οι αφίδες να γίνουν παράσιτα των καλλιεργειών και τη σημασία των διαφορετικών κύκλων ζωής για τους εντομολόγους.

Οι διαφορετικοί κύκλοι ζωής των αφίδων μπορούν να είναι πολύ σημαντικοί στην επίδραση που έχουν οι αφίδες στις καλλιέργειες. Για παράδειγμα, ο κύκλος ζωής θα καθορίσει το αν ένα είδος πρόκειται να έρθει σε επαφή με καλλιέργειες και τον αριθμό των διαφορετικών καλλιεργειών με τον οποίο πιθανά έρθει σε επαφή κατά τη διάρκεια ενός έτους. Επίσης, η πληθυσμιακή πυκνότητα ενός είδους αφίδων εξαρτάται, κάθε χρονιά, από παράγοντες όπως η θερμοκρασία και οι φυσικοί εχθροί, αλλά η σχετική σημασία αυτών των παραγόντων εξαρτάται από τον εκάστοτε κύκλο ζωής της. Η μορφή ενός συγκεκριμένου είδους αφίδας που μολύνει μία καλλιέργεια επηρεάζει και τον βαθμό της ζημιάς που θα κάνει. Για παράδειγμα, η άπτερη παρθενογενετική μορφή αναπαράγεται με ρυθμό 70% μεγαλύτερο από την φτερωτή αντίστοιχη (Noda, 1959; Dixon and Wratten, 1971), παρόλο που προφανώς δεν έχουν ικανότητά για μακροπρόθεσμη εξάπλωση. Γι' αυτό, λοιπόν, το λόγο είναι

σημαντικό να κατανοήσει κανείς τους κύκλους ζωής και τις μορφές τους, ώστε να καθοριστεί το αν και το πως ένα είδος θα βλάψει μία καλλιέργεια, αλλά και για την αξιολόγηση και βελτίωση των μέτρων ελέγχου.

Εδώ περιγράφονται αρχικά οι σημαντικότεροι τύποι των κύκλων ζωής των αφίδων και οι διάφορες μορφές που σχετίζονται με το κάθε στάδιο του εκάστοτε κύκλου. Στη συνέχεια παρατίθενται οι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή των μορφών εκείνων που προκαλούν ζημιά στις καλλιέργειες. Τέλος, εξετάζεται η σημασία των κύκλων ζωής και η πολυμορφία, στον καθορισμό της παρασιτικής κατάστασης ενός είδους αφίδων, παράλληλα με τις επιπτώσεις για την πρόβλεψη και τον πληθυσμιακό έλεγχο. Τα παραδείγματα αφορούν κυρίως τις ομάδες Aphidinae και Eriosomatinae, που περιέχουν τα σημαντικότερα παράσιτα, παρόλο που οι κύκλοι ζωής άλλων ειδών αναφέρονται, για τη διεξαγωγή συγκρίσεων.

Τύποι των κύκλων ζωής

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι κύκλων ζωής των αφίδων, βασισμένοι στον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν τα φυτά ξενιστές: εναλλασσόμενου ξενιστή (ετερόοικες) και μη εναλλασσόμενου ξενιστή (μονόοικες). Οι αφίδες εναλλασσόμενου ξενιστή ζουν σε ένα είδος φυτού το χειμώνα (πρωτεύων ξενιστής), ενδημούν σε ένα μη σχετικό είδος φυτού (δευτερεύων ξενιστής) το καλοκαίρι και επιστρέφουν στον πρωτεύοντα ξενιστή το φθινόπωρο. Τα ωά παράγονται στον πρωτεύοντα ξενιστή, μετά το ζευγάρωμα αρσενικών και θηλυκών κλώνων. Οι αφίδες που διακόπτουν την παρθενογένεση με σεξουαλική αναπαραγωγή αυτού του τύπου ονομάζονται ολοκυκλικές ή εκγονιμοποιησέως (holocyclic). Οι αφίδες μη εναλλασσόμενου ξενιστή παραμένουν είτε στο ίδιο είδος ξενιστή είτε μετακινούνται σε αρκετά συναφή είδη κατά τη διάρκεια του έτους. Με άλλα λόγια μπορούν να παράξουν ωά σε διαφόρων ειδών φυτών-ξενιστών που τρέφει όλες τις παρθενογεννητικές γενιές. Κάποια είδη αφίδων δεν παράγουν ποτέ ωά, και αυτά είναι γνωστά ως ανολοκυκλικά ή εκ

παρθενογονίας (anholocyclic). Κάποια είδη αφίδων παρουσιάζουν αναπαραγωγή εξίσου μέσω εκ γονιμοποιήσεως και εκ παρθενογονίας, αλλά σπάνια κατατάσσονται και στους δύο τύπους κύκλων ζωής. Αυτοί οι τύποι αναλύονται παρακάτω, αλλά και η σημασία του καθορισμού της παρασιτικής κατάστασης των ειδών. Υπάρχουν σημαντικά παράσιτα καλλιεργειών σε όλες τις μεγάλες κατηγορίες.

Ετερόοικες Αφίδες

Από τη σκοπιά ενός εντομολόγου, οι ετερόοικες αφίδες είναι συνήθως σημαντικότερες από τα μονόοικα είδη, καθώς ο δευτερεύων ξενιστής των πρώτων εντάσσεται συνήθως στα ποώδη φυτά και συχνά ένα καλλιεργήσιμο είδος. Γι' αυτό το λόγο, και εξ' αιτίας του ασυνήθιστου κύκλου ζωής, αυτές οι αφίδες έχουν μελετηθεί λεπτομερώς, παρόλο που μόνο το 10% περίπου των ειδών έχουν τέτοιο κύκλο ζωής. Παρά τη σπανιότητα του, η εναλλαγή ξενιστή είναι πολύ διαδεδομένη σε ομάδες αφίδων, καθώς το βλέπουμε σε τέσσερις από τις οχτώ υποοικογένειες Aphididae (Aphidinae, Anoeciinae, Hormaphidinae και Eriosomatinae) (Shaposhnikov, 1981), γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτός ο τύπος κύκλου ζωής έχει εξελιχθεί αρκετές φορές.

Κατά κανόνα, το ζευγάρωμα γίνεται το φθινόπωρο σε ένα φυτό πρωτεύοντος ξενιστή, συνήθως ξυλώδους είδους. Τα ωά γεννιούνται το χειμώνα. Την άνοιξη, τα ωά εκκολάπτονται και συνήθως ξεκινά μια ακολουθία δύο εξαιρετικά γόνιμων άπτερων μορφών, της fundatrix ή θεμελιωτικό άτομο (ώριμο άπτερο θηλυκό που παράγει απογόνους εκ παρθενογονίας), και της fundatrigenia (απόγονος εκ παρθενογονίας της fundatrix). Αυτές οι μορφές ενδημούν στο δευτερεύοντα ξενιστή, συνήθως ένα ποώδες φυτό, όπου και αναπαράγονται εκ παρθενογονίας κατά το καλοκαίρι. Μετά από αρκετές γενεές εκ παρθενογονίας, παράγονται τα πτερωτά αρσενικά και τα πτερωτά θηλυκά (gynoparae) άτομα, τα οποία επιστρέφουν στον πρωτεύοντα ξενιστή. Τα πτερωτά θηλυκά (gynoparae) παράγουν θηλυκά για ζευγάρωμα (oviparae), τα οποία στη συνέχεια ζευγαρώνουν με τα αρσενικά και παράγουν τα διαχειμάζοντα

ωά. Υπάρχει μεγάλη ποικιλομορφία σε αυτό το θέμα. Για παράδειγμα τα ωά της *Brachycaudus helichrysi* (αφίδες που προκαλούν συστροφή φύλλων στη δαμασκηλιά) εκκολάπτονται το φθινόπωρο και το θεμελιωτικό άτομο (fundatrix) εμφανίζεται το χειμώνα. Ο αριθμός των γενεών μεταξύ της εκκόλαψης των ωών και της αποδημίας στο δευτερεύοντα ξενιστή διαφέρει σε ορισμένα είδη και ίσως εξαρτάται από την διατροφική ποιότητα του πρωτεύοντος ξενιστή.

Το θεμελιωτικό άτομο (fundatrix) συνήθως έχει μειωμένες αισθητηριακές ικανότητες και ικανότητες εξάπλωσης. Γενικά έχει πιο κοντά πόδια, ουρά (cauda), αγωγούς εκκρίσεων (siphunculi), και συχνά κεραίες με λιγότερα τμήματα από άλλες μορφές. Ανάλογα με το είδος, η fundatrix μπορεί να είναι πτερωτή, άπτερη, ή βραχύπτερη (υποτυπώδη φτερά, μη λειτουργικά). Τα θεμελιωτικά άτομα (fundatrices) γενικά έχουν περισσότερες ωοθήκες (ovarioles) στους γεννητικούς αδένες (Dixon, 1975; Wellings et al., 1980), με αποτέλεσμα να πετύχουν υψηλότερο ρυθμό αναπαραγωγής (Wellings et al., 1980; Leather and Wellings, 1981). Τα σώματα τους είναι πιο στρογγυλά από αυτά άλλων μορφών εκ παρθενογονίας, και πολλές φορές μπορεί να είναι μεγαλύτερα. Μεγάλο μέρος αυτής της μορφολογίας σχετίζεται και πάλι με την ικανότητα υψηλού ρυθμού αναπαραγωγής, ο οποίος μπορεί, σε ακραίες περιπτώσεις, να είναι μέχρι και 20 φορές υψηλότερος από τον αντίστοιχο μεταγενέστερων γενεών εκ παρθενογονίας (Hille Ris Lambers, 1966). Οι απόγονοι εκ παρθενογονίας του fundatrix (fundatrigeniae) έχουν ένα παρόμοια υψηλό ρυθμό αναπαραγωγής και παρόμοια μορφολογία. Αυτές οι δύο μορφές οδηγούν στην παραγωγή ενός μεγάλου αριθμού μεταναστευτικών ατόμων της άνοιξης (άτομα που μετακινούνται κατά την άνοιξη σε άλλο ξενιστή). Από αυτούς υπολογίζεται ότι μόνο το 0.2-1% επιτυγχάνει να εγκατασταθεί σε φυτό- ξενιστή (Taylor, 1977; Ward et al., 1998). Η υψηλή αναπαραγωγή στον πρωτεύοντα ξενιστή (από το fundatrix και τα fundatrigeniae), και αργότερα στον κύκλο ζωής στους δευτερεύοντες ξενιστές (από άλλα εκ παρθενογονίας θηλυκά), αντισταθμίζει τις πιθανά τεράστιες απώλειες κατά την μετακίνηση (Kundu and Dixon, 1995). Η παράλληλη ύπαρξη άφθονων φυτών κατάλληλων για αποίκιση σε διαφορετικές εποχές του έτους και η ικανότητα των αφίδων να παράγουν έναν αριθμό γενεών που αναπαράγονται

με ταχείς ρυθμούς και διαδέχονται γρήγορα η μία την άλλη, έχουν ως αποτέλεσμα οι αφίδες να αξιοποιούν την εναλλαγή ξενιστών ως τρόπο ζωής (Kundu and Dixon, 1995).

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αναπτύσσονται αρκετές γενεές εκ παρθενογονίας στον δευτερεύοντα ξενιστή. Είναι αυτή η φάση στον κύκλο ζωής που συνήθως προκαλεί τις ζημιές στις καλλιέργειες. Σε αυτές τις γενεές μπορεί συχνά να δει κανείς περαιτέρω πολυμορφία, η οποία προκαλείται είτε από περιβαλλοντικούς παράγοντες, είτε από άμεσο γενετικό έλεγχο, πράγμα που εξαρτάται από τη γενιά. Για παράδειγμα, στην Aphidinae, η πρώτη γενιά που παράγεται στον δευτερεύοντα ξενιστή είναι συνήθως άπτερη και συχνά έχει μικρότερα τμήματα και μερικές φορές λιγότερα τμήματα κεραίας, σε σχέση με τους κλώνους της δεύτερης και των επόμενων γενεών. Αυτά τα χαρακτηριστικά μοιάζουν με εκείνα του fundatrix, πράγμα που υποδεικνύει μια βαρύτητα στην αναπαραγωγή εις βάρος αισθητηριακών ικανοτήτων και εξάπλωσης. Αυτό σχετίζεται με μια πίεση θηρευτών στις αρχές του καλοκαιριού και καθώς οι αντίπαλοι πληθυσμοί αυξάνονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η συνεχώς αυξανόμενη “επένδυση” στις αισθητηριακές λειτουργίες και λειτουργίες εξάπλωσης, ίσως προσδίδουν έως κάποιο βαθμό προστασία (Lang and Gsodl, 2001).

Οι αφίδες αποικούν εύκολα νέα περιβάλλοντα, όπως νεοεμφανιζόμενες καλλιέργειες και μονοετή φυτά, και αυξάνουν τον πληθυσμό τους σε μεγάλο βαθμό γρήγορα, πράγμα που τις προδιαθέτει να γίνουν παράσιτα και δυσχεραίνει τον έλεγχό τους. Η ικανότητά τους να αυξάνουν τον πληθυσμό τους ταχύτατα μπορεί, επίσης, να τους επιτρέψει να τροποποιήσουν τον μεταβολισμό του φυτού και να βελτιώσουν την ποιότητά του για εκείνες και τις επόμενες γενεές (Prado and Tjallingii, 1997; Williams et al., 1998). Τέτοια θετική ανατροφοδότηση είναι γνωστή στις αφίδες που προκαλούν ογκίδια στα φυτά, αλλά παράλληλα είναι ένας παράγοντας που παροτρύνει την ταχύτερη ανάπτυξη του πληθυσμού αφίδων που δεν τα προκαλούν στις καλλιέργειες.

Η πολυμορφία στις εκ παρθενογονίας άπτερες μορφές είναι αξιοσημείωτη στις αφίδες που προκαλούν ογκίδια. Τα θεμελιωτικά άτομα (fundatrices) αυτών

των αφίδων συχνά έχουν πολύ κοντά τμήματα και πολύ μειωμένη αισθητηριακή ικανότητα, και παρόμοιες μορφές παράγονται ξανά μετά τη μετανάστευση στον θερινό ξενιστή. Η συγκέντρωση κοντά από ένα τέτοιο ογκίδιο βοηθά τις αφίδες να μειώσουν την εξαπλωτική και αισθητηριακή τους ικανότητα, ώστε να μεγιστοποιήσουν την αναπαραγωγή, καθώς βρίσκονται προστατευμένες. Πολλά από τα είδη των Pemphiginae και Hormaphidinae παράγουν στρατιώτες, οι οποίοι συνήθως είναι προνύμφες, αναπαραγωγικά στείροι, οπότε λόγω μορφολογίας και συμπεριφοράς, ειδικεύονται στο να υπερασπίζονται τους ενοίκους ενός ογκιδίου. Παραδόξως, αυτοί οι μικροί και εύθραυστοι στρατιώτες, οι οποίοι βρίσκονται συχνά σε μεγάλους αριθμούς, είναι πολύ αποτελεσματικοί στο να προστατεύουν τις αποικίες έναντι ενός μεγάλου εύρους φυσικών εχθρών (Stern and Foster, 1996), και μπορούν ακόμα να επισκευάσουν τα ογκίδια που έχουν υποστεί ζημιά από κάμπιες (Kurosue et al., 2003). Παρόλα αυτά, τέτοια είδη δεν είναι γενικά πολύ σημαντικά ως παράσιτα και γι' αυτό δεν θα αναφερθούν περαιτέρω.

Τα φτερωτά θηλυκά (gynoparae) άτομα και τα αρσενικά είναι συνήθως πτερωτά και, αφού ενηλικιωθούν, παρουσιάζουν διαφορές από τις μητέρες και τους μετανάστες της άνοιξης στην προτίμηση του φυτού-ξενιστή, καθώς προτιμούν τον πρωτεύοντα, παρά τον δευτερεύοντα ξενιστή (Powell and Hardie, 2001; Tosh et al., 2003). Στο είδος Aphidinae οι μορφολογικές διαφορές μεταξύ των πτερωτών εκ παρθενογονίας μορφών και των gynoparae είναι σχετικά μικρές και γενικά περιορίζονται στις κεραίες.

Η παραγωγή των αρσενικών και των gynoparae προσωρινά διαχωρίζεται, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα οι απόγονοι των gynoparae (τα ωτόκα ονίπαραε) να συνυπάρχουν χρονικά με τα αρσενικά. Όπως και οι αρσενικές αφίδες, τα ωτόκα θηλυκά έχουν μικρή πολυμορφία και είτε έχουν παρόμοιο μέγεθος με τα άπτερα εκ παρθενογονίας θηλυκά που παράγονται το καλοκαίρι, είτε είναι μικρότερα (Dixon et al., 1998). Τα ωτόκα θηλυκά (ονίπαραε) και τα αρσενικά ζευγαρώνουν για την παραγωγή ενός ή περισσότερων ωών. Αυτά μπορεί να αφεθούν στον ξενιστή, ή περιστασιακά (πχ στα Fordini), τα ονίπαραε πεθαίνουν με ένα μόνο ωό στο σώμα τους. Τα ωά παραμένουν αδρανή και

εκκολάπτονται όταν καθοριστεί από γενετικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η διάρκεια της μέρας και η θερμοκρασία (Via, 1992; Komazaki, 1995).

Η εξελικτική αρχή της εναλλαγής ξενιστή έχει αποτελέσει θέμα διαφωνίας (Dixon, 1998). Υπάρχουν δύο κύριες αντίθετες υποθέσεις: η προσαρμοστική (ή συμπληρωματική) και η δυσπροσαρμοστική (ή ο περιορισμός της fundatrix). Η προσαρμοστική υπόθεση υποστηρίζει πως οι μεγάλες απώλειες κατά τη μετανάστευση (Taylor, 1977; Ward et al., 1998) υπερκαλύπτονται από την αυξημένη τροφή (ποσότητα και ποικιλία τροφής) κατά το καλοκαίρι, συγκρινόμενη με το αν η αφίδα έπρεπε να παραμείνει στον πρωτεύοντα ξενιστή (Kundu and Dixon, 1995). Η δυσπροσαρμοστική υπόθεση (Dixon, 1998) υποστηρίζει πως η θεμελιωτική αφίδα είναι προσαρμοσμένη στον πρωτεύοντα ξενιστή σε τέτοιο βαθμό, που πρέπει να επιστρέψει σε αυτόν (ο οποίος είναι συνήθως, αλλά όχι πάντα, φυλογενετικά αρχαιότερος από τον δευτερεύοντα ξενιστή), καθώς δεν μπορεί να επιβιώσει στον δευτερεύοντα ξενιστή.

Μονόοικες Αφίδες

Πολλά μονόοικα είδη αφίδων (monocicous) ζουν μόνο σε δέντρα και είναι δύσκολο να αποτελέσουν παράσιτα καλλιεργειών. Άλλα, όπως η *Acyrtosiphon pisum* (αφίδα του μπιζελιού) και η *Sitobion avenae* (αφίδα των σιτηρών) ζουν μόνο σε ποώδεις ξενιστές ή γρασίδι και γι' αυτό πιθανά να βρεθούν σε καλλιέργειες καθ' όλη τη διάρκεια ή μέρους του έτους. Πολλά από τα μονόοικα είδη, που τώρα ζουν μόνο σε ποώδη φυτά, έχουν εξελιχθεί από ετερόοικα είδη τα οποία πλέον δεν χρησιμοποιούν τον πρωτεύοντα ξενιστή τους. Οι μορφές που συναντώνται σε αυτά τα είδη και τα χαρακτηριστικά τους είναι εν πολλοίς παρόμοια με αυτά των ειδών εναλλασσόμενου ξενιστή. Εδώ θα αναφερθούν μόνο τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των μορφών των ετερόοικων ειδών που διαφέρουν από τις αντίστοιχες των μονόοικων ειδών.

Οι fundatrices των μονόοικων ειδών διαφέρουν από εκείνες των περισσότερων ειδών εναλλασσόμενου ξενιστή, με το να παρουσιάζουν

περισσότερες ομοιότητες με άλλες μορφές του είδους. Για παράδειγμα, οι fundatrices των ετερόοικων ειδών γενικά είναι πιο στρογγυλές και μπορεί να έχουν πενταπλάσιες ωοθήκες από τα άτομα της επόμενης γενιάς, ενώ στα περισσότερα μονόοικα είδη, ο αριθμός των ωοθηκών και η μορφολογία τους μπορεί να έχει πολύ μικρές διαφορές ανάμεσα στις δύο μορφές. Αυτός ο βαθμός διαφοροποίησης των fundatrices των ετερόοικων ειδών σχετίζεται με την τάση να δημιουργούν ογκίδια στον πρωτεύοντα ξενιστή την άνοιξη. Επιπλέον, οι μετανάστες της άνοιξης των μονόοικων ειδών μπορεί να χρειαστούν μεγαλύτερο χρόνο παραγωγής από την αντίστοιχη γενιά ετερόοικων, καθώς οι ξενιστές των πρώτων ευνοούνται στην αποίκιση για περισσότερο χρόνο από τους σχετικά εφήμερους (είτε για λόγους διάρκειας ζωής είτε για την καταλληλότητα προς αποίκιση) ποώδεις ξενιστές των ετερόοικων ειδών.

Οι καλοκαιρινές γενεές των μονόοικων ειδών παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά των ειδών εναλλασσόμενου ξενιστή, παράγοντας κατά το φθινόπωρο μορφές που ζευγαρώνουν και παράγουν τα ωά που θα επιβιώσουν το χειμώνα.

Διετείς κύκλοι ζωής

Κάποιες ομάδες αφίδων των Fordini και Hormaphidini δεν παρουσιάζουν τους ετήσιους κύκλους ζωής που περιεγράφηκαν. Παρουσιάζουν διετείς κύκλους ζωής, κατά τη διάρκεια των οποίων δημιουργούνται ογκίδια σε ένα από τα φυτά-ξενιστές. Ορισμένα από αυτά τα ογκίδια παραμένουν κλειστά για πάνω από ένα έτος, πριν παραχθούν οι πτερωτές μορφές, που θα μεταναστεύσουν σε άλλο ξενιστή. Τέτοιοι κύκλοι ζωής δεν θα αναλυθούν, καθώς τέτοια είδη σπάνια έχουν οικονομική σημασία.

Βιολογικοί κύκλοι εκ γονιμοποίησης (ολοκυκλικά) και εκ παρθενογονίας (ανολοκυκλικά)

Οι κύκλοι ζωής που περιγράφηκαν παραπάνω (ετερόοικοι, μονόοικοι και διετείς) ορίζονται ως ολοκυκλική ή εκ γονιμοποίησης (holocyclic), γιατί οι αφίδες υποβάλλονται σε σεξουαλική αναπαραγωγή, παράγουν ωά και περνούν μια φάση παρθενογονίας. Παρόλα αυτά, οι αφίδες δεν ολοκληρώνουν πάντα τέτοιους κύκλους ζωής. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, ορισμένες μπορεί να επιβιώσουν όλο το έτος αναπαραγόμενες παρθενογενετικά. Αυτό ορίζεται ως ανολοκυκλικός ή εκ παρθενογονίας (anholocyclic) κύκλος ζωής και μπορεί να έχει ιδιαίτερη σημασία σε αγροτικά οικοσυστήματα. Σε αυτούς τους κύκλους ζωής οι αφίδες επιβιώνουν το χειμώνα σαν παρθενογενετικά θηλυκά που μετακινούνται, παρόλο που σε εύκρατες περιοχές συχνά υποφέρουν από εξαιρετικά υψηλή θνησιμότητα (Harrington and Cheng, 1984; Leather, 1993; Williams et al., 2000).

Οι εκ παρθενογονίας κύκλοι ζωής συναντώνται συχνότερα εκεί όπου το γεωγραφικό εύρος των αφίδων είναι μεγαλύτερο από αυτό του πρωτεύοντα ξενιστή τους. Για παράδειγμα, η αύξηση του ποσοστού των εκ παρθενογονίας κλώνων της *Rhopalosiphum padi* (αφίδα της βρώμης) στο Ηνωμένο Βασίλειο από βορρά σε νότο σχετίζεται με τη μείωση της αφθονίας του πρωτεύοντα ξενιστή, της σταφυλοκερασιάς (*Prunus padus*). Ένα άλλο αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι η *Myzus persicae* (αφίδα της ροδακινιάς), που είναι ένα σημαντικό παράσιτο σε πολλές καλλιέργειες στη Βόρεια Ευρώπη. Το *Myzus persicae* σπάνια ολοκληρώνει τον κύκλο ζωής της στο Ηνωμένο Βασίλειο και περνάει το χειμώνα σε ένα μεγάλο αριθμό δευτερευόντων ξενιστών κατά τα στάδια μετακίνησής του (Williams et al., 2000). Παρόλο που η θνησιμότητα είναι υπολογίσιμη (Harrington and Cheng, 1984; Leather, 1993), αρκετά ενήλικα άτομα επιβιώνουν σε τέτοιους πληθυσμούς, που είναι αρκετοί για να καταστήσουν το είδος παράσιτο.

Η παρθενογενετική διαδικασία αναπαραγωγής δεν περιορίζεται στα ετερόοικα είδη: περίπου το 3% όλων των ειδών των αφίδων αναπαράγονται με αυτό τον τρόπο καθ' όλη τη ζωή τους (Blackman, 1980). Οι καλοκαιρινοί και χειμερινοί ξενιστές αυτών των ειδών είναι συνήθως ποώδη φυτά.

Όσον αφορά στα είδη που επιβιώνουν από περιόδους με δυσμενής περιβαλλοντικές συνθήκες (εξαιρώντας την περίπτωση που είναι ωά), πιθανώς

να παραχθούν ειδικευμένες μορφές ή τα ενήλικα θηλυκά να υιοθετήσουν συγκεκριμένες στρατηγικές συμπεριφοράς (Dean, 1974; Dewar and Carter, 1984; McLeod, 1987). Παρόλα αυτά, η θνησιμότητα κατά το χειμώνα των μορφών που μετακινούνται είναι γενικά μεγαλύτερη από αυτή των ωών, καθώς τα ωά είναι πολύ πιο ανθεκτικά στις χαμηλές θερμοκρασίες (Leather, 1993). Η κυριότερη αιτία θνησιμότητας των ωών είναι η συχνότητα θήρευσης και όχι οι χαμηλές θερμοκρασίες.

Υπάρχουν είδη αφίδων όπου οι κλώνοι έχουν κύκλους ζωής που χαρακτηρίζονται ως ενδιάμεσοι στην αναπαραγωγή εκ παρθενογονίας και εκ γονιμοποίησης. Αυτοί οι κλώνοι παράγουν μόνο αρσενικά ή ονίραρα, αλλά όχι και τα δύο. Για παράδειγμα, κάποιοι κλώνοι *M. persicae*, *S. avenae* και *R. padi* που περνούν το χειμώνα σε στάδιο που μπορούν να μετακινηθούν, παράγουν αρσενικά άτομα, αλλά όχι ονίραρα. Αυτό ονομάζεται ανδροκυκλικότητα (androcycly) (Blackman, 1974; Simonetal., 1991;Helden and Dixon, 2002).

Παράγοντες που καθορίζουν την παραγωγή διαφορετικών μορφών

Μια αφίδα, για να προχωρήσει από το ένα στάδιο του κύκλου ζωής σε ένα άλλο ή να αποφύγει το περιβαλλοντικό στρες, πρέπει να ανταποκριθεί σε περιβαλλοντικά ή γενετικά ερεθίσματα ή να παράγει απογόνους συγκεκριμένης μορφής ή, για τις πρώιμες νύμφες, να αναπτύξουν μια συγκεκριμένη μορφή.

Καθορισμός σεξουαλικών μορφών

Τα αρσενικά και τα θηλυκά προς ζευγάρωμα (ονίραρα) σε εύκρατες περιοχές εμφανίζονται το φθινόπωρο. Στην περίπτωση των ετερόοικων ειδών, ωστόσο, παράγονται σεξουαλικές πτερωτές μορφές στους δευτερεύοντες ξενιστές που επιστρέφουν στον πρωτεύοντα ξενιστή, όπου και παράγουν είτε ονίραρα είτε άπτερα αρσενικά. Αυτά που παράγουν μόνο ονίραρα ονομάζονται

gynoparae και αυτά που παράγουν και τα δύο φύλα (Pemphiginae, Hormaphidinae, and Anoeciinae) ονομάζονται sexuparae. Έτσι, εμφανίζονται το φθινόπωρο και δημιουργούν τις σεξουαλικές μορφές, και γι' αυτό αν και ασεξουαλικές συμπεριλαμβάνονται σε αυτό το μέρος.

Η μετάβαση από την αναπαραγωγή εκ παρθενογονίας στην παραγωγή σεξουαλικών μορφών καθορίζεται από έναν αριθμό περιβαλλοντικών και γενετικών (ενδογενών) παραγόντων που είναι παρόμοιοι τόσο στα είδη εναλλασσόμενου ξενιστή, όσο και μη-εναλλασσόμενου. Στις αρχές του 1800 ήταν γνωστό πως με τις κατάλληλες συνθήκες οι αφίδες θα μπορούσαν επ' αόριστον να αναπαράγονται παρθενογενετικά. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες παίζουν ρόλο στην παραγωγή σεξουαλικών μορφών.

Περιβαλλοντικός καθορισμός

Ο Marcovitch (1924) ήταν ο πρώτος που απέδειξε ότι η φωτοπερίοδος, δηλαδή η διάρκεια της μέρας, ήταν σημαντική στην μετάβαση στις σεξουαλικές μορφές, προτείνοντας ότι η μικρή φωτοπερίοδος σχετιζόταν με την παραγωγή τους. Ωστόσο, καθώς η διάρκεια της μέρας επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τη τροφή των αφίδων, τη δεκαετία του '60 (Lees, 1961a; 1964) αποδείχθηκε η άμεση επίδραση της φωτοπεριόδου στις αφίδες. Ο Lees (1963) επίσης απέδειξε ότι το ερέθισμα για την παραγωγή των σεξουαλικών μορφών στα είδη που μελέτησε είναι στην πραγματικότητα η διάρκεια της νύχτας, παρά η διάρκεια της μέρας.

Εξίσου σημαντικός παράγοντας στη μετάβαση στις σεξουαλικές μορφές είναι η θερμοκρασία. Οι σεξουαλικές μορφές παράγονται κατά τη διάρκεια μικρών σε διάρκεια νυχτών (μέρες μεγαλύτερης διάρκειας) σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, έχοντας ως αποτέλεσμα στα σεξουαλικά άτομα να παράγονται νωρίτερα μέσα στο έτος, όταν το φθινόπωρο έχει ψύχος (Dixon and Glen, 1971). Ο Lees (1963) υπολόγισε ότι για την *Megoura viciae* (αφίδα βίκου) μια αύξηση

της θερμοκρασίας της τάξης των 5°C, αύξησε κατά 15 λεπτά τη διάρκεια της σκοτεινής περιόδου που απαιτείται για τη μετάβαση στην παραγωγή σεξουαλικών μορφών.

Το φυτό – ξενιστής από μόνο του μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή των σεξουαλικών μορφών. Αυτό έχει αποδειχθεί τόσο από τις αφίδες που τρέφονται με ρίζες, όπως η *Pemphigus bursarius* (αφίδα της ρίζας του μαρουλιού), που δεν μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από τη διάρκεια της μέρας, όσο και από τις αφίδες που τρέφονται από το φύλλωμα, όπως η *Aphis farinosa* και η *Dysaphis devecta* (αφίδα κύρτωσης φύλλου της τριανταφυλλιάς). Αυτά τα είδη παράγουν σεξουαλικές μορφές όταν σταματά η ανάπτυξη του φυτού, ανεξάρτητα από τη διάρκεια της μέρας (Hille Ris Lambers, 1960; Forrest, 1970). Οι αφίδες που τρέφονται με ρίζες, όπως η *Pemphigus betae* (αφίδα της ρίζας του ζαχαρότευτλου) επίσης παράγουν σεξουαλικές μορφές σε άμεση ανταπόκριση με την πτώση της θερμοκρασίας, ασχέτως με τη διάρκεια της μέρας (Moran et al., 1993).

Ενδογενείς παράγοντες

Όταν οι αφίδες εξέρχονται από τα ωά την άνοιξη, οι συνθήκες που αντιμετωπίζουν σχετικά με τη διάρκεια της μέρας και τη θερμοκρασία μπορεί να είναι παρόμοιες με αυτές που αντιμετωπίζουν οι αφίδες το φθινόπωρο. Ωστόσο, ένα εσωτερικό “ρολόι” καθυστερεί την παραγωγή των σεξουαλικών μορφών (Bonnemaïson, 1951; Lees, 1961b). Για παράδειγμα, οι απόγονοι των fundatrices της *Megoura viciae* δεν παράγουν σεξουαλικές μορφές για τις επόμενες 80-90 μέρες, ακόμα κι αν οι συνθήκες είναι άριστες για κάτι τέτοιο (Lees, 1960). Στα είδη *Eucallipterus tiliae* και *Drepanosiphum platanoidis*, το ποσοστό σεξουαλικών μορφών που παράγει κάθε γενιά αυξάνεται βαθμιαία, ακόμα κι όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες μένουν ίδιες.

Καθορισμός των σεξουαλικών πτερωτών μορφών

Ο καθορισμός των πτερωτών μορφών έχει συσχετιστεί με την πυκνότητα του πληθυσμού και τη θρεπτική ποιότητα των φυτών. Η προσαρμοστική σημασία αυτού είναι σαφής, καθώς σε οποιαδήποτε από αυτές τις συνθήκες, η παραγωγή του πτερωτών μορφών θα αυξήσει κατά πάσα πιθανότητα τις πιθανότητες επιβίωσης των κλώνων, δεδομένου ότι διευκολύνει τη διαφυγή από κακούς ή μειωμένους πόρους.

Πυκνότητα πληθυσμού

Ο Wadley (1923) ήταν ο πρώτος που απέδειξε πειραματικά ότι η πυκνότητα πληθυσμού σχετίζεται με την παραγωγή πτερωτών μορφών. Το ερέθισμα φαίνεται να είναι η φυσική επαφή των ατόμων (Johnson, 1965). Μια σειρά πειραμάτων τη δεκαετία του '60 έδειξε ότι οι πτερωτές μορφές όχι μόνο μπορούσαν να προκληθούν μέσω της εξαναγκαστικής επαφής των αφίδων μεταξύ τους, αλλά και μέσω ενός εύρους φυσικών ερεθισμάτων, συμπεριλαμβανομένου του αγγίγματος της κοιλιάς με ένα αδρανές αντικείμενο (Johnson, 1965; Lees, 1967; Auclair and Aroga, 1984).

Ωστόσο, δεν ανταποκρίνονται όλα τα είδη αφίδων με αυτό τον τρόπο, ή τουλάχιστον δεν έχουν τον ίδιο βαθμό ευαισθησίας σε τέτοια ερεθίσματα. Πειράματα με την *M. persicae* δείχνουν ότι αυτό το είδος δεν αυξάνει πάντοτε την παραγωγή πτερωτών μορφών εξαιτίας μιας μεγάλης πυκνότητας πληθυσμού (Awram, 1968; Williams et al., 2000). Οι Müller et al. (2001) αξίωσαν ότι αυτό ίσως συμβαίνει επειδή τα μη-αγελαία είδη όπως οι *M. persicae*, αντιδρούν σε μικρότερο βαθμό στο ερέθισμα του πληθυσμού, σε σχέση με πιο αγελαία είδη, όπως οι *A. fabae*. Αυτό ίσως συμβαίνει επειδή στα λιγότερο αγελαία είδη η ανταπόκριση στον πληθυσμό συναντάται σπάνια στη φύση. Οι Müller et al. (2001) έκαναν 32 έρευνες εξετάζοντας την επιρροή της πυκνότητας πληθυσμού στην παραγωγή πτερωτών μορφών. Τα πειράματα έτειναν να δείχνουν πως όταν οι αφίδες ήταν συνωστισμένες σε συνθήκες που ομοιάζαν συνθήκες πεδίου, δεν υπήρχε αύξηση στην παραγωγή πτερωτών μορφών, σε σύγκριση με τα απομονωμένα άτομα. Αποδεδειγμένη αύξηση παραγωγής πτερωτών μορφών σε

συνθήκες υψηλής πυκνότητας πληθυσμού υπήρξε μόνο στην περίπτωση που οι αφίδες είχαν παραχθεί σε τεχνητές συνθήκες, τέτοιες που διασφάλιζαν τη φυσική επαφή μεταξύ των ατόμων. Αυτό υποδηλώνει ότι ενώ η φυσική επαφή είναι ένα σαφές ερέθισμα για την παραγωγή πτερωτών μορφών, τα πιο αγελαία είδη παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό ευαισθησίας σε αυτό το ερέθισμα.

Διατροφή

Η θρεπτική ποιότητα ενός φυτού σχετίζεται, επίσης, με την παραγωγή πτερωτών μορφών (πχ Wadley, 1923; Evans, 1938; Bonnemaision, 1951; Mittler and Dadd, 1966; Dixon and Glen, 1971). Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνητές τροφές για να καθοριστεί η επιρροή συγκεκριμένων συστατικών, όπως φολικό οξύ (Raccah et al., 1973), σάκχαρα (Raccah et al., 1972), βιταμίνες (Mittler and Kleinjan, 1970), αμινοξέα (Mittler and Dadd, 1966; Dadd, 1968; Mittler and Sutherland, 1969; Leckstein and Llewellyn, 1973; Harrewijn, 1976), αντιβιοτικά (Mittler, 1971), και χημικές “ενδείξεις” ή “στοιχεία που προωθούν άπτερα” (πχ λίθιο) (Harrewijn, 1978) στην παραγωγή των πτερωτών μορφών.

Ενώ αυτές οι έρευνες δείχνουν ότι συγκεκριμένα διατροφικά συστατικά είναι σημαντικά για την παραγωγή πτερωτών στις παρθενογενετικές γενεές, είναι η συνολική ποιότητα της διατροφής και/ ή η πυκνότητα πληθυσμού που καθορίζει την παραγωγή τους. Είναι σαφές πως όταν η διατροφική ποιότητα είναι χαμηλή, η παραγωγή των πτερωτών μορφών μπορεί να είναι επωφελής. Αυτό το υποστηρίζουν πολλές έρευνες (Mittler and Kleinjan, 1970; Sutherland and Mittler, 1971; Harrewijn, 1973, 1976; Mittler, 1972), αλλά κάποιες όχι (Mittler and Dadd, 1966; Dadd, 1968; Mittler and Sutherland, 1969; Schaeffers and Judge, 1971; Harrewijn, 1973, 1976; Leckstein and Llewellyn, 1973; Schaeffers and Montgomery, 1973; Williams et al., 2000) (Müller et al., 2001).

Η αντιφατική φύση αυτών των αποτελεσμάτων πιθανά προκύπτει από το γεγονός ότι το πλεονέκτημα της παραγωγής πτερωτών μορφών εξαρτάται από την προβλεψιμότητα της μελλοντικής ποιότητας της κατοικίας τους. Τέτοια

προβλεψιμότητα βλέπουμε ετησίως στα δέντρα, όπου η θρεπτική ποιότητα για τις αφίδες είναι υψηλή την άνοιξη, χαμηλή το καλοκαίρι και υψηλή ξανά το φθινόπωρο (Kundu and Dixon, 1995). Ο κύκλος της θρεπτικής ποιότητας συμβαίνει και μεμονωμένα στα φύλλα των ετήσιων φυτών, όπου οι αφίδες παρουσιάζουν υψηλό ρυθμό ανάπτυξης και αναπαραγωγής στα πολύ νεαρά και στα γερασμένα φύλλα, αλλά όχι στα ώριμα (αυτά που είναι έτοιμα να πέσουν) (Kennedy et al., 1950). Η σχετική επιτυχία της στρατηγικής του να περιμένουν μέχρι να ολοκληρωθεί η περίοδος της κακής θρεπτικής ποιότητας και η στρατηγική του να παράγουν πτερωτές μορφές και να μετακινηθούν, εξαρτάται εν μέρει από τους κινδύνους που σχετίζονται με την εύρεση ενός καλύτερου ξενιστή. Το τελευταίο εξαρτάται από παράγοντες, όπως η αφθονία του φυτού ξενιστή, ο βαθμός πολυφαγίας του εκάστοτε είδους, και η πιθανή μελλοντική θρεπτική ποιότητα του τωρινού ξενιστή.

Φυσικοί εχθροί, παθογόνα και συμβιωτικά

Η μετάβαση στις πτερωτές μορφές εξαιτίας φυσικών εχθρών και παθογόνων είναι ένας σχετικά νέος τομέας έρευνας, αλλά σημαντικός στο πλαίσιο των αφίδων ως παράσιτα καλλιεργειών. Το κατά πόσο οι φυσικοί εχθροί προτρέπουν ή αναστέλλουν την παραγωγή πτερωτών μορφών, θα μπορούσε να έχει αντίκτυπο σε ενδεχόμενες στρατηγικές βιολογικού ελέγχου. Οι αφίδες εξαπλώνουν παθογόνα φυτών, ειδικά ιούς, και γι' αυτό κάθε επίδραση στην παραγωγή των μορφών αυτών θα επηρέαζε και την επιδημιολογία των ασθενειών.

Τα περισσότερα είδη των αφίδων δέχονται επιθέσεις από παρασιτοειδή. Οι νεαρές νύμφες των αφίδων είναι πιο ευαίσθητες στις επιθέσεις αυτές από ότι οι ώριμες νύμφες, αφού στην πρώτη περίπτωση η αφίδα θανατώνεται λίγο πριν η προνύμφη του παρασιτοειδούς γίνει νύμφη. Ορισμένες έρευνες εκτίμησαν την επίδραση των επιθέσεων των παρασιτοειδών στην παραγωγή πτερωτών

μορφών, ενώ ομόφωνα κατέληξαν στο ότι η ύπαρξη παράσιτων μειώνει την παραγωγή πτερωτών μορφών (Johnson, 1959; Liu and Hughes, 1984; Christiansen- Weniger and Hardie, 1998, 2000). Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ο μηχανισμός της μείωσης παραγωγής πτερωτών μορφών να πραγματοποιείται μέσω της σύνθεσης του υγρού που απελευθερώνεται από τον κάλυκα των παρασιτοειδών στην αιμόλεμφο της αφίδας κατά την ωτοκία (Christiansen- Weniger and Hardie, 1998, 2000).

Ενώ δεν έχει αποδειχθεί το ότι οι αφίδες αυξάνουν την παραγωγή πτερωτών μορφών μετά από επίθεση παρασιτοειδών, υπάρχουν στοιχεία ότι το κάνουν όταν δέχονται επίθεση από επιθετικά Coleoptera. Αυτό έχει παρατηρηθεί στην *A. pisum*, όταν δέχεται επίθεση από πασχαλίτσες (Dixon and Agarwala, 1999; Weisser et al., 1999), παρόλο που δε συμβαίνει το ίδιο στις *A. fabae* και *M. viciae*. Αυτό ίσως συμβαίνει γιατί αυτά τα είδη έχουν εξελίξει άλλους μηχανισμούς που μειώνουν την ευαισθησία τους στους κυνηγούς τους. Για παράδειγμα η *M. viciae* είναι άγευστη στους φυσικούς εχθρούς.

Αν τα παθογόνα των φυτών μπορούσαν να αυξήσουν το ποσοστό των πτερωτών μορφών που παράγονται σε ένα πληθυσμό αφίδων, τότε θα διευκολυνόταν η εξάπλωσή τους και σαφώς θα υπήρχαν επιπτώσεις στην επιδημιολογία τους. Η σχέση της μόλυνσης από ιό των φυτών και της παραγωγής πτερωτών μορφών έχει μελετηθεί σε ποικίλες καλλιέργειες. Τα είδη *M. persicae*, *S. avenae*, *R. padi*, και *Aphis gossypii* (αφίδα βαμβακιού ή πεπονιού) φαίνεται να αυξάνουν την παραγωγή πτερωτών μορφών όταν τρέφονται από μολυσμένα φυτά (Macias and Mink, 1969; Gildow, 1980; Williams, 1995). Παρόλα αυτά, δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτό οφείλεται σε τυχαίες αλλαγές στην θρεπτική ποιότητα του χυμού των φύλλων (με το οποίο τρέφονται) (Williams, 1995) ή σε σωματίδια του ιού που επηρεάζουν το ενδοκρινικό σύστημα τους.

Ο έμμεσος ρόλος που έχουν τα συμβιωτικά έντομα στη μείωση της παραγωγής πτερωτών μορφών με το να μετριάζουν την επίδραση των επιθέσεων από τις πασχαλίτσες έχει ήδη αναφερθεί (Dixon and Agarwala, 1999;

Weisser et al., 1999). Η παρουσία των εντόμων μπορεί και άμεσα να ασκήσει την ίδια επιρροή (El-Ziady and Kennedy, 1956; El-Ziady, 1960; Seibert, 1992), με τη βελτίωση της υγείας της αποικίας, με το να μειώνεται η ανάπτυξη των μυκήτων μέσω της άρσης των μελιτώματος (Way, 1963) και με το να δίνει ερεθίσματα για τη σίπιση (El-Ziady, 1960). Ωστόσο, η παρουσία εντόμων στις ετήσιες καλλιέργειες είναι σπάνια, γι' αυτό και η σημασία τους σε αυτό το πλαίσιο είναι μάλλον ελάχιστη.

Άλλοι παράγοντες

Η θερμοκρασία σίγουρα επηρεάζει την παραγωγή πτερωτών μορφών, όπως έχει ήδη περιγράψει, αλλά μπορεί επίσης να επηρεάσει την παραγωγή ασεξουαλικών γενεών, με τις υψηλότερες θερμοκρασίες να ευνοούν την παραγωγή άπτερων μορφών (πχ Johnson, 1966; Lees, 1967; Schaefers and Judge, 1971; Liu, 1994). Παρόλα αυτά, η θερμοκρασία θεωρείται λιγότερο σημαντική από την πυκνότητα του πληθυσμού ή τη διατροφή, στον καθορισμό μετάβασης σε μια μορφή (Müller et al., 2001).

Διαπαύουσες μορφές

Οι διαπαύουσες μορφές των αφίδων (οι μορφές που σταματούν να αναπτύσσονται) εμφανίζονται το καλοκαίρι (aestivation) και το χειμώνα (hibernation), αλλά αυτό συμβαίνει σπάνια στα είδη που παρασιτούν. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η θρεπτική ποιότητα πολλών ξυλώδων ξενιστών είναι κακή κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Τα είδη μη-εναλλασσόμενου ξενιστή, που παραμένουν σε ξυλώδη ξενιστή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, έχουν αναπτύξει διάφορες στρατηγικές ώστε να επιβιώσουν κατά το καλοκαίρι. Για παράδειγμα, η *D. platanoideis* παράγει ενήλικα με ανεπαρκώς ανεπτυγμένες γονάδες και μεγάλο παχύ σώμα, ώστε να περάσουν το καλοκαίρι, όπου η διατροφή είναι κακή και η

πυκνότητα του πληθυσμού οξεία (Dixon, 1975). Άλλα είδη παράγουν πιο ξεχωριστές διαπαύουσες καλοκαιρινές μορφές (aestivating) σε μορφολογικό επίπεδο. Για παράδειγμα η *Periphyllus testudinaceus* παράγει μορφές λεπτότερες και καλυμμένες με πλάκες που τις προστατεύουν από επιθέσεις φυσικών εχθρών. Πολλές από αυτές τις μορφές είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με άλλα στάδια του κύκλου ζωής και αυτό ίσως τους κοστίζει στην προστασία από τις επιθέσεις των φυσικών εχθρών. Οι διαπαύουσες καλοκαιρινές μορφές (aestivating) της *Thelaxes dryophila* είναι εμφανώς μικρή, ώστε να κρύβεται στις διχάλες των φλεβών των φύλλων.

Οι διαπαύουσες χειμερινές μορφές (hibernating) ονομάζονται hiemalis. Αυτές τείνουν να έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τις καλοκαιρινές αντίστοιχες μορφές, όπως μεγάλα παχιά σώματα και χαμηλή αναπαραγωγική ικανότητα (Judge, 1967; Sutherland, 1969).

Τα ωά είναι ιδιαίτερα καλά προσαρμοσμένα, ώστε να επιβιώνουν περιόδους χαμηλής θερμοκρασίας, ενώ από τη στιγμή που θα γεννηθούν δεν έχουν περαιτέρω διατροφικές ανάγκες. Για παράδειγμα τα ωά της *Rhopalosiphum insertum* (αφίδα του μήλου) μπορεί να επιβιώσει σε θερμοκρασία -40°C (James and Luff, 1982). Επιπλέον, ο τερματισμός της διάπαυσης των ωών και η εκκόλαψή τους προκαλούνται από παρόμοια ερεθίσματα με αυτά που πυροδοτούν την απότομη ανάπτυξη των φυτών κατά την άνοιξη (Lushai et al., 1996; Ro et al., 1998). Έτσι, τα ωά είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος επιβίωσης κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Τα ερεθίσματα για την παραγωγή αυτών των διαπαυόντων μορφών ποικίλουν. Για παράδειγμα, για την *P. bursarius*, οι θερμοκρασίες κάτω των 10°C προκαλούν την παραγωγή των χειμερινών μορφών. Παράλληλα, ο συνδυασμός της ποιότητας της τροφής, της πυκνότητας του πληθυσμού και γενετικών παραγόντων είναι που οδηγεί στην παραγωγή των καλοκαιρινών μορφών για την *D. platanoidis*.

Η σημασία διαφορετικών μορφών στην προστασία των καλλιεργειών

Η κατάσταση παρασιτισμού

Η σημασία μιας αφίδας ως παράσιτο εξαρτάται εν μέρει από τον τρόπο που ζημιώνει μια καλλιέργεια. Αν η ζημιά οφείλεται σε άμεση σίτιση, οι μορφές με τον μεγαλύτερο ρυθμό αναπαραγωγής προκαλούν τη μεγαλύτερη ζημιά. Οι άπτερες εκ παρθενογονίας μορφές μπορεί να έχουν ως και 70% μεγαλύτερο αναπαραγωγικό αποτέλεσμα από τις πτερωτές αντίστοιχες (Dixon and Wratten, 1971). Ακόμα και μεταξύ των Drepanosiphinae, των οποίων οι εκ παρθενογονίας γενεές είναι πάντοτε πτερωτές (Heie, 1987), οι μορφές με μικρότερα φτερά (brachypterous), που δεν μπορούν να πετάξουν, είναι πιο γόνιμες από αυτές με πλήρως ανεπτυγμένα φτερά (macropterous) (Dixon, 1972c).

Μετάδοση ιών

Το ποια μορφή φέρει την κύρια ευθύνη, για την εξάπλωση των ιών, εξαρτάται από την απόσταση που αυτή θα έχει να διανύσει. Πολλοί ιοί εισάγονται στις καλλιέργειες από πτερωτές αφίδες (πρωτεύουσα μόλυνση), αλλά η διαφωνία υπάρχει για το ποια μορφή είναι υπεύθυνη για την εξάπλωση του ιού στην καλλιέργεια (δευτερεύουσα εξάπλωση). Αρχικά, οι πτερωτές αφίδες θεωρούνταν υπεύθυνες για την εξάπλωση του ιού των κίτρινων τεύτλων (Beet yellows virus) στις καλλιέργειες ζαχαρότευτλων (Watson and Healy, 1953). Παρόλα αυτά, πιο πρόσφατα παρατηρήθηκε ότι οι άπτερες αφίδες που περπατούν από φυτό σε φυτό, είναι πιο πιθανό να είναι η κύρια αιτία εξάπλωσης ιών στα πλαίσια μιας καλλιέργειας (Ribbands, 1964; Jepson and Green, 1983; Williams et al., 2000; Kanavaki et al., 2006). Για την ταυτοποίηση των υπεύθυνων για την επιδημιολογία των ιών, πλέον χρησιμοποιούνται μοριακές και ανοσολογικές

τεχνικές, που μπορούν να εντοπίσουν σωματίδια του ιού σε μεμονωμένα άτομα. Επιπρόσθετα, η ποσότητα του ιού μετριέται με τεχνικές PCR.

Πρόβλεψη

Αξίζει να αναφερθεί εδώ, ότι ο κύκλος ζωής και οι παράγοντες που επηρεάζουν τον καθορισμό των μορφών μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στην πρόβλεψη του χρόνου και της σοβαρότητας προσβολής μια καλλιέργειας από αφίδες. Για τις ανολοκυκλικές αφίδες (εκ παρθενογονίας), το μέγεθος του πληθυσμού κατά την άνοιξη και τις αρχές καλοκαιριού, και ως εκ τούτου η ενδεχόμενη ζημιά της καλλιέργειας κατά τη διάρκεια ιδιαίτερα ευαίσθητων σταδίων ανάπτυξης, μπορεί να προβλεφθεί από τις θερμοκρασίες του χειμώνα (Watson et al., 1975; Harrington et al., 1989, 1990). Ωστόσο, αυτό δε συμβαίνει με τα ολοκυκλικά (εκ γονιμοποίησης) είδη. Η πρόβλεψη για πολλά ολοκυκλικά παράσιτα αφίδων, που σημαίνει ότι περνούν το χειμώνα ως ωά, είναι πιο περίπλοκη, καθώς η χειμερινή θνησιμότητα είναι μικρότερη και εξαρτάται σε μικρότερο βαθμό από τις θερμοκρασίες. Παρόλα αυτά, η θερμοκρασία στις αρχές της άνοιξης, όταν η fundatrix και οι μετανάστες της άνοιξης αναπτύσσονται και αναπαράγονται, είναι πιο πιθανό να αποτελεί σημαντικό παράγοντα στον καθορισμό του πληθυσμού τέτοιων ειδών για το καλοκαίρι. Υπάρχουν διάφορες προβλέψεις για ολοκυκλικά παράσιτα αφίδων, όπως η *A. pisum* (McVean et al., 1999), η *Phorodon humuli* (αφίδα κορομηλιάς) (Jastrzebski and Solarska, 1998) και η *A. fabae* (Thackeret al., 1997). Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί εδώ η ιδιαιτερότητα που συναντάται στην Ελλάδα με την *M. persicae* όπου στις βόρειες περιοχές της χώρας, έχοντας στη διάθεση της τον πρωτεύοντα ξενιστή αναπαράγεται σεξουαλικά ενώ σε νοτιότερες περιοχές αναπαράγεται αποκλειστικά παρθενογενετικά σε καλλιέργειες καπνού. Η συνήθεια αυτή έχει αποτυπωθεί και σε γενετικό επίπεδο με ενδείξεις διαχωρισμού του είδους.

Παρόλο που είναι ευρέως αποδεκτό ότι η κατάσταση παρασιτισμού των αφίδων σχετίζεται με τον υψηλό βαθμό ποικιλομορφίας που παρουσιάζουν,

φαίνεται να μην υπάρχει θεωρητική εξήγηση για κάτι τέτοιο. Δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι υπάρχουν ποσοστιαία περισσότερα είδη παρασίτων μεταξύ των πολυμορφικών κατηγοριών αφίδων.

Οι αφίδες μπορούν να καταστρέψουν καλλιέργειες με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Για παράδειγμα, με άμεση αφαίρεση του χυμού του φυτού, μέσω τοξινών στο σάλιο και έμμεσα με τη μετάδοση ιών. Αυτοί οι τύποι ζημιάς μπορεί να γίνουν ταυτόχρονα και από τα ίδια άτομα αφίδων. Όσο περισσότερες οι αφίδες, τόσο μεγαλύτερη η άμεση ζημιά. Ο σημαντικότερος παράγοντας στον καθορισμό του αριθμού των αφίδων σε μια καλλιέργεια είναι ο ρυθμός ανάπτυξης τους. Όσον αφορά στην ζημιά λόγω ιού, ο αριθμός των αφίδων δεν είναι τόσο σημαντικός όσο η ευκολία τους να μετακινηθούν από φυτό σε φυτό. Επομένως, τα δύο χαρακτηριστικά που καθορίζουν την κατάστασή τους ως παράσιτα είναι ο ρυθμός αύξησής τους και οι δυνατότητες εξάπλωσης, όπου και τα δύο καθορίζουν τον αριθμό τους.

Αρπακτικά, Παρασιτοειδή και Παθογόνα

Οι αφίδες μπορούν να βρεθούν στην πλειοψηφία των οικοσυστημάτων. Δέχονται συχνά επιθέσεις από αρπακτικά, παρασιτοειδή και παθογόνα, ορισμένα εξ αυτών είναι τόσο εκλεκτικά που ταξινομούνται ως Aphidophaga. Τα αρπακτικά σκοτώνουν το θήραμα τους τρώγοντας το. Σε κάποιες οικογένειες αρπακτικών (πχ πασχαλίτσες Coccinellidae) τόσο οι προνύμφες όσο και τα ενήλικα θρέφονται από αφίδες, ενώ σε άλλες οικογένειες (πχ Syrphidae, Chrysoroidea, Itonididae) μόνο οι προνύμφες αποτελούν αρπακτικά. Ανάμεσα στα παρασιτοειδή έντομα, όλα τα είδη της υποοικογένειας Arhidiinae και κάποια γένει της οικογένειας Arhelinidae, αναπτύσσονται ενδοπαρασιτικά στις αφίδες και κάθε προνύμφη ολοκληρώνει την ανάπτυξη της εσωτερικά του ξενιστή της. Ο ξενιστής πεθαίνει όταν η προνύμφη μεταμορφώνεται σε νύμφη (ρυρα) εντός του ξενιστή ή ακριβώς κάτω από το εφυμένιο. Κάποια είδη μυκήτων είναι εντομοπαθογόνα,

προσβάλλοντας τις αφίδες από το εφυμένειο, σκοτώνοντας τελικά τον ξενιστή τους.

Γενικά η επίδραση των φυσικών εχθρών, άρα και η πιθανή συνεισφορά τους στην μείωση των ζημιών από παράσιτα, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Παρόλο που πολλά είδη αφίδας είναι ευρέως διαδεδομένα και σχετικά κοινά, η πληθυσμιακή τους πυκνότητα μπορεί να διαφέρει στον χώρο ή τον χρόνο. Για να συνεισφέρει στον έλεγχο ένας φυσικός εχθρός θα πρέπει να είναι αποτελεσματικός στον εντοπισμό του παράσιτου-στόχου.

Πολυποίκιλα αισθητηριακά ερεθίσματα εκπέμπονται από τον ξενιστή ή το ίδιο το παράσιτο χρησιμοποιούνται, από τους φυσικούς εχθρούς για την ανίχνευση της αφίδας. Μόλις βρεθεί μια αποικία αφίδων, η αδηφαγία ενός αρπακτικού, ή και η γονιμότητα ενός παράσιτου, έχουν σημαντικό ρόλο ως προς το βαθμό εκμετάλλευσης της αποικίας από το αρπακτικό. Οι τρόποι χρήσης των πόρων πειράζονται επίσης από το πληθυσμιακό οικοδόμημα, την συμπεριφορά ανεύρεσης και τον βαθμό εξειδίκευσης του φυσικού εχθρού.

Είναι γεγονός ότι οι εξειδικευμένοι εχθροί είναι γενικά καλύτεροι από τους πολυφάγους στην εύρεση των αποικιών αφίδας και για αυτό θεωρούνται αποτελεσματικότεροι στον έλεγχο, παρόλα αυτά πολύφαγα παρασιτοειδή και αρπακτικά μπορούν να έχουν σημαντικά αποτελέσματα στους πληθυσμούς των αφίδων, καθώς είναι γνωστό ότι η πιο συχνή πηγή θνησιμότητας φυτοφάγων αρθροπόδων στα αγροοικοσυστήματα είναι οι φυσικοί εχθροί τους (Cornell and Hawkins, 1995).

Ειδικότερα για την ολοκληρωμένη (IPM, Integrated Pest Management)

Στον ελλαδικό χώρο έχουν παρατηρηθεί έως και 301 είδη αφίδας. Ωστόσο ίσως λιγότερα από το 15% αυτών των ειδών μπορεί να χαρακτηριστεί ως σημαντικό παράσιτο (Tsitsipis et al., 2007). Μερικά είδη που ξεχωρίζουν για τη

σημασία τους όσο αναφορά το μέγεθος της οικονομικής ζημίας άμεση ή έμμεση είναι τα *Myzus persicae* s.lat., *Aphis gossypii* Glover, *Aphis fabae* Scopoli, (Tsitsipis et al., 2007; Margaritoroulos et al., 2007)

Ο έλεγχος του πληθυσμού των αφίδων είναι βασισμένη κυρίως στη χρήση συνθετικών εντομοκτόνων. Ωστόσο η εκτεταμένη χρήση συγκεκριμένων κλάσεων αυτών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας στους πληθυσμούς αφίδας (Skouras et al 2015; 2017).

Για παράδειγμα η *M.persicae* παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς έχει αναπτύξει τέσσερις μηχανισμούς ανθεκτικότητας. Ένας μηχανισμός περιλαμβάνει την υπερπαραγωγή στα ένζυμα εστεράσες E4/FE4, το οποίο προσφέρει ευρέος φάσματος ανθεκτικότητα στα οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά και ως ένα βαθμό στα πυρεθρινοειδή. Ένας άλλος τέτοιος μηχανισμός είναι η παραγωγή μιας τροποποιημένης ακετιλοχολινεστεράσης (AChE) (MACE). Ανθεκτικότητα επίσης έχει αναπτυχθεί στην άμεση δράση (kdr) των πυρεθρινοειδών. Τρίτη ανθεκτικότητα βρίσκεται στους υποδοχής GABA που απέναντι στα κυκλοδιένια. Η σημαντικότερη όμως και πιο πρόσφατη μετάλλαξη που έχει βρεθεί είναι στους υποδοχής νικοτινικής ακετιλοχολίνης (nAChR) που σχετίζεται με τα νεονικοτινοειδή (Margaritoroulos et al., 2007; Voudouris et al., 2015; Skouras et al 2017).

Η τελευταία ανθεκτικότητα που αναπτύσσεται στα νεονικοτινοειδή είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς αυτά αποτελούν την αποτελεσματικότερη κλάση εντομοκτόνων και πιο ευρέως διαδεδομένη στη χώρα μας τα τελευταία 15 χρόνια. Υποδεικνύοντας ότι το συγκεκριμένο είδος μπορεί να εξελιχθεί εξαιρετικά δύσκολο στην αντιμετώπιση του μέσω κλασικών στρατηγικών καταπολέμησης. Επίσης αποτελεί ένα εξαιρετικό παράδειγμα για την ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης της εξελικτικής πορείας των πληθυσμών της αφίδας καθώς και την ανάγκη δημιουργίας προγραμμάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

Ιδιαίτερη σημασία στον έλεγχο των πληθυσμών της αφίδας παρουσιάζουν τα αρπακτικά *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) και

Hippodamia variegata (Coleoptera: Coccinellidae) καθώς, αν και πολυφάγα, έχουν προτίμηση στις αφίδες.(Hodek, 1973).

Γενικά για τα Coccinellids

Τα Coccinellid είναι ολομετάβολα, περνούν δηλαδή ολόκληρη μεταμόρφωση (ωό, προνύμφη, pre-rupa, νύμφη/rupa, ενήλικο) (Hodek 1973).

Η οικογένεια των Coccinellidae εμπεριέχει περί τα 6000 είδη σε 360 γένη και 42 φυλές. Τα Coccinellids ανήκουν στην υπεροικογένεια Cucujoidea των κολεοπτέρων (Coleoptera) στην υποτάξη των πολύφαγων (Polyphaga). Η οικογένεια είναι μέλος του φυλογενετικού κλαδιού όπου συχνά αναφέρεται ως το “Cerylonid complex”, ένα σύμπλεγμα από οικογένειες που αποτελείται από τις Alexiidae, Cerylonidae, Coccinellidae, Corylophidae, Discolomatidae, Endomochidae, Latridiidae (Crowson 1955, Lawrence & Newton 1995) και Bothrideridae. Η μονοφυλετικότητα των οικογενειών που ανήκουν στο σύμπλεγμα Cerylonid βασίστηκε σε μορφολογικά χαρακτηριστικά (Slipinski & Pakaluk 1992) και επιβεβαιώθηκαν σε ανάλυση μοριακών δεδομένων (Hunt et al. 2007, Robertson et al. 2008).

Οι φυλογενετικές σχέσεις μεταξύ των οικογενειών και υποοικογενειών στο σύμπλεγμα Cerylonid είναι ιδιαίτερα περίπλοκες και δεν έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως (Slipinski & Pakaluk 1992). Παλαιότερες μορφολογικές μελέτες υποστήριζαν ότι μια ομάδα από Endomychidae και Corylophidae θα μπορούσαν να αποτελούν μία ομάδα-αδελφή των Coccinellidae (Crowson 1955, Sasaji 1971a). Οικογενειακές σχέσεις έχουν προταθεί (Pakaluk & Slipinski 1990; Burakowski & Slipinski 2000) για τις Endomychidae και Coccinellidae, λόγω της ύπαρξης των μέσου λοβού των αρσενικών γεννητικών οργάνων, ψευδοτριμερούς ταρσού και της μη ύπαρξης στεφανιαίας συρραφής στο κεφάλι της προνύμφης. Οι μοριακές αναλύσεις προχωρούν σε διάφορα είδη που δημιουργούν την αδελφή ομάδα των Coccinellidae.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση όμως η αδελφή ομάδα των Coccinelidae και ο κοινός τους πρόγονος ήταν μυκυτοφάγος (Giorgi et al. 2009). Η θρέψη από Ημίπτερα (Hemiptera), κυρίως Sternorrhyncha, έχει εξελιχθεί σε μία σειρά γενεών (Derodontidae, Silvanidae, Laemophloeidae, Nitidulidae, Endomychidae, Anthribidae) που εμπεριέχει μυκητοφάγα των οποίων οι πρόγονοι ή ήταν αποκλείστια μυκητοφάγοι (Coccinellidae) ή εν μέρει (Scarabaeidae: Cetoniinae).

Βιολογικός κύκλος

Ο βιολογικός τους κύκλος μπορεί να διαρκέσει έως και ένα χρόνο. Τα ωά εναποτίθενται κατά την Άνοιξη ή τις αρχές του Καλοκαιριού. Οι προνύμφες περνούν περίπου ένα μήνα τρεφόμενες μέχρι να γίνουν ενήλικα στα μέσα με τέλη του Καλοκαιριού. Τα ενήλικα συνηθίζουν να μην αναπαράγονται πριν την επόμενη Άνοιξη. Έτσι τα Coccinellidae έχουν μόνο μια γενιά το χρόνο (Majerus & Kaerus 1989).

Όταν το μέγεθος της ημέρας μικραίνει τα έντομα μπαίνουν σε διάπαυση για να επιβιώσουν μια μακρά περίοδο χωρίς τροφή μειώνοντας τον μεταβολισμό τους και ζώντας από τα ενεργειακά αποθέματα τους.

Η ωρίμανση των φυτών και η μείωση της θερμοκρασίας δεν είναι σταθεροί παράγοντες από χρόνο σε χρόνο, έτσι οι αλλαγές στην φωτοπερίοδο είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τη διάπαυση (Hodek 1973).

Η γνώση γύρω από το φυσικό περιβάλλον των Coccinellidae παρέχει βασικές πληροφορίες για την οικολογία (προσδιορισμό του οικοτόπου των ειδών), την οικοφυσιολογία (προτιμήσεις σε τροφή και μικρόκλιμα), βιογεωγραφία (παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή των Coccinellid καθώς και άλλους κλάδους). Έτσι οι μελέτες γύρω από το βίοτοπο συνδέουν την θεωρία με την φυσική πραγματικότητα. Πρόβλεψης υποθέσεων που προέρχονται από θεωρίες βιολογίας θα μπορούσαν βέβαια να εξετασθούν σε περιβάλλον εργαστηρίου, αν όχι απλά μέσο ενός υπολογιστή. Όπως και να έχει, η τελική απόδειξη τέτοιων

θεωριών μπορεί να γίνει μόνο στην σύνδεση της με της φύση, πράγμα που σημαίνει μελέτη των Coccinellids εντός του φυσικού τους περιβάλλοντος.

Ωά

Τα ωά των Coccinellidae είναι συνήθως επιμήκη, ωοειδή ή ελλειπτικά . Διαθέτουν ποικιλία χρωμάτων από σχεδόν διάφανο (*Scymnus louisianae* : Brown et al.2003), ανοιχτό γκρι (*Stethorus*), κίτρινο (*Halysia*), έντονο κίτρινο (τα περισσότερα είδη), σκούρο πορτοκαλί (*Chilocorini*) ή μερικές φορές σχεδόν πράσινο (Klausnitzer 1969b). Τα ωά εναποτίθενται κάθετα , κολλημένα από το κατώτερο μέρος τους στο υπόστρωμα (φύλο ή βλαστό). Μερικές μέρες πριν την εκκόλαψη τα ωά γίνονται γκρίζα γιατί η προνύμφη είναι ορατή από το χορείο (κέλυφος).

Ο αριθμός των ωών εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες και την ποσότητα της τροφής. Το μέγεθος τους όμως παραμένει σταθερό ανάλογα με το είδος και ανεξάρτητα από τις κλιματικές συνθήκες και την ποσότητα της τροφής (Stewart et al. 1991).

Το ποσοστό των ωών, σε μια στιβάδα, που αναπτύσσονται αποκαλείται ποσοστιαία γονιμότητα, βιωσιμότητα των ωών ή ποσοστό εκκόλαψης (100 - προγεννητικές απώλειες). Το ποσοστό αυτό είναι συχνά σημαντικά μικρότερο του 100%. Η βιωσιμότητα των ωών κατά την διάρκεια της ωοτοκίας (αριθμός ωών ανά θηλυκό) από την γονιμότητα (αριθμός βιώσιμων απογόνων ανά θηλυκό).

Κάποια ωά είναι στείρα λόγω χαμηλής ποιότητας ή ποσότητας σπέρματος. Άλλα ωά είναι γονιμοποιημένα αλλά δεν αναπτύσσονται ή αποτυγχάνουν να εκκολαφτούν με αιτία μόλυνση από βακτήρια. Στα περισσότερα είδη των ασπόνδυλων, η θνησιμότητα των αρσενικών συμβαίνει κατά το εμβρυακό στάδιο και σχετίζεται με κυτταροπλασματικά βακτήρια όπως τα *Wolbacia* , *Spiroplasma*, *Rickettsia*, *Flavobacterium* και γάμα-πρωτεοβακτήρια (Nakanishi et al. 2008).

Τα παραπάνω βακτήρια σκοτώνουν σχεδόν αποκλειστικά αρσενικά έμβρυα, δίνοντας στα θηλυκά της μολυσμένης στιβάδας θρεπτικό πλεονέκτημα

σε σχέση με μιας μη μολυσμένης καθώς κανηβαλίζουν τα νεκρά αρσενικά έμβρυα (Majerus 1994).

Τα ωά που δεν εκκολάπτονται θεωρούνται τροφικά γιατί εξυπηρετούν τις συγγενικές νεογέννητες προνύμφες ως πρώτη τροφή. Ο κανιβαλισμός στα ωά είναι χωρίς αμφιβολία επωφελής για τις προνύμφες *A. Bipunctata* τόσο για την επιβίωση τους όσο και για γρηγορότερη ανάπτυξη (Roy et al.2007). Άλλες έρευνες (Perry and Roitberg 2005) έχουν δείξει ότι στο *Har. axyridis* τα θηλυκά αφήνουν περισσότερα άγονα ωά υπό συνθήκες έλλειψης επαρκούς τροφής έτσι ώστε οι προνύμφες να έχουν τροφή όταν εκκολαφτούν.

Προνύμφες

Η προνύμφη των περισσότερων Coccinellidae έχει σώμα επιμήκη. Το εμπρόσθιο θωρακικό τμήμα (pronotum) έχει δύο ή τέσσερις σκληρές πλάκες (Klausnitzer 1969a), ενώ το μέσο και οπίσθιο έχουν δύο το κάθε ένα. Τα σχήματα των πλακιδίων είναι χρήσιμα στην ταξινόμηση των ειδών (Savoiskaya & Klausnitzer 1973).

Τα επίπεδα ανάπτυξης της προνύμφης διαχωρίζονται με την έκδυση. Ο αριθμός των σταδίων στην οικογένεια των Coccinellid είναι πάντα τέσσερα, ανεξάρτητα από το μέγεθος του είδους ή τις συνθήκες ανάπτυξης κ.λπ. (Dixon 2000). Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης η θνησιμότητα είναι μεγαλύτερη κατά το πρώτο στάδιο, πιθανόν μεγαλύτερη από των ωών, στα χαμηλότερα επίπεδα της κατά τη διάρκεια της pre-rypa και αυξάνεται λίγο στη νύμφη (rypa) (Omkar & Pervez 2004b).

Το τέταρτο και τελευταίο στάδιο εν τέλει σταματάει να θρέφεται και προσκολλάται σε μία επιφάνια σχηματίζοντας το ψευδοστάδιο της αποκαλούμενης pre-rypa. Το ψευδοστάδιο αυτό έχει λανθασμένα αναφερθεί στο παρελθόν ως πέμπτο στάδιο (Smith et al 1999). Παραδόξως στο *Hyperaspis campestris* (McKenzie 1932) και ο αιγυπτιακός πληθυσμός του *C. undecimpunctata* έχουν βρεθεί να διαθέτουν μόνο τρία επίπεδα ενώ ο ευρωπαϊκός για το τελευταίο έχει τέσσερα (Iablokoff – Khnzorian 1982). Επίσης

το *Callicaria superba* έχει παρατηρηθεί να περνάει πέντε ηλικίες ανάπτυξης προνύμφης (Iwata 1932). Το τελικό μέγεθος που θα έχει το ενήλικο εξαρτάται άμεσα από το τέταρτο επίπεδο της προνύμφης (Honěk 1996).

Pupa

Στο τέταρτο στάδιο η προνύμφη προσκολλάται σε μία επιφάνεια από το άκρο της κοιλίας (έδρα) και ετοιμάζεται για τη νύμφευση. Κατά τη διάρκεια αυτή, οι προνύμφες, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε επιθέσεις γιατί, ενώ οι φυσικές τους άμυνες παραμένουν ίδιες, είναι ανίκανες να κινηθούν (Ware & Majerus 2008).

Η νύμφη των coccinellid είναι τύπου *adectica obtecta*, που σημαίνει ότι όλα τα εξαρτήματα (κεραίες, άκρα, πτέρυγες) είναι κολλημένες στο σώμα με υγρό εκδύσεως. Το στάδιο της νύμφης διαρκεί περίπου όσο το 24% του συνολικού χρόνου έως την ενηλικίωση (Honěk & Kocourek 1990), ενώ ο ρυθμός ανάπτυξης είναι γραμμικός, θετικά ανάλογος της θερμοκρασίας και συνήθως ανεξάρτητος από την ποσότητα και ποιότητα της τροφής (Ahmad et al 2006).

Στα αφιδοφάγα coccinellidae τυπική τοποθεσία για νύμφευση αποτελεί η βλάστηση, με τις προνύμφες που έχουν προσαρμοσμένα χρώματα στο περιβάλλον να προτιμούν το κάτω μέρος των φύλλων, ενώ εκείνες που φέρουν προειδοποιητικά χρώματα να προτιμούν το πάνω (Hodek 1958, Okuda et al 1997). Στην κεντρική Ιαπωνία έχει παρατηρηθεί ότι τα *C. septempunctata* προτιμούν τεχνητές επιφάνειες για την τοποθέτηση των ωών και την νύμφευση (μεταλλικά κουτιά, χαρτιά, επεξεργασμένο ξύλο) καθώς θερμαίνονται από την ηλιακή ακτινοβολία και εξυπηρετούν ως θερμό μικροβιότοπο (Ohashi et al 2005).

Ανάπτυξη και θνησιμότητα

Η διάρκεια ανάπτυξης είναι συγκεκριμένη ανά είδος και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τη ποσότητα και ποιότητα της τροφής, επίσης δεν χαρακτηρίζεται από διάκαση.

Υπό συνθήκες καλής θρέψης το πρώτο στάδιο της προνύμφης κατέχει περίπου το 24% του συνολικού χρόνου ανάπτυξης, το δεύτερο 17%, το τρίτο 19% και το τέταρτο 40% (Honek 1996).

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης η θνησιμότητα είναι μεγαλύτερη κατά το πρώτο στάδιο, πιθανόν μεγαλύτερη από των ωών, στα χαμηλότερα επίπεδα της κατά τη διάρκεια της pre-rypa και αυξάνεται λίγο στη νύμφη (rypa), (Omkar & Pervez 2004b).

Το αρπακτικό έντομο *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae).

Η κοκκινέλα ή πασχαλιά είναι αρπακτικό κολεόπτερο έντομο της οικογένειας Coccinellidae. Είναι αφιδοφάγο και το συναντάμε σε διάφορες καλλιέργειες, όπως καπνού και ροδακινιάς, ψυχανθών αλλά και βαμβακιού. Τρέφεται με είδη αφίδων όπως *Aphis fabae* (ψυχανθή), *Myzus persicae* (ροδακινιά και καπνό), *Brevicoryne brassicae* (λάχανα), *A. gossypii* (βαμβάκι) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ενήλικο που τρέφεται με αφίδα *A. fabae*

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

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

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

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

Το αρπακτικό έντομο *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae).

Το αρπακτικό έντομο *Hippodamia variegata* ανήκει στην υπεροικογένεια Cucujoidea της τάξης των Κολεοπτέρων, στην οικογένεια Coccinellidae, στην υποοικογένεια Coccinellinae και συγκεκριμένα στο γένος *Hippodamia* και είδος *variegata*. Το κοινό του όνομα είναι πολύχρωμη πασχαλίτσα, Variegated Lady Beetle. Παρατηρείται, στην Ευρώπη, την Αυστραλία και την Αμερική. Αν και σαν είδος θεωρείται πολυφάγο αρπακτικό έντομο, οι προνύμφες του και τα ενήλικα του έχουν ως κύρια τροφή τις αφίδες. Το *Hippodamia variegata* δείχνει προτίμηση στις αφίδες του είδους *Dysaphis crataegi* (Kontodimas & Stathas 2005) ωστόσο είναι και θηρευτής στα είδη των αφίδων *A.pisum*, *A. craccivora*, *A.fabae*.

Τέλος, αν ο πληθυσμός των αφίδων δεν θεωρείται αρκετός ώστε να τραφεί το έντομο τότε οι προνύμφες αλλά και τα ενήλικα άτομα παρουσιάζουν ενδιαφέρον σε άλλα είδη τροφών. Όπως για παράδειγμα σε ωά και προνύμφες άλλων εντόμων είτε σε ακάρεα είτε σε νέκταρ και μελιτώματα αφίδων ή άλλων μυζητικών εντόμων.

Σαν είδος φέρει την παρακάτω **μορφολογία**: το ενήλικο άτομο έχει μήκος 4mm-5mm. Το σώμα του είναι επιμήκη και διαθέτει κιτρινοκόκκινα έλυτρα με

μαύρα στίγματα. Το κάθε έλυτρο εμφανίζει τέσσερα ή και λιγότερα στίγματα. Τα πόδια του είναι μαύρα όπως και η κοιλιά του. Στο μαύρο πρόνωτο, το οποίο διαθέτει, διακρίνονται μια λευκή γραμμή στην άκρη των ματιών του όπως και δύο λευκά στίγματα.

Οι προνύμφες του φέρουν σκούρο χρώμα και διαθέτουν μακρύ σώμα. Επίσης, έχουν τρία ζεύγη ποδιών και φέρουν πορτοκαλί στίγματα. Τέλος, τα ωά του είναι κίτρινα και επιμήκη.

Ο βιολογικός κύκλος του *Hippodamia variegata*

Το αρπακτικό έντομο *Hippodamia variegata* είναι ένα είδος, το οποίο παρατηρείται πως έχει μεγάλο αριθμό γενεών στην Ελλάδα. Όταν η διατροφή του είδους αυτού λαμβάνει χώρα σε εξωτερικά κλουβιά και του παρέχονται συνεχώς αφίδες τότε έχει τη δυνατότητα να ολοκληρώσει επτά επικαλυπτόμενες γενεές. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται την χρονική περίοδο μεταξύ Απριλίου και Νοεμβρίου (Kontodimas & Stathas 2005).

Στις αρχές του Απρίλη μέχρι και τα μέσα του Μαΐου το *H.variegata* εμφανίστηκε στην Κεντρική Ελλάδα και συγκεκριμένα στις καλλιέργειες του σιταριού (Kavalieratos *et al.* 2002), ενώ από τα μέσα του Μαΐου και τα μέσα Ιουλίου εμφανίστηκε στις καλλιέργειες βαμβακιού (Kavalieratos *et al.* 2002). Επίσης, από τα μέσα Ιουλίου μέχρι και τα τέλη Σεπτεμβρίου εμφανίστηκε σε καλλιέργεια καπνού (Kavalieratos *et al.* 2004).

Μέθοδοι καταπολέμησης

Βιολογική Καταπολέμηση

Οι επιστημονικές έρευνες, οι οποίες γίνονται για την καταπολέμηση των ασθενειών και των εντομολογικών εχθρών, έχουν ως κύριο αντικείμενο την βιολογική καταπολέμηση. Οι έρευνες και τα πειράματα, τα οποία λαμβάνουν χώρα σε όλο τον κόσμο, έχουν θετικά αποτελέσματα, τα οποία μας δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας νέων τρόπων αντιμετώπισης των ασθενειών αλλά και των βλαβερών εντόμων. Οι νέοι τρόποι θα είναι εναλλακτικοί αλλά και πιο οικονομικοί ενώ ταυτόχρονα θα είναι και απαλλαγμένοι από την παρουσία φυτοφαρμάκων.

Ο Cook και Baker (1983) έδωσαν τον εξής ορισμό για τη βιολογική καταπολέμηση: “Βιολογική καταπολέμηση των παθογόνων των φυτών είναι η μείωση της ποσότητας του μολύσματος ή της νοσογόνου δράσης τους, που πραγματοποιείται από ή διαμέσου ενός ή περισσοτέρων οργανισμών, άλλων από τον άνθρωπο”.

Η βιολογική καταπολέμηση παραπέμπει στην χρήση ζωντανών οργανισμών για την αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων στην καλλιέργεια μας. Έτσι, σε διάφορα εργαστήρια γίνεται η εκτροφή των ωφέλιμων εντόμων, όπως είναι για παράδειγμα τα αρπακτικά έντομα και τα παρασιτοειδή. Ύστερα απελευθερώνονται στις καλλιέργειες και αναλαμβάνουν τη μείωση των φυτοφάγων εντόμων.

Η βιολογική καταπολέμηση σαν διαδικασία έχει μιμητικό χαρακτήρα και αυτό σημαίνει πως μιμείται την δραστηριότητα της φύσης. Κατά αυτό τον τρόπο τα έντομο, τα οποία χαρακτηρίζονται και ως θηρευτές, καλύπτουν τις διατροφικές τους ανάγκες εις βάρος των εντόμων, τα οποία θεωρούνται θηράματα. Τα αρπακτικά έντομα *Coccinella septempunctata* και *Hippodamia variegata* φέρουν το παραπάνω χαρακτηριστικό. Η χρήση διάφορων μυκήτων έχει ως αποτέλεσμα τη θανάτωση των εχθρών εξαιτίας των τοξινών των οποίων παράγουν. Επίσης, η παρουσία των νηματωδών επηρεάζει τους εχθρούς αφού τους παραμορφώνει τα σωματικά τους μέρη ύστερα από την προσβολή τους. Ακόμα ένας τρόπος, ο οποίος χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία της βιολογικής καταπολέμησης, είναι τα βακτηρία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι αυτό του *Bacillus thuringiensis*, του οποίου η δράση είναι κατά του πράσινου σκουληκιού του βαμβακιού. Τέλος,

δίνεται η δυνατότητα να επηρεάσουμε την βιολογία του εντόμου, μέσω της χρήσης ακτινών Χ. Οι ακτίνες Χ δημιουργούν στείρα αρσενικά, τα οποία στην συνέχεια ελευθερώνοντας στα στις καλλιεργούμενες εκτάσεις δεν μπορούν να γονιμοποιήσουν τα θηλυκά (Τζανακάκης 1995).

Πλεονεκτήματα Βιολογικής Καταπολέμησης

Ένα από τα πλεονεκτήματα είναι η μεγάλη χρονική διάρκεια, η οποία παρατηρείται στην μείωση του πληθυσμού των μη ωφέλιμων εντόμων. Τα ωφέλιμα έντομα αφού αφεθούν στις καλλιεργούμενες εκτάσεις και προσαρμοστούν, αρχίζουν να εξαπλώνονται και να παράγουν το έργο τους. Έτσι, τους δίνεται η δυνατότητα να περιορίσουν το πληθυσμό των εντόμων εχθρών για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η βιολογική καταπολέμηση θεωρείται μια μέθοδος όχι πολυέξοδη στην εφαρμογή της όταν το κράτος συμβάλλει σε αυτή μέσω των ερευνών αλλά και στην διάδοση της. Επίσης, είναι μια μέθοδος ακίνδυνη ως προς τα φυτά, τον άνθρωπο και τα ζώα (Τζανακάκης 1995).

Μειονεκτήματα Βιολογικής Καταπολέμησης

Η βιολογική καταπολέμηση δεν φέρει μόνο πλεονεκτήματα σαν μέθοδος αλλά έχει και μειονεκτήματα. Λόγω της χρήσης εντομοφάγων εντόμων είναι αρκετές οι περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν μας δίνει άμεσα και σταθερά αποτελέσματα (Τζανακάκης 1995). Η μείωση του πληθυσμού των εντόμων εχθρών δεν έρχεται σε επιθυμητό βαθμό μέσω της χρήσης εντομοφάγων εντόμων.

Επιπλέον, με την εισαγωγή ωφέλιμων εντόμων παρουσιάζεται ο κίνδυνος εξαφάνισης των χρήσιμων εντόμων στις καλλιέργειες (Howard 1991). Το παραπάνω φαινόμενο συνιστά την προσοχή μας ως προς την εισαγωγή των νέων ειδών των ωφέλιμων εντόμων, ώστε να περιορίσουμε τα αρνητικά αποτελέσματα στο σύνολο του οικοσυστήματος. Αφού τα ωφέλιμα εισαγόμενα

έντομα υπάρχει περίπτωση να δράσουν αρνητικά τόσο ως προς τα έντομα εχθρούς όσο και στα ωφέλιμα έντομα της καλλιέργειας (Τζανακάκης 1995).

Η βιολογική καταπολέμηση φέρει ως απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή της, ο καλλιεργητής να έχει καλή γνώση τόσο της οικολογίας του παρασίτου όσο και για τα καλλιεργούμενα φυτά. Ακόμα, οφείλει να γνωρίζει τα ειδικά νομοθετικά μέτρα και να τα τηρεί. Επίσης, είναι αναγκαίο ένα σύστημα ελέγχου μέσω του οποίου θα κατοχυρώνεται η βιολογική γεωργία και θα πιστοποιούνται τα βιολογικά προϊόντα (Δημόπουλος 2004).

Ολοκληρωμένη Καταπολέμηση

Η ολοκληρωμένη μέθοδος καταπολέμησης βασίζεται στον συνδυασμό όλων των διαθέσιμων μεθόδων καταπολέμησης. Κατά αυτό τον τρόπο γίνεται ένας συνδυασμός με τις παρακάτω μεθόδους: χημική, βιολογική, βιοτεχνολογική, μηχανική, γενετική και καλλιεργητικά μέσα. Ωστόσο, δίνεται βάση, στον να μην γίνεται χρήση μεθόδων, οι οποίες χρησιμοποιούν χημικά σκευάσματα.

Η ολοκληρωμένη καταπολέμηση θεωρείται ένα σύστημα, το οποίο στηρίζεται σε μια οικολογικά προσανατολισμένη διαχείριση ή και χειρισμού των βλαβερών οργανισμών ως προς τα φυτά κατά το οποίο γίνεται συνδυαστική χρήση όλων των κατάλληλων τεχνικών μέσων και μεθόδων. Ο στόχος της παραπάνω μεθόδου είναι να περιορίσει τους βλαβερούς πληθυσμούς στα επίπεδα, τα οποία δεν επιφέρουν οικονομική ζημία στις καλλιέργειες.

Τέλος, για να εφαρμόσουμε την μέθοδο της ολοκληρωμένης καταπολέμησης στις καλλιέργειες μας, οφείλουμε να φέρουμε γνώση ορισμένων θεμάτων. Έτσι, θα πρέπει να έχουμε γνώση για την βιοοικολογία τόσο για τα μη ωφέλιμα έντομα όσο για τα ωφέλιμα έντομα τα οποία υπάρχουν στην καλλιέργεια ώστε να γίνει χρήση των σωστών μέτρων. Επίσης, να υπάρχει γνώση για την ύπαρξη μεθόδων οι οποίες δεν στηρίζουν την χρήση τους σε χημικά σκευάσματα. Σημαντικός παράγοντας είναι ακόμα ο συχνός έλεγχος των πληθυσμών όλων των εντόμων στις καλλιέργειες. Ο καθορισμός του 'ορίου ανεκτής πυκνότητας' και της 'πυκνότητας ή ορίου επέμβασης' για κάθε εχθρό.

Σαν 'όριο ανεκτής ποιότητας' ορίζεται η τιμή του πληθυσμού του ζημιογόνου εντόμου, η οποία δεν πρέπει να ξεπεράσει τα επιθυμητά όρια διότι θα προκαλέσει στην καλλιέργεια μας οικονομική ζημία. Η 'πυκνότητα επέμβασης' ονομάζεται εκείνο το όριο, το οποίο μας καθοδηγεί στη λήψη των κατάλληλων μέτρων καταπολέμησης. Σαν όριο συνηθίζεται να είναι ελάχιστα πιο κάτω από αυτό της ανεκτής πυκνότητας ώστε να γίνεται πρόσληψη της οικονομικής ζημίας ως προς την καλλιέργειά μας. Τέλος, ένα ακόμα βασικό στοιχείο της ολοκληρωμένης καταπολέμησης είναι η δημιουργία ενός συστήματος φυτοπροστασίας, το οποίο θα τηρεί τις παραπάνω προϋποθέσεις και θα είναι δυνατό να εφαρμοστεί στην αντίστοιχη καλλιέργεια. Για την δημιουργία του συστήματος αυτού είναι απαραίτητη η συνεργασία επιστημόνων, τεχνικών και παραγωγών (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 2003).

Πλεονεκτήματα Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης

Μέσω της χρήσης της μεθόδου της ολοκληρωμένης καταπολέμησης έχει παρατηρηθεί μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Τόσο ο καταναλωτής όσο και ο γεωργός ή παραγωγός δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα υγείας. Εξαιτίας, της έλλειψης υπολειμμάτων τοξικών ουσιών παράγονται υγιεινά προϊόντα, το περιβάλλον προστατεύεται ενώ τα ωφέλιμα έντομα δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα. Επίσης, οι πιθανότητες να δημιουργηθούν ανθεκτικές φυλές εντόμων στα εντομοκτόνα, μειώνονται. Τέλος, ο αριθμός των χημικών επεμβάσεων ο οποίος εφαρμόζεται δεν είναι ικανός να επηρεάσει την παραγωγή μας (Τζανακάκης 1995).

Μειονεκτήματα Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης

Βασική προϋπόθεση, για τον συνδυασμό των μεθόδων ώστε να ολοκληρωθεί σωστά η δημιουργία της ολοκληρωμένης καταπολέμησης, είναι η ύπαρξη προσωπικού, το οποίο θα είναι έμπειρο και καταρτισμένο. Αφού μέσω της εμπειρίας του και της γνώσης του το προσωπικό θα έχει τη δυνατότητα στη

λήψη και στο συντονισμό των μέτρων με στόχο τα θετικά αποτελέσματα. Ακόμα, θεωρείτο να παρουσιάζει δυσκολίες ο τομέας της οργανωμένης έρευνας και η ανάπτυξη των προγραμμάτων. Ο κρατικός μηχανισμός και οι αρμόδιες υπηρεσίες θα πρέπει να έχουν ως προτεραιότητα τη δημιουργία μιας μεθόδου φυτοπροστασίας, η οποία θα φέρει τα λιγότερα προβλήματα (Τζανακάκης 1995).

Σκοπός Εργασίας

Τα *H. variegata* και *C. septempunctata* είναι από τα πιο βασικά και σημαντικά ωφέλιμα έντομα, τα οποία ασκούν βιολογική καταπολέμηση στις αφίδες. Για το λόγο αυτό είναι σημαντικό να γνωρίζουμε στοιχεία, τα οποία αφορούν την βιολογία τους. Η παρούσα εργασία μελετά την τοξικότητα και την επίδραση των αρπακτικών στα εντομοκτόνα imidacloprid και deltamethrin.

Τέλος, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η δυνατότητα ένταξης των αρπακτικών σε μοντέλα ολοκληρωμένης καταπολέμησης (IPM).

ΈΒ Ειδικό Μέρος

Υλικά και Μέθοδοι

Πειραματικό Υλικό

Τα είδη των Κολεοπτέρων *H. variegata* και *C. septempunctata* τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στις πειραματικές μελέτες μας, συλλέχθηκε από καλλιεργούμενα και αυτοφυή φυτά. Επίσης, εκτός από τη χρήση του αρπακτικού εντόμου στις μελέτες μας έγινε και χρήση της μαύρης αφίδας των κουκιών *A. fabae* όπου η εκτροφή της πραγματοποιήθηκε στο χώρο του εντομοτροφείου.

Διατήρηση πειραματικού υλικού

Αποικία αφίδων: Η εκτροφή των αφίδων πραγματοποιήθηκε στο εντομοτροφείο, το οποίο και στεγάζεται στο ΤΕΙ Πελοποννήσου, στα πλαίσια του εργαστηρίου Εντομολογίας και Ζωολογίας του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων. Στο θάλαμο, μέσα στον οποίο οι αφίδες εκτρέφονταν, επικρατούσαν οι παρακάτω συνθήκες. Η θερμοκρασία βρισκόταν στους 17°C (± 5), η υγρασία είχε ποσοστό 60% (± 5) ενώ η φωτοπερίοδος ήταν L16:D8 (L=Light, D=Darkness). Οι αφίδες τοποθετήθηκαν μέσα σε σιδερένια κλουβιά με ξύλινο πάτο, τα οποία είχαν περιμετρικά ανοίγματα όπου προστατεύονταν από ένα λεπτό ύφασμα οργανίνης. Ο ρόλος της οργανίνης ήταν να εμποδίσει την διαφυγή των αφίδων αλλά και να τις προστατέψει από κάποια μόλυνση άλλων εντόμων (Εικόνα 2). Η διατροφή των αφίδων γινόταν με φυτά κουκιών (*Vicia faba*), τα οποία αλλάζονταν ύστερα από διάρκεια τριών ημερών και τοποθετούνταν νέα φυτά.



Εικόνα 2: Αποικία αφίδων σε κλουβιά εκτροφής σε θάλαμο του εργαστηρίου

δεξιά-αποικία αφίδων πάνω σε φυτό κουκιών

Αποικία αρπακτικών: Τα ενήλικα αρπακτικά έντομα συλλέγονταν στους αγρούς, τα οποία για αρχή και λόγω της μεταφοράς του έμπαιναν σε ειδικά αεροστεγή σακουλάκια. Ύστερα, με ιδιαίτερη προσοχή γινόταν η μεταφορά τους στο εντομοτροφείο με στόχο την ίδρυση αποικιών. Για την δημιουργία των αποικιών, τα έντομα μας τοποθετήθηκαν σε πλαστικούς διάφανους κυλίνδρους μαζί με μολυσμένα φυτά κουκιών από την αφίδα *Aphis fabae* εξασφαλίζοντας κατά αυτό τον τρόπο τις ανάγκες της διατροφής τους. Για την προστασία των αποικιών χρησιμοποιήθηκαν οργαντίνες, οι οποίες έκλεισαν τις εισόδους των κυλίνδρων (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Ενήλικα αρπακτικά *H.variegata* σε πλαστικούς κλωβούς για την δημιουργία αποικίας, στο θάλαμο του εργαστηρίου

Η διατήρηση των αποικιών μέσα στους κυλίνδρους πραγματοποιήθηκε σε αίθουσα του εργαστηρίου. Οι συνθήκες περιβάλλοντος ήταν συγκεκριμένες με στόχο την διατήρηση των αποικιών στα επιθυμητά επίπεδα. Έτσι, η θερμοκρασία ήταν ρυθμιζόμενη στους 25°C, η υγρασία στο 60% και τέλος η φωτοπερίοδος 16:8 (L:D). Η τροφή ανανεωνόταν κάθε δύο ή τρεις ημέρες. Καθημερινά γινόταν έλεγχος για ωά, τα οποία συλλέγονταν και ύστερα μεταφερόντουσαν σε ειδικά τριβλία. Στα ειδικά τριβλία τα ωά έμεναν μέχρι την στιγμή της εκκόλαψής τους. Οι αφίδες, οι οποίες εμφανιζόντουσαν ύστερα από την εκκόλαψη των ωών, έμπαιναν μεμονωμένα σε ειδικά βαζάκια με την προσθήκη μεγάλης ποσότητας αφίδων ώστε να τραφούν. Στόχος της παραπάνω διαδικασίας ήταν η αποφυγή του φαινομένου του κανιβαλισμού. Τέλος, αφού ολοκλήρωναν τα στάδια του βιολογικού τους κύκλου και έφταναν στο στάδιο του ενήλικου ατόμου ακολουθούσε η διαδικασία μεταφοράς τους στους κυλίνδρους ώστε να συνεχιστεί η διατήρηση της αποικίας.

Φυτά: Η σπορά των κουκιών ή επιστημονικά *Vicia faba* έγινε σε γλαστράκια 15 * 15 εκατοστά. Η διαδικασία , η οποία έλαβε χώρα, είχε την εξής διαδικασία. Βάζουμε τους σπόρους για 24 ώρες μέσα στο νερό αφού περάσει το 24ωρο, οι σπόροι μεταφέρονται σε γλαστράκια. Τα γλαστράκια αυτά μέσα έχουν βρεγμένο περλίτη όπου και τοποθετούμε μια ποσότητα από τους σπόρους. Ύστερα τα ποτίζουμε και τα τοποθετούμε σε θάλαμο, ο οποίος έχει θερμοκρασία 25°C. Μέσα σε διάρκεια 8 έως 10 ημερών τα κουκιά είχαν φυτρώσει αλλά κατάλληλα για μόλυνση ήταν όταν το μήκος τους ήταν 10 εκατοστά (Εικόνα 4).. Εν συνεχεία, τα κουκιά τα τοποθετούσαμε σε ειδικά κλουβιά ντυμένα με οργαντίνες με στόχο την τεχνητή μόλυνση με την αφίδα *Aphis fabae*. Τέλος, από τα φυτά αυτά συλλέγονται ενήλικα άτομα αφίδων, τα οποία και προορίζονται ως τροφή των προνυμφών ώστε να επιτευχθεί η πειραματική μελέτη αλλά και για την αποικία των ενήλικων ατόμων.



Εικόνα 4: Αριστερά-γλαστράκια με σπόρους από κουκιά πάνω σε περλίτη δεξιά-φυτρωμένοι σπόροι κουκιών έτοιμα για τεχνητή μόλυνση με *A.fabae*.

Γ. Πειραματική Μεθολογία

Για την μελέτη των εντομοκτόνων σε αρπακτικά έντομα χρειάστηκαν προνύμφες τέταρτου σταδίου. Έτσι, μεταφέρθηκαν ωά από τις αποικίες των ενήλικών μεμονωμένα και διατηρήθηκαν στο βιοκλιματικό θάλαμο, στους 25°C, με φωτοπερίοδο 16:8 και

υγρασία 60% μέχρι την εκκόλαψη τους. Κάθε νεοεκκολαφθόμενη προνύμφη τοποθετείται σε ατομικά βαζάκια, όπου παρέμεινε μέχρι να φθάσει στο τέταρτο προνυμφικό στάδιο, μέσα στον θάλαμο. Κάθε μέρα οι προνύμφες, ταΐζονταν και ελέγχονταν για τα εκδύματα τους, όπου στο τρίτο έκδυμα η προνύμφη βρισκόταν στο τέταρτο στάδιο. Σ' αυτό το στάδιο πραγματοποιήθηκαν οι βιοδοκιμές.

Εφαρμόστηκαν δυο εντομοκτόνα και μάρτυρας, imidacloprid (Confidor 20SL, Bayer Crop Science Ελλάς ABEE) και του deltamethrin (Decis 2,5EC, Bayer Crop Science Ελλάς ABEE), με παροχή μολυσμένων με εντομοκτόνο αφίδων σε κάθε προνύμφη. Κάθε προνύμφη έπειτα από την βιοδοκιμή τοποθετήθηκε στο βαζάκι με ένα φύλλο από κουκιά, έτσι ώστε να διατηρούνται σε υπερεπάρκεια μέχρι το στάδιο της νύμφωσης.

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

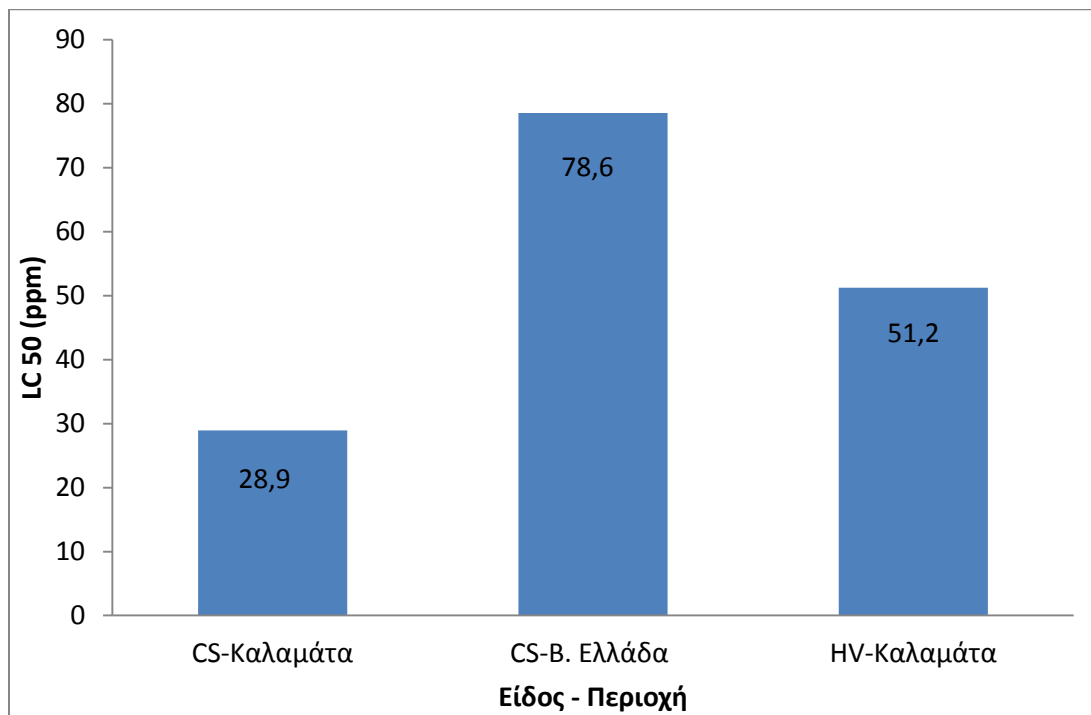
Δ. Ανάλυση στοιχείων

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

Αποτελέσματα

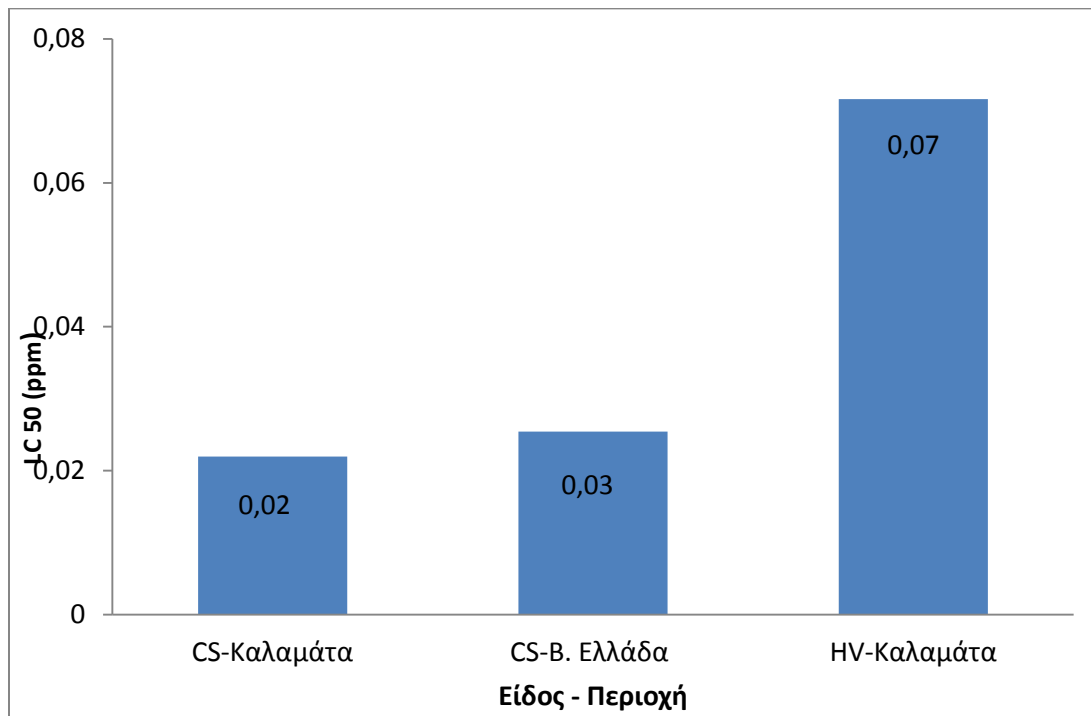
Η επίδραση των συνθετικών εντομοκτόνων σε αρπακτικά έντομα, και ειδικότερα σε αρπακτικά της οικογένειας Coccinellidae, έχει μελετηθεί ελάχιστα ενώ επίσης δεν έχει μελετηθεί και η επίδραση τους σε αυτά. Η τοξικότητα και η μέση διάρκεια ανάπτυξης, αλλά και η συνολική διάρκεια ανάπτυξης για τα δυο αυτά στάδια των αρπακτικών *C. septempunctata* και *H. variegata* στους 25°C περιγράφονται στα Σχήματα 1 έως 6.

Όσο αφορά την τοξικότητα των εντομοκτόνων Imidacloprid και deltamethrin σε προνύμφες 4^{ης} ηλικίας των αρπακτικών *C. septempunctata* και *H. variegata* περιγράφονται στα Σχήματα 1 έως 3. Στην περίπτωση του Imidacloprid διαφορές βρέθηκαν αναμεσα στους δυο πληθυσμούς του *C. septempunctata* με αυτόν της βορείου Ελλάδας να εμφανίζει μεγαλύτερη ανοχή στο Imidacloprid σε σχέση με αυτόν της Καλαμάτας. Το *H. variegata* βρέθηκε να έχει ανεκτικότητα στο imidacloprid παρόμοια με το *C. septempunctata*.



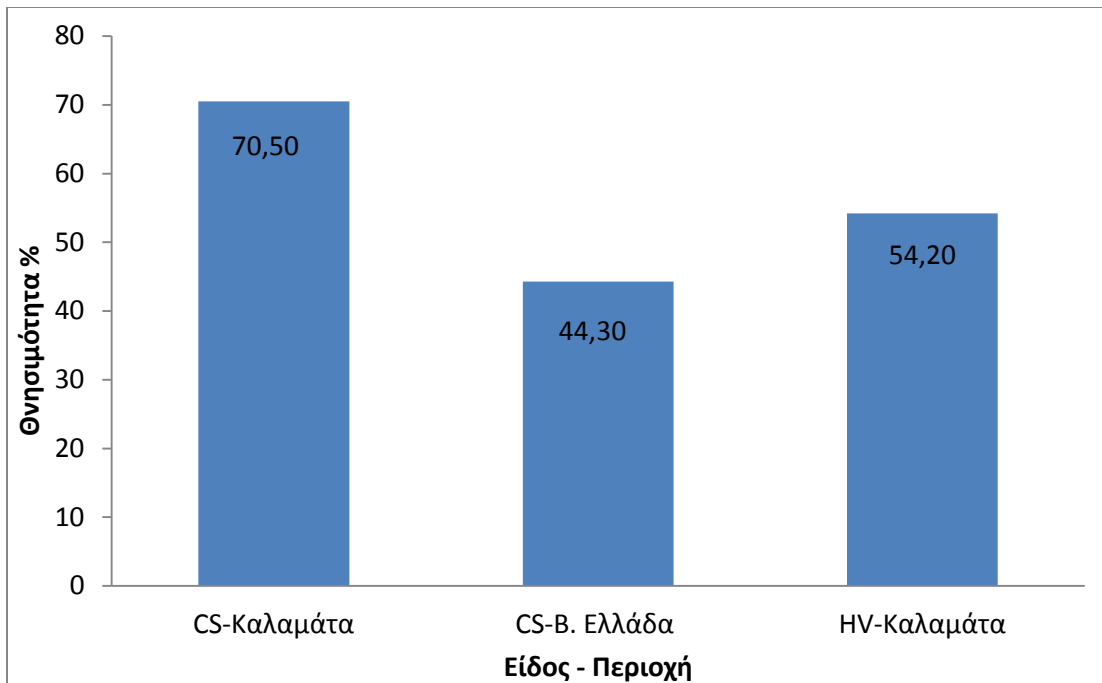
Σχήμα 1. LC₅₀ (σε ppm) του imidacloprid σε προνύμφες 4^{ης} ηλικίας του αρπακτικού *C. septempunctata* και *H. variegata* μετά την κατανάλωση μολυσμένης με imidacloprid λείας.

Όσο αφορά το deltamethrin και για τα δυο είδη ήταν ιδιαίτερα τοξικό (Σχήμα 2). Το LC₅₀ (σε ppm) του deltamethrin σε προνύμφες 4^{ης} ηλικίας του αρπακτικού *C. septempunctata* και *H. variegata* μετά την κατανάλωση μολυσμένης με deltamethrin λείας ήταν αρκετά μικρότερο από τα 17,5 ppm που είναι η συνιστάμενη από την εταιρεία δόση.



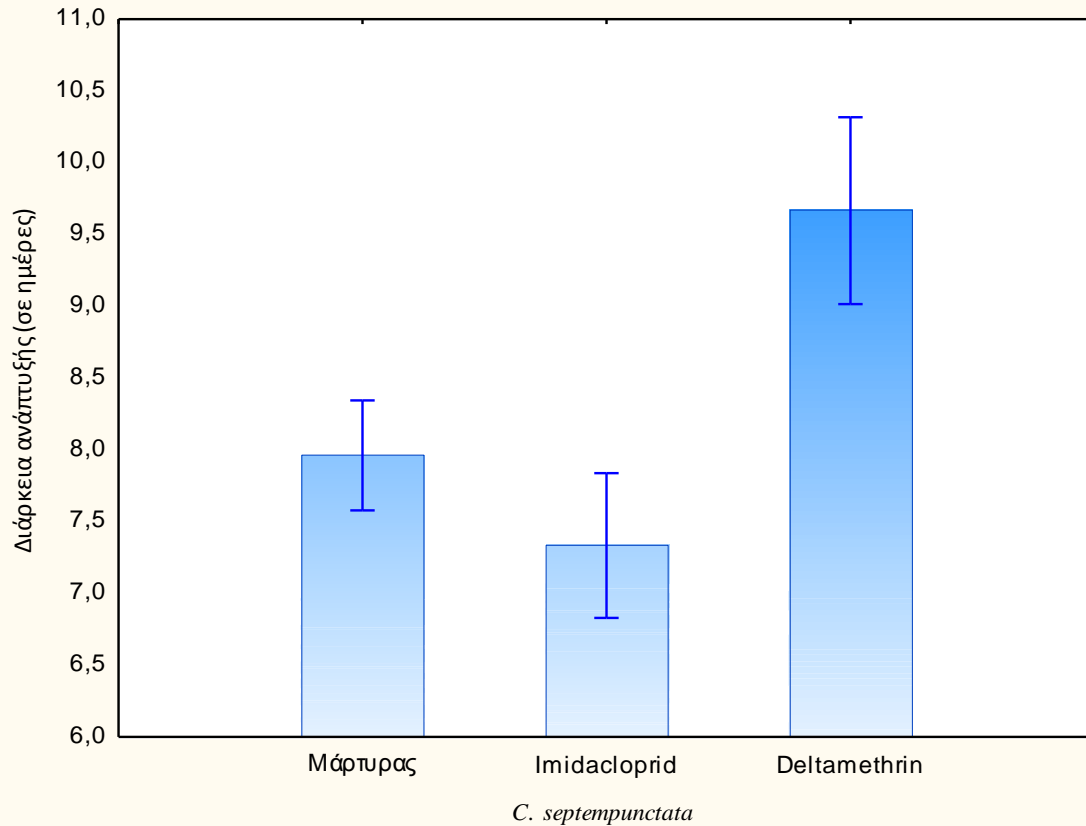
Σχήμα 2. LC₅₀ (σε ppm) του deltamethrin σε προνύμφες 4^{ης} ηλικίας του αρπακτικού *C. septempunctata* και *H. variegata* μετά την κατανάλωση μολυσμένης με deltamethrin λείας.

Όσο αφορά την θνησιμότητα (%) σε προνύμφες 4^{ης} ηλικίας των αρπακτικών *C. septempunctata* και *H. variegata* μετά την κατανάλωση μολυσμένης με imidacloprid λείας στην συνιστώμενη από την εταιρεία δόσης παρουσιάζονται στο Σχήμα 3. Και τα δυο αρπακτικά στην περίπτωση του deltamethrin βρέθηκε ότι ανήκουν στην κατηγορία 4 (>99% θνησιμότητα) του IOBC με βάση την τοξικότητα, ενώ το imidacloprid στην κατηγορία 2 (ελαφρώς επιβλαβές).



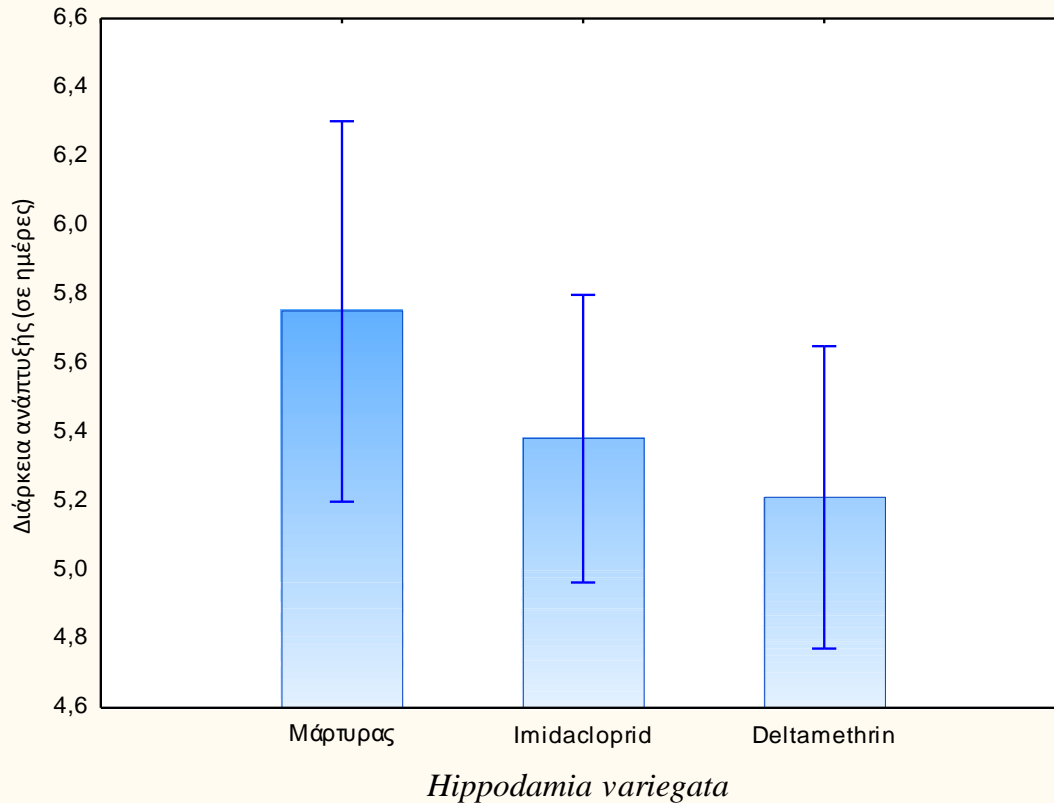
Σχήμα 3. Θνησιμότητα (%) σε προνύμφες 4^{ης} ηλικίας των αρπακτικών *C. septempunctata* και *H. variegata* μετά την κατανάλωση μολυσμένης με imidacloprid λείας στην συνιστώμενη από την εταιρεία δόσης.

Όσο αφορά το *C. septempunctata* η διάρκεια ανάπτυξης από 4^{ου} ηλικίας προνύμφες έως και ακμαίο κυμάνθηκε από 7,33 ημέρες για τον Imidacloprid έως και 9,67 ημέρες για τον deltamethrin. Βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων ($F = 16.45; df=2, 47; p<0.001$).



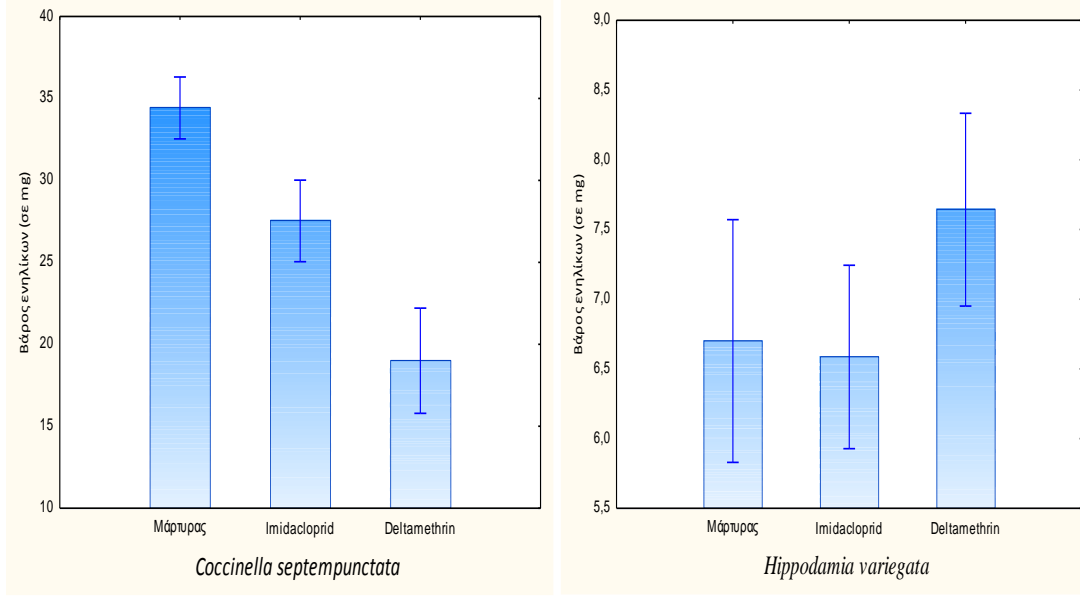
Σχήμα 4. Διάρκεια ανάπτυξης (4^{ης} ηλικίας προνύμφη σε ενήλικο, σε ημέρες) του αρπακτικού *Coccinella septempunctata* τρεφόμενο με μολυσμένο με εντομοκτόνο λείας (*Aphis fabae*) σε δόση LC₁₀.

Αντίστοιχα, όσο αφορά το *H. variegata* η διάρκεια ανάπτυξης από 4^{ου} ηλικίας προνύμφες έως και ακμαίο κυμάνθηκε από 5,2 ημέρες για τον deltamethrin έως και 5,75 ημέρες για τον μάρτυρα. Δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων ($F = 1.19$; $df=2, 49$; $p<0.31$).



Σχήμα 5. Διάρκεια ανάπτυξης (4^{ης} ηλικίας προνύμφη σε ενήλικο, σε ημέρες) του αρπακτικού *Hippodamia variegata* τρεφόμενο με μολυσμένο με εντομοκτόνο λείας (*Aphis fabae*) σε δόση LC₁₀.

Η επίδραση των εντομοκτόνων στο βάρος των ακμαίων αρπακτικών ήταν στατιστικώς σημαντική μόνο για το *C. septempunctata* (Σχήμα 6). Το βάρος των ακμαίων για το *C. septempunctata* κυμάνθηκε από 34,4 mg για τον μάρτυρα έως και 19 mg για το deltamethrin. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων ($F = 36.64; df=2, 47; p<0.001$). Στο *H. variegata* δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ($F = 2.78; df=2, 49; p<0.071$). Το βάρος των ακμαίων κυμάνθηκε από 6,6 mg για το imidacloprid έως και 7,6 mg για το deltamethrin (Σχήμα 3).



Σχήμα 6. Βάρος ενηλίκων (σε mg) των αρπακτικών *Coccinella septempunctata* και *Hippodamia variegata* μετά την κατανάλωση μολυσμένο με εντομοκτόνο λείας (*Aphis fabae*) σε δόση LC₁₀.

Συζήτηση

Η συντήρηση των αρπακτικών χρησιμοποιώντας εκλεκτικά εντομοκτόνα μπορεί να βελτιώσει την συμβατότητα με την βιολογική καταπολέμηση σε ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης καταπολέμησης. Τα εντομοκτόνα μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη των αρπακτικών με αρκετούς τρόπους. Είτε με την απευθείας επαφή με το εντομοκτόνο, με την επαφή με φυτό που περιέχει το εντομοκτόνο ή τέλος με θήραμα μολυσμένο με το εντομοκτόνο. Στην συγκεκριμένη διατριβή μελετήσαμε την περίπτωση που το αρπακτικό τρέφεται με μολυσμένη με εντομοκτόνο λεία.

Παρόλο που τα εργαστηριακά πειράματα μπορεί να υπερεκτιμήσουν την επίδραση ενός εντομοκτόνου, μιας και η αρχιτεκτονική των φυτών μπορεί να επηρεάσουν την συμπεριφορά του εντόμου (Singh et al., 2001), τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής έδειξαν ότι και τα δυο εντομοκτόνα που μελετήθηκαν επηρεάζουν το αρπακτικό *C. septempunctata*, αντίθετα δεν βρέθηκαν διαφορές στο αρπακτικό *H. variegata* τόσο στο βάρος των ακμαίων όσο και στην διάρκεια ανάπτυξης από 4^{ης} ηλικίας προνύμφη έως και ακμαίο.

Τα αποτελέσματα των βιοδοκιμών ανέδειξαν τις διαφορές ανάμεσα στα δυο εντομοκτόνα που μελετήθηκαν και στα δυο είδη. Τα νεονικοτεينوειδή εντομοκτόνα χρησιμοποιούνται ευρέως για τον έλεγχο εντόμων σε όλο τον κόσμο (Nauen and Denholm 2005). Στην Ελλάδα, τα νεονικοτεينوειδή χρησιμοποιούνται ευρέως για τον έλεγχο των αφίδων σε καλλιέργειες καπνού και σπρωρώνες ροδακινιάς (Margaritoroulos et al. 2007) λόγω της μεγάλης αποτελεσματικότητάς τους και του τρόπου δράσης τους.

Όσο αφορά και τα δυο αρπακτικά στην περίπτωση του imidacloprid, βρέθηκε να είναι ελαφρώς επιβλαβές. Αρκετοί ερευνητές έχουν βρει παρόμοια αποτελέσματα για τα νεονικοτεينوειδή σε διάφορους φυσικούς εχθρούς σε πειράματα εργαστηρίου. Οι Youn et al. (2003) βρήκαν ότι το imidacloprid προκαλεί 100% θνησιμότητα σε προνύμφες 1^{ης} και 2^{ης} ηλικίας του αρπακτικού *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). Αντιθέτως, βρήκαν ότι σε 3^{ης} και 4^{ης} ηλικίας προνύμφες βρέθηκαν ελαφρώς τοξικά. Παρόλα αυτά, σε ένα πρόγραμμα IPM θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η τοξικότητα στο αρπακτικό θα αυξάνεται διότι θα δέχεται εντομοκτόνο και μέσω της υπολειμματικότητας εντομοκτόνου αλλά και μέσω της απευθείας έκθεσης του.

Το πυρεθροειδές εντομοκτόνο βρέθηκε να είναι ιδιαίτερα τοξικό και στα δυο αρπακτικά. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει τα ίδια αποτελέσματα σε αρκετά αρπακτικά (Tillman and Mulrooney 2000; Gusmγo et al. 2000; Michaud 2002; Torres and Ruberson 2005; Ruberson et al. 2007; Rodrigues et al. 2013). Η τοξικότητα των πυρεθροειδών εντομοκτόνων πιθανών να οφείλεται στο γρήγορο τρόπο δράσης τους (Bozsik 2006).

Η μεγάλη θνησιμότητα που παρατηρήθηκε στο deltamethrin και στα δυο αρπακτικά στην μελέτη αυτή μπορεί να έχει επιζήμιες συνέπειες για τον πληθυσμό των αρπακτικών και την επιβίωση του στις καλλιέργειες που ψεκάζονται με αυτό το εντομοκτόνο. Όμως χρειάζονται περισσότερες μελέτες μιας και οι Singh et al (2004) είχαν βρει ότι σε κουκιά ψεκασμένα με το εντομοκτόνο dimethoate η προνύμφη απέφευγε την ψεκασμένη επιφάνεια και επικέντρωνε το ψάξιμο της σε μη ψεκασμένες επιφάνειες.

Οι βιοδοκιμές στο εργαστήριο αναδεικνύουν ότι τα εντομοκτόνα επιδρούν τόσο στην διάρκεια ανάπτυξης όσο και στο βάρος των ακμαίων του *C. septicornata* σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Πειράματα αγρού είναι απαραίτητα για να βγουν περισσότερο ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση των εντομοκτόνων σε αρπακτικά έντομα.

Βιβλιογραφία :

- Auclair, J.L. and Aroga, R. (1984) Influence de l'effet de groupe et de la qualité de la plante-hôte sur le cycle évolutif de quatre biotypes du puceron du pois, *Acyrtosiphon pisum*. Canadian Journal of Zoology 62, 608–612.
- Awram, W.J. (1968) Effects of crowding on wing morphogenesis in *Myzus persicae* Sulz. (Aphididae; Homoptera). Quaestiones Entomologicae 4, 3–29.
- Blackman, R.L. (1974) Life-cycle variation of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hom., Aphididae) in different parts of the world, in relation to genotype and environment. Bulletin of Entomological Research 63, 595–607
- Blackman, R.L. (1980) Chromosome numbers in the Aphididae and their taxonomic significance. Systematic Entomology 5, 7–25.
- Bonnemaison, L. (1951) Contribution a l'étude des facteurs provoquant l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphidinae. Annales Epiphyties 2, 1–380
- Bozsik, A. (2006). Susceptibility of adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to insecticides with different modes of action. Pest Management Science, 62, 651–654.
- Brown, G. C. , M. J. Sharkey and D. W. Johnson. 2003. Bionomics of *Scymnus (Pullus) louisianae* J. Chapin (Coleoptera: Coccinellidae) as a predator of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura (Homoptera: Aphididae) Journal of Economic Entomology, 96 : 21 – 24 .
- Burakowski , B. and S. A. Slipinski. (2000). The larvae of Leiestinae with notes on the phylogeny of Endomychidae (Coleoptera, Cucujoidea) *Annales Zoologici Fennici* 50 : 559 – 573 .
- Christiansen-Weniger, P. and Hardie, J. (1998) Wing development in parasitised male and female *Sitobion fragariae*. Physiological Entomology 23, 208–213.
- Christiansen-Weniger, P. and Hardie, J. (2000) The influence of parasitism on wing development in male and female pea aphids. Journal of Insect Physiology 46, 861–867
- Clough, M.S., Bale, J.S. and Harrington, R. (1990) Differential cold hardiness in adults and nymphs of the peach–potato aphid *Myzus persicae*. Annals of Applied Biology 116, 1–9.

- Cook, R. J.; Baker, K. F. (1983) The nature and practice of biological control of plant pathogens. American Phytopathological Society
- Voudouris, C. C., Kati, A. N., Sadikoglou, E., Williamson, M., Skouras, P. J., Dimotsiou, O., Georgiou, S., Fenton, B., Skavdis, G. and Margaritopoulos, J. T. (2016), Insecticide resistance status of *Myzus persicae* in Greece: long-term surveys and new diagnostics for resistance mechanisms. Pest Management Science. 72, 671–683.
- Crowson, R. A. (1955) The Natural Classification of the Families of Coleoptera Nathaniel Lloyd, London. 187 pp.
- Kontodimas D.C. and Stathas G.J. (2004) Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dysaphis crataegi*. BioControl 50, 223–233
- Dadd, R.H. (1968) Dietary amino acids and wing determination in *Myzus persicae*. Annals of the Entomological Society of America 82, 203–208
- Dean, G.J. (1974) The overwintering and abundance of cereal aphids. Annals of Applied Biology 74, 387–398.
- Dewar, A.M. and Carter, N. (1984) Decision trees to assess the risk of cereal aphid (Hemiptera: Aphididae) outbreaks in summer in England. Bulletin of Entomological Research 74, 387–398
- Dixon, A.F.G. (1972c) Fecundity of brachypterous and macropterous alatae in *Drepanosiphum dixonii* (Callaphididae, Aphididae). Entomologia Experimentalis et Applicata 18, 459–464.
- Dixon, A.F.G. (1975) Effect of population density and food quality on autumnal reproductive activity in the sycamore aphid, *Drepanosiphum platanoides* (Schr.). Journal of Animal Ecology 44, 297–304.
- Dixon, A.F.G. and Agarwala, B.K. (1999) Ladybird-induced life-history changes in aphids. Proceedings of the Royal Society of London B 266, 1549–1553.
- Dixon, A.F.G. and Glen, D.M. (1971) Morph determination in the bird cherry–oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L). Annals of Applied Biology 68, 11–21.
- Dixon, A.F.G. and Wratten, S.D. (1971) Laboratory studies on aggregation, size and fecundity in the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. Bulletin of Entomological Research 61, 97–111.
- El-Ziady, S. (1960) Further effects of *Lasius niger* L. on *Aphis fabae* Scopoli. Proceedings of the Royal Entomological Society of London A 35, 1–3.

- El-Ziady, S. and Kennedy, J.S. (1956) Beneficial effects of the common garden ant, *Lasius niger* L., on the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli. Proceedings of the Royal Entomological Society London A 31, 4–6.
- Emden, Helmut & Harrington, R. (2007). Aphids as Crop Pests
- Evans, A.C. (1938) The effect of the chemical composition of the plant on reproduction and production of winged forms in *Brevicoryne brassicae* L. Annals of Applied Biology 25, 558–572.
- Forrest, W.A. (1970) The effects of maternal and larval experience on morph determination in *Dysaphis devecta*. Journal of Insect Physiology 15, 2179–2201.
- Gildow, F.E. (1980) Increased production of alatae by aphids reared on oats infected by barley dwarf virus. Annals of the Entomological Society of America 73, 343–347.
- Giorgi, J. A., N. J. Vandenberg , J. V. McHugh et al. (2009) . The evolution of food preferences in Coccinellidae, Biological Control 51 : 215 – 231 .
- Gusmyo, M. R., Picanço, M., Leite, G. L. D., & Moura, M. F. (2000). Seletividade de inseticidas a predadores de pulgues. Horticultura Brasileira, 18, 130–133.
- Harrewijn, P. (1973) Function significance of indole alkylamines linked to nutritional factors in wing development of the aphid *Myzus persicae*. Entomologia Experimentalis et Applicata 16, 499–513.
- Harrewijn, P. (1976) Host-plant factors regulating wing production in *Myzus persicae*. Symposium Biologica Hungarica 16, 79–83
- Harrewijn, P. (1978) The role of plant substances in polymorphism of the aphid *Myzus persicae*. Entomologia Experimentalis et Applicata 24, 198–214.
- Harrington, R. and Cheng, X.-N. (1984) Winter mortality, development and reproduction in a field population of *Myzus persicae* (Sulz.) in England. Bulletin of Entomological Research 74, 633–640.
- Harrington, R. and Taylor, L.R. (1990) Migration for survival: fine scale population redistribution in an aphid, *Myzus persicae*. Journal of Animal Ecology 59, 1177–1193.
- Harrington, R., Dewar, A.M. and George, B. (1989) Forecasting the incidence of virus yellows in sugarbeet in England. Annals of Applied Biology 114, 459–469.
- Helden, A.J. and Dixon, A.F.G. (2002) Life-cycle variation in the aphid *Sitobion avenae*: costs and benefits of male production. Ecological Entomology 27, 692–701.
- Hille Ris Lambers, D. (1960) Some notes on morph determination in aphids. Entomologie Berlin 20, 110–113.

- Hille Ris Lambers, D. (1966) Polymorphism in Aphididae. Annual Review of Entomology 11, 47–78.
- Hodek , I. (1958). Influence of temperature, relative humidity and photoperiodicity on the speed of development of *Coccinella septempunctata* L., Acta Entomologica Serbica
- Hodek , I. (1973) Biology of Coccinellidae Academia, Prague and W. Junk , The Hague . 260 pp.
- Hodek , I. and A. Honek . (1996). Ecology of Coccinellidae . Kluwer Academic Publishers pp. 239 – 318 .
- Honek , A. and F. Kocourek. (1990). Temperature and development time in insects: a general relationship between thermal constants, Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere 117 : 401 – 439
- Hunt, T., J. Bergsten, Z. Levkanicova et al. (2007). A comprehensive phylogeny of beetles reveals the evolutionary origins of a superradiation. Science 318 : 1913 – 1916 .
- Ibbotson, A. and Kennedy, J.S. (1950) The distribution of aphid infestation in relation to leaf age. II. The progress of *Aphis fabae* Scop. infestations on sugar beet in pots. Annals of Applied Biology 37, 680–696.
- Iwata , K. (1932). On the biology of two large lady - birds in Japan. Transactions of the Kansai Entomological Society 3 : 13 – 26 .
- James, B.D. and Luff, M.L. (1982) Cold-hardiness and development of eggs of *Rhopalosiphum insertum*. Ecological Entomology 7, 277–282.
- Jepson, P.C. and Green, R.E. (1983) Prospects for improving control strategies for sugar beet pests in England. Advances in Applied Biology 7, 175–250.
- John A. Tsitsipis et al. (2007), A contribution to the aphid fauna of Greece. Bulletin of Insectology 60, 31-38
- John T Margaritopoulos and Panagiotis J Skouras (2008) Establishing the resistance of *Myzus persicae* (Sulzer) by molecular methods. Archives of Biological Sciences 60. 493-499.
- Johnson, B. (1965) Wing polymorphism in aphids II. Interaction between aphids. Entomologia Experimentalis et Applicata 8, 49–64.
- Johnson, B. (1966) Wing polymorphism in aphids III. The influence of the host plant. Entomologia Experimentalis et Applicata 8, 49–64.
- Judge, F.D. (1967) Overwintering in *Pemphigus bursarius* (L.). Nature 37, 651–679.

- Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Stathas, G. J. & Tomanovic, Ž. (2002). Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on citrus: seasonal abundance, association with the species of host plant and sampling indices. *Phytoparasitica* 30, 365–377.
- Klausnitzer, B. (1969b) . Zur Unterscheidung der Eier mitteleuropäischer occinellidae, *Acta Entomologica Sinica*
- Komazaki, S. (1995) Collection and hatching of the aphid, *Aphis spiraeicola* Patch, eggs in the laboratory. *Applied Entomology and Zoology* 30, 97–101.
- Kundu, R. and Dixon, A.F.G. (1995) Evolution of complex life-cycles. *Journal of Animal Ecology* 64, 245–255.
- Lang, A. and Gsodl, S. (2001) Prey vulnerability and active predator choice as determinants of prey selection: a carabid beetle and its aphid prey. *Journal of Applied Entomology* 125, 53–61.
- Leather, S.R. (1993) Overwintering in six arable aphid pests: a review with particular reference to pest management. *Journal of Applied Entomology* 116, 217–233.
- Leather, S.R. and Wellings, P.W. (1981) Ovariole number and fecundity in aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 30, 128–133.
- Leckstein, P.M. and Llewellyn, M. (1973) Effect of dietary amino acids on the size and alary polymorphism of *Aphis fabae*. *Journal of Insect Physiology* 19, 973–980.
- Lees, A.D. (1960) The role of photoperiod and temperature in the determination of the parthenogenetic and sexual forms in the aphid *Megoura viciae* Buckton 2. The operation of the interval timer in young clones. *Journal of Insect Physiology* 4, 154–175.
- Lees, A.D. (1961a) Clonal polymorphism in aphids. In: Kennedy, J.S. (ed.) *Insect Polymorphism. Proceedings of the Royal Entomological Society Symposium*, London, pp. 261–280.
- Lees, A.D. (1961b) Aphid clocks. *New Scientist* 355, 148–150.
- Lees, A.D. (1963) The role of photoperiod and temperature in the determination of parthenogenetic and sexual forms in the aphid *Megoura viciae* Buckton – III. Further properties of the maternal switching mechanism in apterous aphids. *Journal of Insect Physiology* 9, 153–164.
- Lees, A.D. (1964) The location of the photoperiodic receptors in the aphid *Megoura viciae* Buckton. *Journal of Experimental Biology* 41, 119–133.

- Lees, A.D. (1967) The production of apterous and alate forms of the aphid *Megoura viciae* Buckton, with special reference to the role of crowding. *Journal of Insect Physiology* 13, 289–318.
- Liu, S.-S. (1994) Production of alatae in response to low temperature in aphids: a trait of seasonal adaptation. In: Danks, H.V. (ed.) *Insect Life-cycle Polymorphism*. Kluwer, Dordrecht, pp. 245–261.
- Liu, S.-S. and Hughes, R.D. (1984) Effect of host age at parasitization by *Aphidius sonchi* on the development, survival, and reproduction of the sowthistle aphid, *Hyperomyzus lactucae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 36, 239–246.
- Lushai, G., Hardie, J. and Harrington, R. (1996) Diapause termination and egg hatch in the bird cherry aphid, *Rhopalosiphum padi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 81, 113–115.
- Macias, W. and Mink, G.I. (1969) Preference of green peach aphids for virus-infected sugarbeet leaves. *Journal of Economic Entomology* 62, 28–29.
- Majerus, M. E. N. (1994) . *Ladybirds*. Harper Collins Publishers, London. 367 pp.
- Majerus, M. E. N. and P. W. E. Kearns (1989) *Ladybirds (Naturalists' Handbooks 10)*, Richmond Publishing Co. , London . 103 pp.
- Marcovitch, S. (1924) The migration of the Aphididae and the appearance of the sexual forms as affected by the relative length of daily light exposure. *Journal of Agricultural Research* 27, 513–533.
- Margaritopoulos, J. T., Skouras, P. J., Nikolaidou, P., Manolikaki, J., Maritsa, K., Tsamandani, K., Kanavaki, O. M., Bacandritsos, N., Zarpas, K. D., & Tsitsipis, J. A. (2007). Insecticide resistance status of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) populations from peach and tobacco in mainland Greece. *Pest Management Science*, 63(8), 821–829.
- Margaritopoulos, J.T., Tsourapas, C., Tzortzi, M., Kanavaki, O.M. and Tsitsipis, J.A. (2005) Host selection by winged colonizers within the *Myzus persicae* group: a contribution toward understanding host specialization. *Ecological Entomology* 30, 406–418
- McKenzie , H. L. (1932). The biology and feeding habits of *Hyperaspis lateralis* Mulsant (Coleoptera – Coccinellidae), *University of California publications* 6 : 9 – 20 .
- McLeod, P. (1987) Effect of low temperature on *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on overwintering spinach. *Environmental Entomology* 16, 796–801.

- McVean, R.I.K., Dixon, A.F.G. and Harrington, R. (1999) Causes of regional and yearly variation in pea aphid numbers in eastern England. *Journal of Applied Entomology* 123, 495–502.
- Tzanakakis ME, Katsoyiannos BI (2003) *Insect pests of fruit trees and vines*, Agrotypos
- Michaud, J. P. (2002). Relative toxicity of six insecticides to *Cycloneda sanguinea* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Entomological Science*, 37, 83–93.
- Mittler, T.E. (1971) Some effects on the aphid *Myzus persicae* of ingesting antibiotics incorporated into artificial diets. *Journal of Insect Physiology* 17, 1333–1347.
- Mittler, T.E. (1972) Aphid polymorphism as affected by diet. In: Lowe, A.D. (ed.) *Perspectives in Aphid Biology*. Entomological Society of New Zealand, Auckland, pp. 65–75.
- Mittler, T.E. and Dadd, R.H. (1966) Food and wing determination in *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Annals of the Entomological Society of America* 59, 1162–1166.
- Mittler, T.E. and Kleinjan, J.E. (1970) Effect of artificial diet composition on wing-production by the aphid *Myzus persicae*. *Journal of Insect Physiology* 16, 833–850.
- Mittler, T.E. and Sutherland, O.R.W. (1969) Dietary influences in aphid polymorphism. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 12, 703–713.
- Moran, N., Seminoff, J. and Johnstone, L. (1993) Induction of winged sexuparae in root-inhabiting colonies of the aphid *Pemphigus betae*. *Physiological Entomology* 18, 296–302.
- Muller, C.B., Williams, I.S. and Hardie, J. (2001) The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. *Ecological Entomology* 26, 330–340.
- Muller, C.B., Williams, I.S. and Hardie, J. (2001) The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids. *Ecological Entomology* 26, 330–340.
- Nakanishi, K., M. Hoshino, M. Nakai and Y. Kunimi. (2008). Novel RNA sequences associated with late male killing in *Homona magnanima*, proceedings of the royal society b 275: 1249 – 1254.
- Nauen, R., & Denholm, I. (2005). Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: Current status and future prospects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 58, 200–215.

Nauen, R., & Denholm, I. (2005). Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: Current status and future prospects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 58, 200–215.

Noda, I. (1959) The emergence of winged viviparous female in aphid. VII. On the rareness of the production of the winged offsprings from the mothers of the same form. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 3, 272–280.

Ohashi, K., Y. Sakuratani, N. Osawa, S. Yano and A. Takafuji. (2005). Thermal microhabitat use by the ladybird beetle, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), and its life cycle consequences, *Environmental Entomology* 34 : 432 – 439 .

Omkar and A. Pervez. (2004b). Temperature - dependent development and immature survival of an aphidophagous ladybeetle, *Propylea dissecta*, *Journal of Applied Entomology* 128 : 510 – 514 .

Margaritopoulos, J. T., Skouras, P. J., Nikolaidou, P., Manolikaki, J., Maritsa, K., Tsamandani, K., Kanavaki, O. M., Bacandritsos, N., Zarpas, K. D. and Tsitsipis, J. A. (2007), Insecticide resistance status of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) populations from peach and tobacco in mainland Greece, *Pest Management Science* 63, 821–829.

Skouras, Panagiotis John, and George John Stathas (2015). Development, growth and body weight of *Hippodamia variegata* fed *Aphis fabae* in the laboratory. *Bulletin of Insectology* 68.2, 193-198.

Perry, J. C. and B. D. Roitberg . (2005). Ladybird mothers mitigate offspring starvation risk by laying trophic eggs, *Behavioral Ecology and Sociobiology* 58: 578 – 586.

Powell, G. and Hardie, J. (2001) The chemical ecology of aphid host alternation: how do return migrants find the primary host plant? *Applied Entomology and Zoology* 36, 259–267.

Prado, E. and Tjallingii, W.F. (1997) Effects of previous plant infestation on sieve element acceptance by two aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 82, 189–200.

Raccah, B., Applebaum, A.S. and Tahori, A.S. (1973) The role of folic acid in the appearance of alate forms in *Myzus persicae*. *Journal of Insect Physiology* 19, 1849–1855.

Raccah, B., Tahori, A.S. and Applebaum, S.W. (1972) Effect of various sugars on development and wing production in the aphid *Myzus persicae*. *Israel Journal of Entomology* 7, 21–25.

- Ribbands, C.R. (1964) The spread of apterae of *Myzus persicae* (Sulz.) and of yellow viruses within a sugar beet crop. *Bulletin of Entomological Research* 54, 267–283.
- Ro, T.H., Long, G.E. and Toba, H.H. (1998) Predicting phenology of green peach aphid (Homoptera: Aphididae) using degree-days. *Environmental Entomology* 27, 337–343.
- Robertson, J. A., M. F. Whiting and J. V. McHugh. (2008). Searching for natural lineages within the Cerylonid Series (Coleoptera: Cucujoidea), *Molecular Phylogenetics and Evolution* 46 : 193 – 205 .
- Rodrigues, A. R. S., Torres, J. B., Siqueira, H. A. A., & Lacerda, D. P. A. (2013). Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in the predator lady beetle *Eriopsis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 64, 217–224.
- Roy, H. E. , H. Rudge , L. Goldrick and D. Hawkins . (2007). Eat or be eaten: revalence and impact of egg cannibalism on two - spot ladybirds, *Adalia bipunctata*, *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 125 : 33 – 38 .
- Ruberson, J. R., Roberts, P., & Michaud, J. P. (2007). Pyrethroid resistance in Georgia populations of the predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Proceedings of Beltwide Cotton Conference*, 1, 361–365.
- Sasaji , H. (1971a) . Phylogenetic positions of some remarkable genera of the Coccinellidae (Coleoptera), with an attempt of the numerical method. *Memoirs of the Faculty of Education Fukui University, Series II (Natural Science)* 21 : 55 – 73 .
- Savoiskaya , G. I. and B. Klausnitzer , (1973). Morphology and taxonomy of the larvae with keys for their identification. In I. Hodek (ed.). *Biology of the Coccinellidae Academia , Prague . pp. 36 – 55*
- Schaefers, G.A. and Judge, F.D. (1971) Effects of temperature, photoperiod, and host plant on alary polymorphism in the aphid, *Chaetosiphon fragaefolii*. *Journal of Insect Physiology* 17, 365–379.
- Schaefers, G.A. and Montgomery, M.E. (1973) Influence of cytokinin (N6 benzyladenine) on development and alary polymorphism in strawberry aphid, *Chaetosiphon fragaefolii*. *Annals of the Entomological Society of America* 66, 1115–1119.
- Seibert, T.F. (1992) Mutualistic interactions of the aphid *Lachnus allegheniensis* (Homoptera: Aphididae) and its tending ant *Formica obscuripes* (Hymenoptera: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America* 66, 1115–1119.

Shaposhnikov, G.C. (1981) Populations and Species in Aphids and the Need for a Universal Species Concept. Special Publication of the Research Branch, Agriculture, Canada, 61 pp.

Simon, J.C., Blackman, R.L. and le Gallic, J.F. (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.

Slipinski, S. A. and Pakaluk, J. (1992). Problems in the classification of the Cerylonid series of Cucujoidea (Coleoptera) European Association of Coleopterology Barcelona. pp. 79 – 88.

Smith, K. M. , D. Smith and A. T. Lisle . (1999). Effect of field - weathered residues of pyriproxyfen on the predatory coccinellids *Chilocorus circumdatus* Gyllenhal and *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant. Australian Journal of Experimental Agriculture 39, 995-1000.

Solarska, E. and Jastrzebski, A. (1998) A new method of applying Confidor 200SL against the hop aphid, *Phorodon humuli*. In: Aphids in Natural and Managed Ecosystems. Proceedings of the 5th International Symposium on Aphids *León, Spain, September 1997*. Universidad de León Secretariado de Publicaciones, León, Spain, pp. 619–622.

Sutherland, O.R.W. and Mittler, T.E. (1971) Influence of diet composition and crowding on wing production by the aphid *Myzus persicae*. Journal of Insect Physiology 17, 321–328.

Taylor, L.R. (1977) Migration and the spatial dynamics of an aphid, *Myzus persicae*. Journal of Animal Ecology 46, 411–423.

Thacker, J.I., Thieme, T. and Dixon, A.F.G. (1997) Forecasting of periodic fluctuations in annual abundance of the bean aphid: the role of density dependence and weather. Journal of Applied Entomology 121, 137–145.

Tillman, P. G., & Mulrooney, J. E. (2000). Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculate* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. Journal of Economic Entomology, 93, 1638–1643.

Torres, J. B., & Ruberson, J. R. (2005). Lady beetle species shift in Bt and non-Bt cotton fields. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, 1, 1630–1638.

Tosh, C.R., Powell, G. and Hardie, J. (2003) Decision making by generalist and specialist aphids with the same genotype. Journal of Insect Physiology 49, 659–669.

Wadley, F.M. (1923) Factors affecting the proportion of alate and apterous forms of aphids. *Annals of the Entomological Society of America* 16, 279–303.

Ward, S.A., Leather, S.R., Pickup, J. and Harrington, R. (1998) Mortality during dispersal and the costs of host-specificity in parasites: how many aphids find hosts? *Journal of Animal Ecology* 67, 763–773.

Ware, R. L. and M. E. N. Majerus . (2008). Intraguild predation of immature stages of British and Japanese coccinellids by the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *BioControl* 53 : 169 – 188 .

Watson, M.A. and Healy, M.J.R. (1953) The spread of beet yellows and beet mosaic virus in the sugar beet root crop II. The effect of aphid numbers on disease incidence. *Annals of Applied Biology* 40, 38–59.

Watson, M.A., Heathcote, G.D., Lauckner, F.B. and Sowray, P.A. (1975) The use of weather data and counts of aphids in the field to predict the incidence of yellowing viruses of sugar beet crops in England in relation to the use of insecticides. *Annals of Applied Biology* 40, 38–59.

Way, M.J. (1963) Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. *Annual Review of Entomology* 8, 307–344.

Weisser, W.W., Braendle, C. and Minoretti, N. (1999) Predator induced morphological shift in the pea aphid. *Proceedings of the Royal Society of London B* 266, 1175–1181.

Williams, C.T. (1995) Effects of plant age and condition on the population dynamics of *Myzus persicae* (Sulz.) on sugar beet in field plots. *Bulletin of Entomological Research* 85, 557–567.

Williams, I.S., Dewar, A.M. and Dixon, A.F.G. (1998) The influence of size and duration of aphid infestation on host plant quality, and its effect on sugar beet yellowing virus epidemiology. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89, 25–33

Williams, I.S., Dewar, A.M., Dixon, A.F.G. and Thornhill, W.A. (2000) Alate production of *Myzus persicae* on sugar beet – how likely is the evolution of sugar beet specific biotypes? *Journal of Applied Ecology* 37, 40–51.

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

Τζανακάκης Μ.Ε. (1995) *Εντομολογία*, University Studio Press

Σκούρας Π.Ι., Μαργαριτόπουλος Ι.Τ., Ζάρπας Κ.Δ. και Τσιτσιπής Ι.Α., (2007) Μελέτη δημογραφικών παραμέτρων σε αρπακτικά είδη της οικογένειας Coccinellidae Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου

