

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
Ι Δ Ρ Υ Μ Α



ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΑΡΠΑΚΤΙΚΟ
Ceratomegilla undecimnotata»



Σπουδαστής:

Κωνσταντίνος Μάριος Αναγνωστέλλης

ΚΑΛΑΜΑΤΑ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	8
ΣΚΟΠΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: «ΑΦΙΔΕΣ»	10
Εισαγωγή.....	10
Βιολογικός κύκλος & πολυμορφισμός των Aphididae.....	12
Τύποι βιολογικού κύκλου	12
Παράγοντες που καθορίζουν το πολυμορφισμό	18
Παράγοντες καθορισμού των σεξουαλικών μορφών	19
Παράγοντες καθορισμού των ασεξουαλικών πτερωτών μορφών	21
Η αφίδα <i>Aphis fabae</i> Scropli	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: «ΑΡΠΑΚΤΙΚΑ ΕΝΤΟΜΑ COCCINELIDAE»	26
Εισαγωγή.....	26
Βιολογία των Coccinellidae	26
Ωό (Egg).....	28
Προνύμφη (Larvae)	31
Νύμφη (Pupae).....	33
Ενήλικο (Adult)	35
Διάτταυση των Coccinelids	36
Διατροφή	37
Κανιβαλισμός.....	39
Το αρπακτικό <i>Ceratomegilla undecimnotata</i>	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: «ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ & ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΒΛΑΒΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ»	44
Η έννοια της Βιολογικής και Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Επιβλαβών Οργανισμών	44
Χρήση των Coccinellidae για βιολογικό έλεγχο	46
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	48
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	49
Πειραματικό Υλικό.....	49

Διατήρηση πειραματικού υλικού.....	49
Πειραματική Μεθοδολογία	52
Ανάλυση στοιχείων	55
Αποτελέσματα	55
ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	65
Ξένη βιβλιογραφία:	65
Ελληνική βιβλιογραφία:.....	82
Ηλεκτρονική βιβλιογραφία:.....	83

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το είδος *Ceratomegilla undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae) είναι ένα από τα κυριότερα αρπακτικά αφίδων στην Ελλάδα και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες περιορισμού των πληθυσμών τους. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν ορισμένες βιολογικές παράμετροι του *C. undecimnotata* υπό ελεγχόμενες συνθήκες στο εργαστήριο.

Μελετήθηκε η διάρκεια ανάπτυξης των ατελών σταδίων, η κατανάλωση τροφής των προνυμφών σε συνθήκες θερμοκρασίας 17, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5, και 35 °C, φωτοπεριόδου L16:D8 και σχετικής υγρασίας 65%. Ως θήραμα χρησιμοποιήθηκε η αφίδα *Aphis fabae* Scopolii.

Ο ημερήσιος ρυθμός κατανάλωσης αφίδων βρέθηκε 1.38, 2.34, 4.15, 6.20, 9.48, 10.13, 10.11, και 7.92 αφίδες ανά ημέρα στους 17, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5, και 35 °C αντίστοιχα, ενώ η συνολική κατανάλωση αφίδων για τις τέσσερις προνυμφικές ηλικίες ήταν 240, 247.62, 260.05, 300.61, 296.09, 265.23, 238.23 και 218.42 αφίδες, στους 17, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5, και 35 °C αντίστοιχα. Η συνολική διάρκεια ανάπτυξης (ωό - ενήλικο) βρέθηκε 50.88 ημέρες στους 17 °C, 34.29 ημέρες στους 20 °C, 23.46 ημέρες στους 22.5 °C, 19.39 ημέρες στους 25 °C, 14.74 ημέρες στους 27.5 °C, 12.54 ημέρες στους 30 °C, 11 ημέρες στους 32.5 °C και 12.33 ημέρες στους 35 °C. Η ουδός ανάπτυξης ήταν 13.57 °C, ενώ οι απαραίτητοι ημεροβαθμοί για την ολοκλήρωση της ανάπτυξής του ήταν 207.51.

Το *C. undecimnotata* αποτελεί δυνητικά αποτελεσματικό θηρευτή της αφίδας *A. fabae* όπως έχει αναφερθεί και για άλλα είδη αφίδων. Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης για το *C. undecimnotata* ήταν 25 °C καθώς παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη κατανάλωση αφίδων, γρήγορη ανάπτυξη και χαμηλή θνησιμότητα.

Αυτά τα αποτελέσματα μπορεί να φανούν χρήσιμα εργαλεία για την πρόβλεψη της φαινολογίας του *C. undecimnotata* και στην Ολοκληρωμένη και Βιολογική διαχείριση των αφίδων.

Abstract

Among the predators of aphids, lady beetles are considered their most effective natural enemies. In the present study the predation rate of the *Ceratomegilla undecimnotata* was studied, fed on the black bean aphid *Aphis fabae* Scopoli under laboratory conditions. The duration of the development of the immature stages and the prey consumption of larval instars were examined under eight constant temperatures: 17, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5, and 35 °C. The total larval prey consumption was 240, 247.62, 260.05, 300.61, 296.09, 265.23, 238.23 and 218.42 *A. fabae* apterous adults at 17, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5 and 35 °C respectively. The development time (in days) of the immature stages of *C. undecimnotata* were 50.88 days at 17 °C, 34.29 days at 20 °C, 23.46 days at 22.5 °C, 19.39 days at 25 °C, 14.74 days at 27.5 °C, 12.54 days at 30 °C, 11 days at 32.5 °C, and 12.33 days at 35 °C . The thermal constant for development of the immature stages of the *C. undecimnotata* was estimated to 207.51 degree days and the lower thermal threshold at 13.57 °C. The optimum temperature for the *C. undecimnotata* as a biological control agent was 25 °C. At that temperature, the highest total prey consumption and lowest larval mortality were recorded. These results might be useful tools for the prediction of *C. undecimnotata* phenology and the interaction with its prey.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη, την αδηφαγία, και τη θνησιμότητα του αρπακτικού Κολεοπτέρου και ωφέλιμου εντόμου *C. undecimnotata* με λεία την αφίδα *A. fabae*. Η διατριβή αποτελείται από δύο μέρη, το Γενικό μέρος και το Ειδικό μέρος. Στο Γενικό μέρος περιγράφεται η βιολογία, η οικολογία και άλλες γενικές πληροφορίες για τις αφίδες (Aphididae) και τα αρπακτικά της οικογένειας Coccinellidae.

Στο Ειδικό μέρος γίνεται αναλυτική περιγραφή των πειραματικών μεθόδων και υλικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης του πειράματος στο εργαστήριο Γεωργικής Εντομολογίας και Ζωολογίας στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πελοποννήσου. Επίσης, αναλύονται τα αποτελέσματα του πειράματος, καθώς και τα συμπεράσματα και συζητήσεις που προκύπτουν.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Γεώργιο Σταθά, Καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Πελοποννήσου και τον υπεύθυνο επιβλέποντα Επιστημονικό Συνεργάτη – Επίκουρο Καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Πελοποννήσου Δρ. Παναγιώτη Σκούρα, που μου έδωσαν το ερέθισμα να ασχοληθώ με τον τομέα της Γεωργικής Εντομολογίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Παναγιώτη Σκούρα ιδίως για την εμπιστοσύνη του και τη καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της διατριβής της πτυχιακής εργασίας. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου στο εργαστήριο Εντομολογίας για τη στήριξη τους πάνω στο πείραμα, ιδιαίτερα τη συνάδελφο και φίλη Μαρίνα Μπροκάκη για τις συμβουλές της πάνω στη παρούσα εργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη στήριξη τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΣΚΟΠΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος αυτής της μελέτης είναι η επίδραση της θερμοκρασία, σε βιολογικά χαρακτηριστικά και της αδηφαγίας στο είδος *Ceratomegilla undecimnotata*. Επειδή έχει αποδειχθεί ότι το είδος αυτό αποτελεί σημαντικό παράγοντα βιολογικής καταπολέμησης σε καλλιέργειες, είναι εύλογο να κατανοηθεί η βιολογία και οικολογία του, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη διαχείριση σε τυχόν προγράμματα Βιολογικής και Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: «ΑΦΙΔΕΣ»

Εισαγωγή

Οι αφίδες αποτελούν κύριο εχθρό πολλών καλλιεργειών και μέχρι τώρα έχουν καταγραφεί περίπου 4700 είδη παγκοσμίως (Remaudière and Remaudière 1997), καθώς τα 450 έχουν βρεθεί σε καλλιέργειες (Blackman and Eastop 2000), ενώ από αυτά, τα 100 βρίσκονται στο όριο οικονομικής ζημιάς. Σήμερα, χωρίς την απαραίτητη και έγκαιρη παρέμβαση, μπορούν να δημιουργηθούν καταστροφικές ζημιές στις καλλιέργειες. Η γρήγορη ανάπτυξή τους, που οφείλεται στο ότι μιλούν τους χυμούς των φυτών, δημιουργεί τον κίνδυνο την ανάπτυξη μυκήτων της καπνιάς. Μάλιστα ορισμένα είδη είναι υπεύθυνα ακόμη και για τη μεταφορά ιώσεων στα φυτά, καθώς έχει ερευνηθεί ότι μεταδίδουν τουλάχιστον 275 ιούς που ανήκουν σε 19 από τα 70 αναγνωρισμένα μέχρι σήμερα γένη (Nault 1997). Στην Ελλάδα παρατηρείται αύξηση της πυκνότητας τους κυρίως το μήνα Μάιο (Tsitsipis et al. 1998). Αυτή η ιδιαιτερότητα, σε συνδυασμό με τον σύνθετο βιολογικό τους κύκλο, κάνει πιο δύσκολη την καταπολέμησή τους.

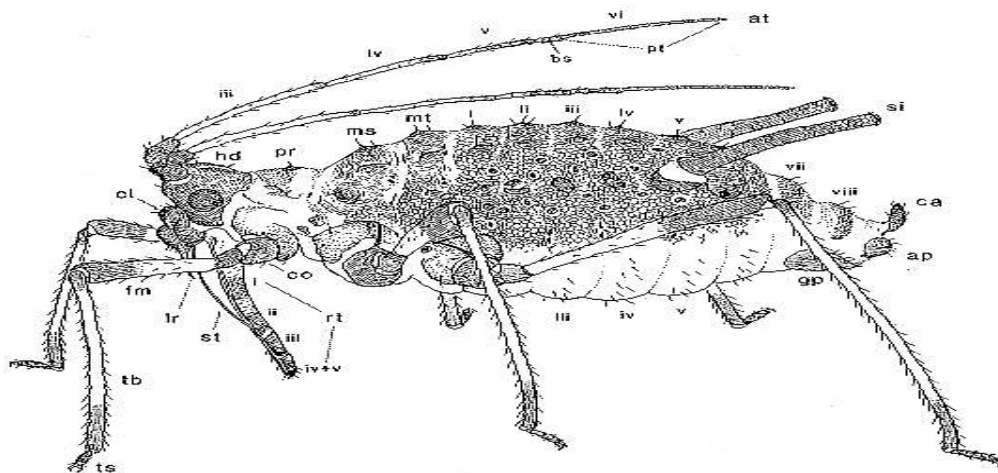
Ειδικότερα, οι αφίδες, σύμφωνα με τη ταξινόμηση τους, ανήκουν στη τάξη Hemiptera, στην υπόταξη των Sternorrhyncha, στην υπεριοικογένεια Apheridoidea που χωρίζεται σε τρεις οικογένειες : Aphididae, Adelgidae και Phylloxeridae. Γενικότερα, οι αφίδες της οικογένειας Aphididae έχουν πολλές γενεές ανά έτος και συνήθως διαχειμάζουν ως ώο το χειμώνα στο φυτό-ξενιστή, καθώς επίσης έχουν τέσσερις νυμφικές ηλικίες (ή σε άλλες περιπτώσεις τρεις) μέχρι το ακμαίο.

Όσον αφορά τη μορφολογία τους (Βλ. **Εικόνα 1**), οι αφίδες είναι έντομα μικρού μεγέθους 0,5-7 (πιο συχνά 1-4) mm σε μήκος με σώμα μαλακό και σχήμα απιόμορφο. Έχουν το χαρακτηριστικό μακρύ νύσσω-μυζητικό ρύγχος. Επίσης, έχουν μακριά πόδια, συνήθως βαδιστικού τύπου (εξαίρεση ορισμένα είδη που έχουν και πηδητικού τύπου: π.χ. *Takecallis arundicolens*, *Yamtoallis tokyoensis* κ.α.) και κεραίες. Ο μέγιστος αριθμός των τμημάτων της κεραίας είναι έξι: δύο βασικά τμήματα (σκίπος και μίσχος) τα οποία είναι μικρά και πυκνά και τέσσερα λεπτά τμήματα που σχηματίζουν το μαστίγιο.

Επιπροσθέτως, κάτω από κάθε σύνθετο οφθαλμό υπάρχει ένας οπτικός λοβός με τρία ομμάτιδια (τριομμάτιδιο). Στις αφίδες υπάρχουν άτομα πτερωτά (alatae) και άτομα άπτερα (apterous). Κατά κανόνα πτέρυγες έχουν μόνο τα αρσενικά άτομα και μερικά παρθενογενετικά θηλυκά. Χαρακτηριστικό των πτερύγων είναι η ευδιάκριτη μεμβρανώδης επιφάνεια στην οποία φέρουν μόνο ένα ευδιάκριτο επίμηκες νεύρο. Η κοιλία φέρει δύο χαρακτηριστικές αποφύσεις, τα κεράτια ή σιφώνια, που εκκρίνουν κηρώδη ουσία, χρήσιμη για την άμυνα του εντόμου. Άλλο ένα χαρακτηριστικό των αφιδών είναι η έντονη έκκριση μελιτώματος. Αυτό το μελίτωμα περιέχει άπεπτα σάκχαρα της τροφής και πάνω σε αυτό αναπτύσσονται μύκητες γνωστοί ως «καπνιές», οι οποίοι συμβάλλουν στη μείωση της φωτοσύνθεσης και συνεπώς στην υποβάθμιση της ποιότητας στα φυτά.

Αξιοσημείωτο είναι ότι οι αποκρίσεις των αφιδών στη θερμοκρασία είναι παρόμοιες με εκείνες άλλων εντόμων. Τα περισσότερα είδη αφιδών παρουσιάζουν ισχυρή γραμμική σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και αύξησης ή ανάπτυξης σε μια περιοχή μεταξύ περίπου 7 και 25 ° C (Campbell et al., 1974, Frazer and Gill, 1981).

Τέλος, τα δύο χαρακτηριστικά των αφιδών που τις καθιστούν σημαντικότερο εχθρό των καλλιεργειών είναι ο μεγάλος αναπαραγωγικός ρυθμός τους και η ικανότητα της διασποράς, χαρακτηριστικά τα οποία καθορίζουν την αφθονία τους.



Εικόνα 1: Πλευρική όψη άπτερου παρθενογενετικού θηλυκού του *Macromyzus woodwardiae* (Takahashii) (τροποποιημένο από Miyazaki 1987b). ap: εδρική πλάκα, at: κεραία, bs: βασικό τμήμα του τελευταίου άρθρου της κεραίας, ca: ουρίτσα, cl: επιστόμιο, co: ισχύον, fm: μηρός,

gp: γενετική πλάκα, hd: κεφαλή, lg: χείλος ms: μεσοθώρακας, mt: μεταθώρακας, pr: προθώρακας, pt: τελικό τμήμα του τελευταίου άρθρου της κεραίας, rt: ρύγχος, si: σιφώνια, st: στιλέτα, tb: κνήμη, ts: ταρσός . Οι Λατινικοί αριθμοί υποδηλώνουν τον αριθμό του άρθρου.

Βιολογικός κύκλος & πολυμορφισμός των Aphididae

Οι αφίδες εμφανίζουν περίπλοκους βιολογικούς κύκλους. Κάθε βιολογικός κύκλος χωρίζεται σε διάφορα στάδια, με κάθε στάδιο να χαρακτηρίζεται από μια ή περισσότερες ειδικευμένες μορφές. Κάθε μια από αυτές τις μορφές έχει μια συγκεκριμένη λειτουργία που είναι απαραίτητη για την ολοκλήρωση κάθε φάσης του βιολογικού κύκλου. Οι βιολογικοί κύκλοι των αφίδων έχουν διάφορες μορφές που ειδικεύονται είτε στην αναπαραγωγή, είτε στη διασπορά και την επιβίωση σε διάφορες συνθήκες, τόσο κλιματικές όσο και θρεπτικές.

Οι διαφορετικοί βιολογικοί κύκλοι των αφίδων μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις καλλιέργειες. Για παράδειγμα, ο βιολογικός κύκλος ζωής μπορεί να καθορίσει αν ένα είδος είναι πιθανό να παρασιτήσει τις καλλιέργειες, αλλά και τον αριθμό διαφόρων καλλιεργειών που ενδέχεται να συναντήσει κατά τη διάρκεια ενός έτους. Επίσης, η πυκνότητα του πληθυσμού ενός είδους αφίδας εξαρτάται, σε οποιοδήποτε έτος, από παράγοντες όπως η θερμοκρασία και οι φυσικοί εχθροί, αλλά η σχετική σημασία αυτών των παραγόντων καθορίζεται από το βιολογικό κύκλο της αφίδας. Η μορφολογία ενός συγκεκριμένου είδους αφίδας που προσβάλλει μια καλλιέργεια επηρεάζει επίσης το βαθμό ζημιάς που θα προκαλέσει η αφίδα. Για παράδειγμα, οι άπτερες παρθενογενετικές μορφές αναπαράγονται σε βαθμό πάνω από 70% υψηλότερο από τις αντίστοιχες πτερωτές (Noda, 1959; Dixon and Wratten, 1971), αν και προφανώς η ικανότητα τους για διασπορά σε μεγάλες αποστάσεις αφαιρείται. Επομένως, είναι σημαντικό να κατανοηθούν οι βιολογικοί κύκλοι και οι μορφές των αφιδών για να καθοριστεί αν και πώς ένα είδος θα βλάψει μια καλλιέργεια και να αξιολογηθούν και βελτιωθούν τα μέτρα ελέγχου.

Τύποι βιολογικού κύκλου

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι βιολογικού κύκλου των αφίδων με βάση τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν τα φυτά-ξενιστές τους: Α) εναλλασσόμενος ξενιστής (ετερόοικος) και Β) μη εναλλασσόμενος ξενιστής (μονόοικος ή αυτόοικος). Οι ετερόοικες αφίδες ζουν σε ένα φυτικό είδος το χειμώνα (πρωτεύων ξενιστής), μεταναστεύουν σε ένα μη σχετικό είδος φυτού (δευτερεύων ξενιστής) το καλοκαίρι, και μεταναστεύουν ξανά πίσω στο κύριο ξενιστή το φθινόπωρο (βλ. **Εικόνα 2**). Τα ωά παράγονται στον κύριο ξενιστή, αφού αρσενικά και θηλυκά έχουν ζευγαρώσει. Αφίδες που διακόπτουν την παρθενογένεση με τη σεξουαλική αναπαραγωγή με αυτόν τον τρόπο ονομάζονται ολοκυκλικές.

Οι μονόοικες αφίδες παραμένουν είτε στο ίδιο είδος ξενιστή ή μεταναστεύουν μεταξύ στενά συγγενικών ειδών κατά τη διάρκεια του έτους. Με άλλα λόγια μπορούν να παράγουν ωά στην ίδια ομάδα ξενιστών- φυτικών ειδών που τροφοδοτούνται από όλες τις παρθενογενετικές γενιές. Μερικά είδη αφίδων δε παράγουν ποτέ ωά, και αυτά τα είδη είναι γνωστά ως ανολοκυκλικά. Ορισμένα είδη παρουσιάζονται τόσο ολοκυκλικά όσο και ανολοκυκλικά, αλλά σπάνια και μονόοικα και ετερόοικα μαζί.

Κατά την άποψη της εφαρμοσμένης εντομολογίας, οι ετερόοικες αφίδες είναι συνήθως πιο σημαντικές από τις μονόοικες, καθώς ο δευτερεύων ξενιστής των ετερόοικων είναι συνήθως ένα ποώδες είδος και συχνότερα ένα φυτό καλλιέργειας. Για το λόγο αυτό και λόγω του ασυνήθιστου κύκλου ζωής τους, αυτές οι αφίδες έχουν μελετηθεί ιδιαίτερα διεξοδικά, παρόλο που περίπου το 10% των αφίδων έχει έναν ετερόοικο κύκλο ζωής. Παρά τη συγκριτική σπανιότητα, η εναλλαγή του ξενιστή είναι ευρέως διαδεδομένη σε ομάδες αφίδων, οι οποίες βρίσκονται στις τέσσερις από τις οχτώ υποοικογένειες των Aphididae (Aphidinae, Anoeciinae, Hormaphidinae, and Eriosomatinae) (Shaposhnikov, 1981), υποδηλώνοντας ότι αυτός ο κύκλος ζωής στις αφίδες έχει εξελιχθεί αρκετές φορές.

Τυπικά, το ζευγάρι λαμβάνει χώρα το φθινόπωρο σε ένα πρωτεύον φυτό ξενιστή, συνήθως ένα ξυλώδες είδος. Τα ωά τοποθετούνται και διαχειμάζουν το χειμώνα. Την άνοιξη, τα ωά εκκολάπτονται και συνήθως δημιουργούν μια ακολουθία από δύο υψηλά γόνιμες, άπτερες μορφές: τη fundatrix (είναι μια ζωοτόκος παρθενογενετική πτερωτή ή άπτερη θηλυκή αφίδα που έχει παραχθεί στον πρωτεύων ξενιστή από ένα ωό που έχει

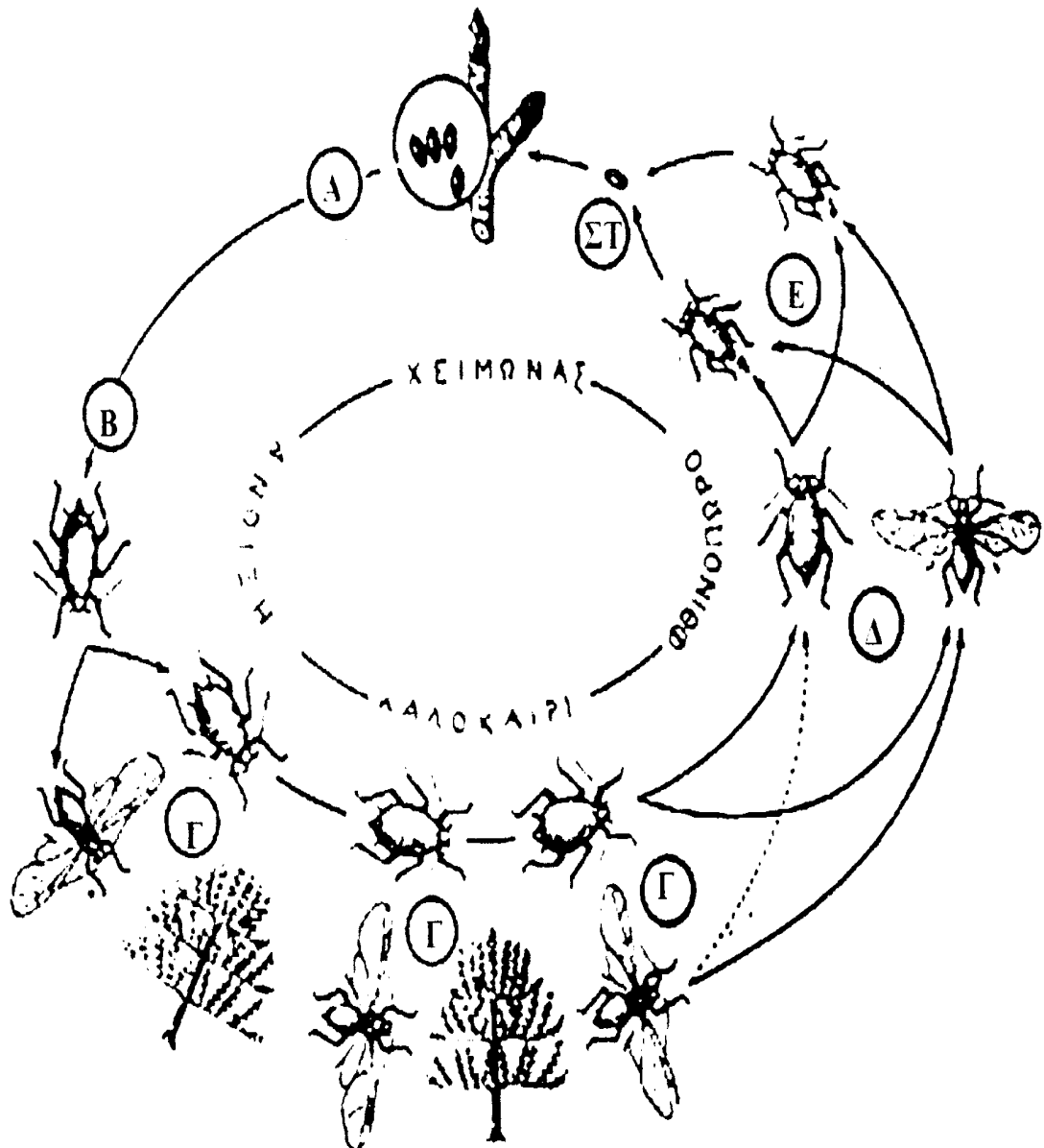
διαχειμάσει το χειμώνα) και τη fundatrigenia (είναι μια άπτερη αφίδα που παράγεται από ζωοτοκία παρθενογενετικά από τη fundatrix). Αυτά παράγουν εαρινά μεταναστευτικά άτομα που μεταναστεύουν στον δευτερεύοντα ξενιστή, συνήθως ένα ποώδες φυτικό είδος, όπου αναπαράγονται παρθενογενετικά μέσα στο καλοκαίρι. Μετά από αρκετές παρθενογενετικές γενιές, παράγονται πτερωτά αρσενικά και πτερωτά ή άπτερα ζωοτόκα θηλυκά (gynoparae), και αυτά μεταναστεύουν πίσω στο κύριο ξενιστή. Οι πτερωτές ή άπτερες παρθενογενετικές ζωοτόκες αφίδες (gynoparae) παράγουν σεξουαλικά ώριμα θηλυκά στον αρχικό ξενιστή, τα οποία στη συνέχεια ζευγαρώνουν με τα αρσενικά και παράγουν τα ωά που θα διαχειμάσουν το χειμώνα. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές σε αυτό το γενικό μοτίβο.

Πολλές μονόοικες αφίδες ζουν μόνο σε δένδρα και είναι απίθανο να είναι εχθροί των καλλιεργειών, άλλες όμως, όπως οι *Acyrtosiphon pisum* και *Sitobion avenae* ζουν μόνο σε ποώδεις ξενιστές ή χόρτα και επομένως μπορούν να βρεθούν σε καλλιέργειες καθ'όλη τη διάρκεια ή μέρος της διάρκειας του έτους. Πολλά από τα μονόοικα είδη που τώρα ζουν μόνο σε ποώδη φυτά έχουν εξελιχθεί από ετερόοικα είδη που πλέον δεν χρησιμοποιούν τον κύριο/προηγούμενο ξενιστή τους. Ένα διάγραμμα του μονόοικου κύκλου ζωής φαίνεται στην **Εικόνα 3**. Τα ίδια μορφολογικά χαρακτηριστικά γενικά παρατηρούνται στον μονόοικο κύκλο ζωής όπως βρίσκονται και στον ετερόοικο, και τα χαρακτηριστικά τους είναι σε μεγάλο βαθμό όπως περιγράφηκαν παραπάνω για τα ετερόοικα είδη.

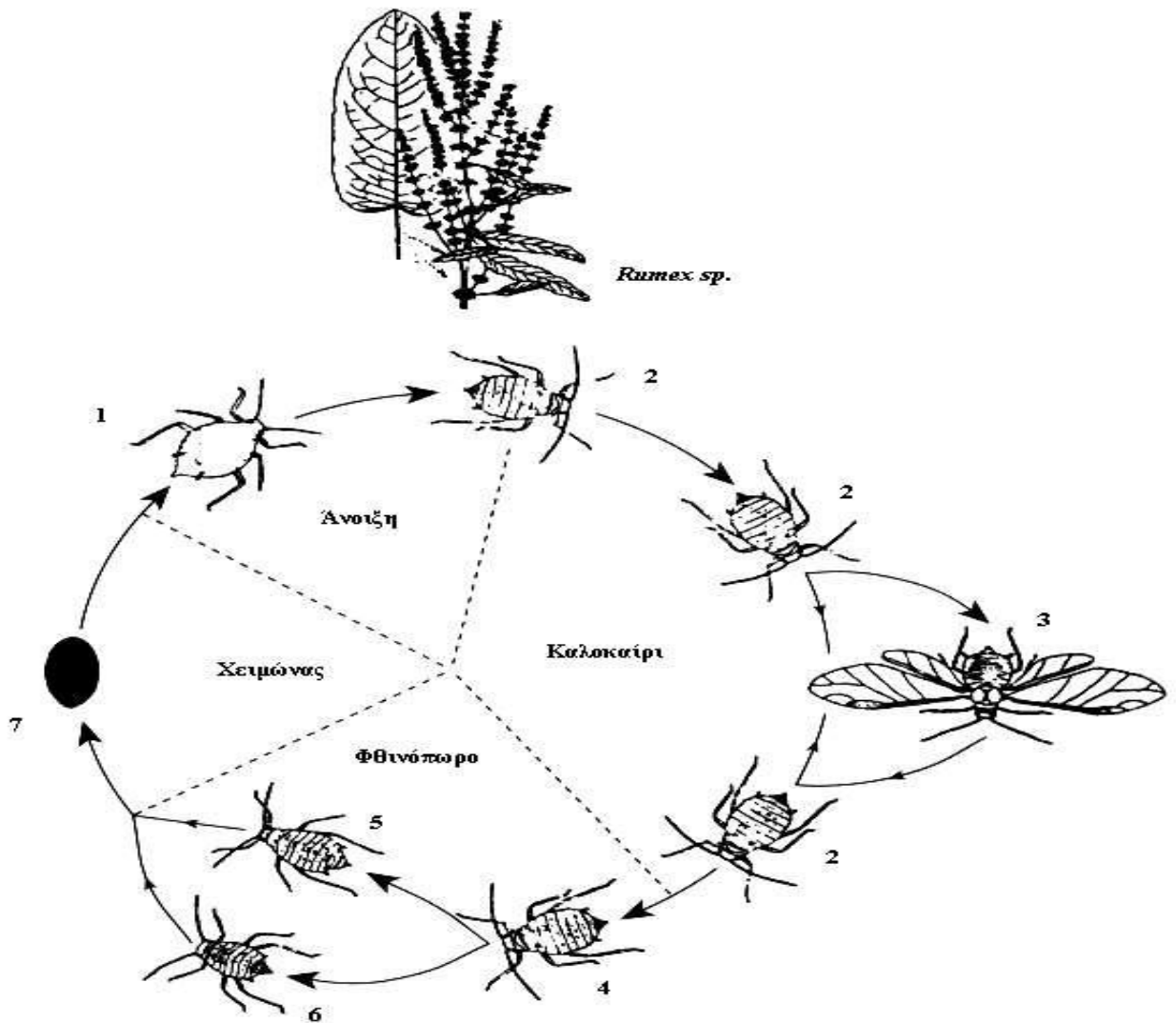
Τα θεμελιωτικά άτομα των μονόοικων ειδών είναι διαφορετικά από αυτά των περισσότερων ετερόοικων, που είναι περισσότερο παρόμοια με άλλες μορφές του είδους. Για παράδειγμα, τα θεμελιωτικά άτομα των ετερόοικων ειδών γενικά είναι πιο στρογγυλά και μπορούν να έχουν πέντε φορές περισσότερα ωάρια από τα άτομα της επόμενης γενιάς, ενώ στα περισσότερα μονόοικα είδη, ο αριθμός των ωαρίων και η μορφολογία μπορεί να είναι πολύ ελαφρώς διαφορετική μεταξύ των δύο μορφών. Αυτός ο υψηλός βαθμός εξειδίκευσης των ετερόοικων θεμελιωτικών ατόμων συσχετίζεται με την τάση να σχηματίζουν εξογκώματα στον κύριο ξενιστή τους την άνοιξη. Επιπλέον, τα εαρινά μεταναστευτικά άτομα των μονόοικων ειδών μπορούν επίσης να παραχθούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από την αντίστοιχη ετερόοικη γενεά, καθώς οι ξενιστές μονόοικων ειδών είναι περισσότερο ευνοϊκοί για τον

αποικισμό από τους σχετικά εφήμερους_(είτε από άποψη μακροζωίας ή καταλληλότητας για αποικισμό) ποώδης ξενιστές των ετερόοικων ειδών.

Οι γενιές του καλοκαιριού των μονόοικων ειδών παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά με εκείνα των ετερόοικων ειδών, παράγοντας σεξουαλικές μορφές τον φθινόπωρο που ζευγαρώνουν και παράγουν ωά που θα διαχειμάσουν το χειμώνα.



Εικόνα 2: Κύκλος ετερόοικης αφίδας: Α. επώαση χειμέριου ωού, Β. θεμελιωτικό άτομο, Γ. παρθενογενετικές γενεές, Δ. φυλογόνα άτομα , Ε. αμφιγονικά άτομα, ΣΤ. χειμέριο ωό. (ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Α. ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ 2009 Γενική Γεωργική Ζωολογία και Εντομολογία. Εκδόσεις Έμβρυο)



Εικόνα 3: Βιολογικός κύκλος μονόοικου είδους *Aphis rumicis* L. : 1. Θεμελιωτικό άτομο, 2. άπτερο παρθενογενετικό θηλυκό, 3. Πτερωτό παρθενογενετικό θηλυκό. 4. Φυλογόνο, 5. Ωσotόκο, 6. Αρσενικό, 7. Διαχειμάζον ωó

Ορισμένες αφίδες εντός των φυλών Fordini και Hormaphidini δεν έχουν τους ετήσιους κύκλους ζωής όπως περιγράφονται παραπάνω. Παρουσιάζουν διετείς κύκλους ζωής κατά τους οποίους παράγονται εξογκώματα (κηκίδες) σε ένα από τα φυτά- ξενιστές. Μερικά από αυτά τα εξογκώματα παραμένουν κλειστά για πάνω από έναν χρόνο πριν από την παραγωγή alatae (πτερωτά άτομα) που μεταναστεύουν σε άλλον ξενιστή. Τα είδη αυτά σπάνια έχουν οικονομική σημασία.

Οι αφίδες που ακολουθούν τους κύκλους ζωής που περιγράφηκαν παραπάνω, δηλαδή ετερόοικες, μονόοικες και οι κύκλοι ζωής δύο ετών,

ονομάζονται ολοκυκλικές, δηλαδή είναι «πλήρεις» αναφορικά με το ότι οι αφίδες υφίστανται σεξουαλική αναπαραγωγή, παράγουν ωά και περνούν από μια παρθενογενετική φάση. Ωστόσο, οι αφίδες δεν ολοκληρώνουν πάντα αυτούς τους κύκλους ζωής. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, μερικές μπορούν να επιβιώσουν καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου αναπαραγωγής παρθενογενετικά. Αυτό ονομάζεται ανολοκυκλισμός και μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα γεωργικά οικοσυστήματα. Σε αυτούς τους κύκλους ζωής, οι αφίδες επιβιώνουν τον χειμώνα ως παρθενογενετικά θηλυκά, αν και σε εύκρατες περιοχές συχνά υποφέρουν ιδιαίτερα από υψηλή θνησιμότητα (Harrington and Cheng, 1984, Leather, 1993, Williams et al., 2000).

Οι ανολοκυκλικοί κύκλοι ζωής εντοπίζονται συχνότερα όπου το γεωγραφικό εύρος μιας αφίδας είναι μεγαλύτερο από αυτό του πρωτεύοντος φυτού- ξενιστή. Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι το *Myzus persicae* (αφίδα της ροδακινιάς), ένας σημαντικός εχθρός πολλών φυτειών στη Βόρεια Ευρώπη. Ο κύριος ξενιστής του *M. persicae* είναι η ροδακινιά (*Prunus persica*), η οποία είναι ασυνήθιστη στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ως αποτέλεσμα, το *M. persicae* σπάνια ολοκληρώνει τον πλήρη κύκλο ζωής του στο Ηνωμένο Βασίλειο και διαχειμάζει σε μεγάλο αριθμό δευτερευόντων ξενιστών ως παρθενογενετικό θηλυκό (Williams et al., 2000). Αν και ο βαθμός θνησιμότητας είναι σημαντικός (Harrington and Cheng, 1984; Leather, 1993), αρκετά ενήλικα επιβιώνουν τον χειμώνα για να αποικίσουν τις καλλιέργειες την άνοιξη σε επαρκείς αριθμούς για να γίνει το είδος ένα σημαντικός εχθρός.

Για τα είδη που επιβιώνουν σε περιόδους δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών, εκτός από τα ωά, μπορούν να παραχθούν ειδικές μορφές ή τα ενήλικα θηλυκά να υιοθετήσουν συγκεκριμένες στρατηγικές συμπεριφοράς (Dean, 1974, Dewar and Carter, 1984, McLeod, 1987). Ωστόσο, η χειμερινή θνησιμότητα των κινητών μορφών είναι γενικά πολύ μεγαλύτερη από αυτή των ωών, καθώς τα ωά είναι σημαντικά πιο ανθεκτικά στις χαμηλές θερμοκρασίες (Leather, 1993). Η μεγαλύτερη αιτία θνησιμότητας των ωών είναι συχνά η θήρευση και όχι η χαμηλή θερμοκρασία.

Υπάρχουν κλώνοι των ειδών αφίδας που έχουν βιολογικούς κύκλους που είναι ενδιάμεσοι μεταξύ ανολοκυκλικών και ολοκυκλικών. Αυτοί οι κλώνοι παράγουν μόνο αρσενικά ή άπτερα θηλυκά που ωοτοκούν, αλλά όχι και τα δύο. Για παράδειγμα, μερικοί κλώνοι των *M. persicae*, *S. avenae* και *R. padi*

που περνούν το χειμώνα στα κινητά στάδια, παράγουν αρσενικά άτομα, αλλά όχι θηλυκά που γεννούν ωά. Αυτές οι αφίδες ονομάζονται ανδροκυκλικές (Blackman, 1974, Simon et al., 1991, Helden and Dixon, 2002).

Παράγοντες που καθορίζουν το πολυμορφισμό

Μια αφίδα, είτε για να προχωρήσει από ένα στάδιο του κύκλου ζωής της σε ένα άλλο είτε για να ξεφύγει από την περιβαλλοντική καταπόνηση, πρέπει να ανταποκριθεί σε περιβαλλοντικές ή γενετικές συνθήκες είτε για να παράγει απογόνους μιας συγκεκριμένης μορφής είτε ώστε οι νύμφες των πρώιμων μορφών να εξελιχθούν σε μια συγκεκριμένη μορφή.

Η σημασία μιας αφίδας ως επιβλαβούς οργανισμού εξαρτάται εν μέρει από το πώς προσβάλλει μια καλλιέργεια. Αν οι ζημιές οφείλονται σε άμεση διατροφή, οι μορφές με το μεγαλύτερο ποσοστό αναπαραγωγής προκαλούν τις περισσότερες ζημιές. Οι άπτερες παρθενογενετικές ζωοτόκες θηλυκές αφίδες (*virginoparae*) μπορούν να έχουν έως και 70% μεγαλύτερη αναπαραγωγικό δυναμικό από τις αντίστοιχες πτερωτές (Dixon and Wratten, 1971). Ακόμη και μεταξύ των *Drepanosiphinae*, των οποίων οι παρθενογενετικές γενιές είναι πάντα πτερωτές (Heie, 1987), οι μορφές με μειωμένες πτέρυγες (*brachypterous*), οι οποίες είναι ανίκανες προς πτήση, είναι πιο γόνιμες από εκείνες με πλήρως ανεπτυγμένες πτέρυγες (*macropterous*) (Dixon, 1972c).

Σημαντικό ρόλο παίζει ο προσδιορισμός των μορφών της αφίδας, διότι πολλοί ιοί εισάγονται σε καλλιέργειες από τις πτερωτές αφίδες. Επιπλέον, πιο πρόσφατες εργασίες έδειξαν ότι οι αφίδες χωρίς πτέρυγες που βαδίζουν από φυτό σε φυτό είναι πιο πιθανό να είναι η κύρια πηγή εξάπλωσης του ιού εντός του χωραφίου (Ribbands, 1964, Jepson and Green, 1983, Williams et al., 2000).

Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί εδώ ότι ο βιολογικός κύκλος και οι παράγοντες που επηρεάζουν τον προσδιορισμό της μορφής των αφιδών μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ικανότητα πρόβλεψης του συγχρονισμού και της σοβαρότητας της προσβολής από τις αφίδες των καλλιεργειών. Για τις ανολοκυκλικές αφίδες, το μέγεθος του πληθυσμού την

άνοιξη και τις αρχές του καλοκαιριού, και ως εκ τούτου η πιθανότητα σοβαρότητας της ζημιάς των καλλιεργειών κατά τη διάρκεια ιδιαίτερα ευαίσθητων σταδίων ανάπτυξης, μπορεί να προβλεφθεί από χειμερινές θερμοκρασίες (Watson et al., 1975, Harrington et al., 1989, 1990). Ωστόσο, αυτό δεν ισχύει για τα είδη που είναι ολοκυκλικά στην περιοχή ενδιαφέροντος. Η πρόβλεψη πολλών αφίδων που είναι ολοκυκλικά και συνεπώς διαχειμάζουν ως ωά είναι πιο σύνθετη, καθώς η χειμερινή θνησιμότητα τέτοιων ειδών είναι πιθανόν να είναι χαμηλότερη και σίγουρα λιγότερο εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία από αυτή των ανολοκυκλικών ειδών.

Παράγοντες καθορισμού των σεξουαλικών μορφών

Τα αρσενικά και τα θηλυκά που ζευγαρώνουν σε εύκρατες περιοχές εμφανίζονται χαρακτηριστικά το φθινόπωρο. Στην περίπτωση των ετερόοικων αφίδων, όμως, παράγονται σεξουαλικές πτερωτές μορφές επί του παρόντος στους δευτερεύοντες ξενιστές και πετούν πίσω στον κύριο ξενιστή, όπου παράγουν είτε μόνο θηλυκά που ζευγαρώνουν και γεννούν ωά (oviparae) είτε και θηλυκά που ζευγαρώνουν και αρσενικά. Από τη βιβλιογραφία είναι γνωστό ότι οι πτερωτές ή άπτερες παρθενογενετικές ζωοτόκες αφίδες (gynoparae) παράγουν μόνο σεξουαλικά ώριμα θηλυκά (oviparae). Επιπλέον, στις υποοικογένειες Pemphiginae, Hormaphidinae, και Anoeciinae παρατηρούνται θηλυκά άτομα που παράγουν και τα δύο φύλα (sexuparae). Δηλαδή, εμφανίζονται το φθινόπωρο και δημιουργούν τις σεξουαλικές μορφές και επομένως, αν και ασήμαντες, περιλαμβάνονται σε αυτό το τμήμα.

Η μετάβαση από την παρθενογενετική αναπαραγωγή στην παραγωγή σεξουαλικών μορφών προσδιορίζεται από έναν αριθμό περιβαλλοντικών και γενετικών (ενδογενών) παραγόντων που είναι παρόμοιοι τόσο για τα ετερόοικα όσο και για τα μονόοικα είδη. Ήδη από τα μέσα του 1800, ήταν γνωστό ότι, δεδομένου κατάλληλων συνθηκών, οι αφίδες μπορούσαν να συνεχίσουν επ'αόριστον να αναπαράγονται παρθενογενετικά. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι περιβαλλοντικοί παράγοντες εμπλέκονται στην παραγωγή σεξουαλικών μορφών

Συνοπτικά, οι παράγοντες καθορισμού των σεξουαλικών μορφών είναι αφενός ο περιβαλλοντικός προσδιορισμός και αφετέρου εγγενείς παράγοντες, οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω:

A) Περιβαλλοντικός προσδιορισμός

Ο Marcovitch (1924) κατέδειξε αρχικά ότι η φωτοπερίοδος ήταν σημαντική στην παραγωγή των σεξουαλικών μορφών, υποδηλώνοντας ότι μια σύντομη φωτοπερίοδος συνδέεται με την παραγωγή τους. Ωστόσο, καθώς το μήκος της ημέρας επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών, γεγονός που με τη σειρά του επηρεάζει τη διατροφή των αφιδών, δεν αποδείχθηκε με σαφήνεια ότι η επίδραση της φωτοπερίοδου επηρεάζει άμεσα τις αφίδες, μέχρι τη δεκαετία του 1960 (Lees, 1961a, 1964). Ο Lees (1963) έδειξε επίσης ότι το ερέθισμα για την παραγωγή σεξουαλικών μορφών στο είδος που εξετάστηκε είναι στην πραγματικότητα το μήκος της νύχτας και όχι το ημερήσιο μήκος.

Η θερμοκρασία είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας στην παραγωγή των σεξουαλικών μορφών. Οι σεξουαλικές μορφές παράγονται σε βραχύτερα μήκη νύχτας (σε μεγαλύτερα μήκη ημερών) σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα οι σεξουαλικές μορφές να παράγονται νωρίτερα κατά το έτος όταν το φθινόπωρο είναι δροσερό (Dixon and Glen, 1971).

Το ίδιο το φυτό ξενιστής μπορεί επίσης να παίξει ένα ρόλο στην παραγωγή των σεξουαλικών μορφών. Αυτό έχει καταδειχθεί τόσο για τις αφίδες που τρέφονται με ρίζες, όπως η *Pemphigus bursarius* (αφίδα της ρίζας του μαρουλιού), η οποία δεν μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από το μήκος της ημέρας, όσο και για αφίδες που τρέφονται με φύλλα, όπως οι *Aphis farinosa* και οι *Dysaphis devectora*. Αυτά τα είδη παράγουν σεξουαλικές μορφές όταν παύει η ανάπτυξη των φυτών, ανεξάρτητα από το μήκος ημέρας (Hille Ris Lambers, 1960, Forrest, 1970). Οι αφίδες που τρέφονται με ρίζες, όπως οι *Pemphigus betae* (αφίδα ρίζας ζαχαρότευτλων), παράγουν επίσης σεξουαλικές μορφές σε άμεση ανταπόκριση με μία μείωση της θερμοκρασίας, ανεξάρτητα από το μήκος ημέρας (Moran et al., 1993).

B) Εγγενείς παράγοντες

Όταν οι αφίδες εμφανίζονται από τα ώα την άνοιξη, οι συνθήκες που συναντούν οι πρώτες γενιές όσον αφορά το μήκος ημέρας και τη θερμοκρασία μπορεί να είναι παρόμοιες με εκείνες που βιώνουν οι αφίδες το φθινόπωρο. Ωστόσο, ένα εγγενές "ρολόι" έχει αποδειχθεί ότι καθυστερεί την παραγωγή σεξουαλικών μορφών (Bonnemaison, 1951, Lees, 1961b). Παραδείγματος χάριν, οι απόγονοι των *Megoura viciae* δεν παράγουν σεξουαλικές μορφές για 80-90 ημέρες, ακόμη και όταν εκτρέφονται σε βέλτιστες συνθήκες για παραγωγή σεξουαλικών μορφών (Lees, 1960). Στις *Eucallipterus tiliae* (αφίδα lime) και *Drepanosiphum platanoidis* (αφίδα φίκου), το ποσοστό των σεξουαλικών μορφών που παράγονται σε κάθε γενιά αυξάνεται σταδιακά. ακόμη και όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες διατηρούνται σταθερές.

Η εμφάνιση αρρένων ορισμένων ειδών αφίδων την άνοιξη είναι σχετικά συχνή στη μεγάλη Βρετανία, για παράδειγμα στη περίπτωση των *Brevicoryne brassicae* (αφίδα του λάχανου) και *Metopolophium dirhodum* (Taylor et al., 1998). Αυτό είναι αντίθετο με κάτι που θα περίμενε κανείς αν ένα εγγενές «ρολόι» εμπόδιζε τη πρόωρη παραγωγή σεξουαλικών μορφών. Δεδομένου ότι η εμφάνιση των αρσενικών ατόμων την άνοιξη είναι πιο συχνή μετά από ήπιους χειμώνες, αυτό το φαινόμενο είναι πιθανό να οφείλεται σε *virginoparae* από ανδροκυκλικούς κλώνους που επιβιώνουν το χειμώνα και όχι σε *virginoparae* από ολοκυκλικούς κλώνους που πέρασαν το χειμώνα στο στάδιο των ωών. Καθώς τα εγγενή «ρολόγια» των μητέρων των αρσενικών ατόμων της άνοιξης φαίνεται να μη λειτουργούν, τέτοια «ρολόγια» μπορεί να λειτουργούν μόνο μετά το στάδιο των ωών.

Παράγοντες καθορισμού των σεξουαλικών πτερωτών μορφών

Ο προσδιορισμός των πτερωτών μορφών είναι γνωστό ότι συνδέεται με τη συγκέντρωση και τη διατροφική σύσταση των φυτών. Η προσαρμοστική σημασία αυτού είναι σαφής καθώς υπό οποιαδήποτε από αυτές τις συνθήκες η παραγωγή των πτερωτών μορφών υποτίθεται ότι θα αύξανε τις πιθανότητες επιβίωσης, καθώς διευκολύνει τη διαφυγή από φτωχούς ή εξαντλημένους πόρους.

Με λίγα λόγια οι παράγοντες καθορισμού των ασεξουαλικών πτερωτών μορφών είναι: 1) ο συνωστισμός, 2) η διατροφή, 3) οι φυσικοί εχθροί παθογόνοι και 4) άλλοι παράγοντες.

Η αφίδα *Aphis fabae* Scopoli

Η αφίδα *Aphis fabae* είναι ένα από τα πιο πολυφάγα είδη και συναντάται σε ολόκληρο τον κόσμο εκτός από την Αυστραλία. Προσβάλλει πάνω από 200 φυτά- ξενιστές που ανήκουν σε διαφορετικές οικογένειες (Blackman, 1974 & Muller, 1982). Από το σύνολο φυτών που προσβάλλει η συγκεκριμένη αφίδα, τα σημαντικότερα αφορούν γεωργικές καλλιέργειες, που είναι: κουκί, φασόλι, μπιζέλι, πατάτα, κ.λπ. Όμως σε αυτό το είδος αφίδας, σε πολλές χώρες, κύρια τροφή του αποτελεί το κουκί, *Vicia faba*. Η *A. fabae* είναι ικανή να πολλαπλασιάζεται με μεγάλο ρυθμό στα φυτά του συγκεκριμένου ξενιστή υπό ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες και να εκμεταλλεύεται γρήγορα το φυτό ξενιστή (Way and Banks, 1967), προκαλώντας τεράστιες απώλειες στην καλλιέργεια της *Vicia faba* σε εύκρατες και μεσογειακές περιοχές. Συχνά υπερέχει σε αριθμό συγκριτικά με άλλα είδη αφίδων σε αυτή την καλλιέργεια (Blackman, 1974). Η παρουσία αυτού του είδους έχει δημιουργήσει πρόβλημα στους καλλιεργητές φασολιού, επειδή μειώνει την απόδοση έντονα κάτω από τις περισσότερες συνθήκες και ως αποτέλεσμα, μπορεί να παρατηρηθεί μεγάλη απώλεια των αποδόσεων, όπου ορισμένα φυτά μπορούν να θανατωθούν με άμεση σίτιση (Birch, 1985). Εκτός από την άμεση διατροφική δραστηριότητα, η μαύρη αφίδα των κουκιών είναι ικανή να μεταδίδει πολλούς ιούς (Bonnemaïson 1965) και συγκεκριμένα πάνω από 42 ιώσεις των φυτών, με μη έμμοιο και έμμοιο τρόπο (McKinlay, 1992)

Όσον αφορά τη μορφολογία της *A. fabae*, το άπτερο παρθενογενετικό θηλυκό είναι πλατύ (Βλ. **Εικόνα 4**), μήκους 2-2.5 mm με κεραίες που δε ξεπερνούν τα 2/3 του μήκους του σώματος. Έχει χρώμα πρασινόμαυρο θαμπό έως σχεδόν μαύρο. Οι σίφωνες είναι μαύροι, λεπτοί, στενότεροι προς τη κορυφή τους. Το πτερωτό παρθενογενετικό θηλυκό (Βλ. **Εικόνα 5**) έχει κεφαλή και θώρακα μαύρου χρώματος, κοιλία μαυροκάστανη ως σκοτεινοκάστανη λαδί και μήκος όσο περίπου και το άπτερο. Συγκεκριμένα,

αν γίνει δειγματοληψία και δημιουργηθεί παρασκεύασμα, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που υπάρχουν για την αναγνώριση του *A. fabae* είναι: Πολυάριθμα φυμάτια (9-20) σε άτακτες θέσεις στο 3^ο τμήμα της κεραίας. Συχνά ένα ή περισσότερα φυμάτια στο 4^ο τμήμα της κεραίας. Ουρά το ίδιο σκοτεινόχρωμη με τους σίφωνες, αποστρογγυλεμμένη στο άκρο με πολυάριθμες τρίχες (14-23). Νωτοπλευρικές ζώνες στη κοιλιά έντονες συχνά σε αντιστοιχία κάποιων κοιλιακών τμημάτων. Μακρές τρίχες επί του μηρού και επί της κνήμης.

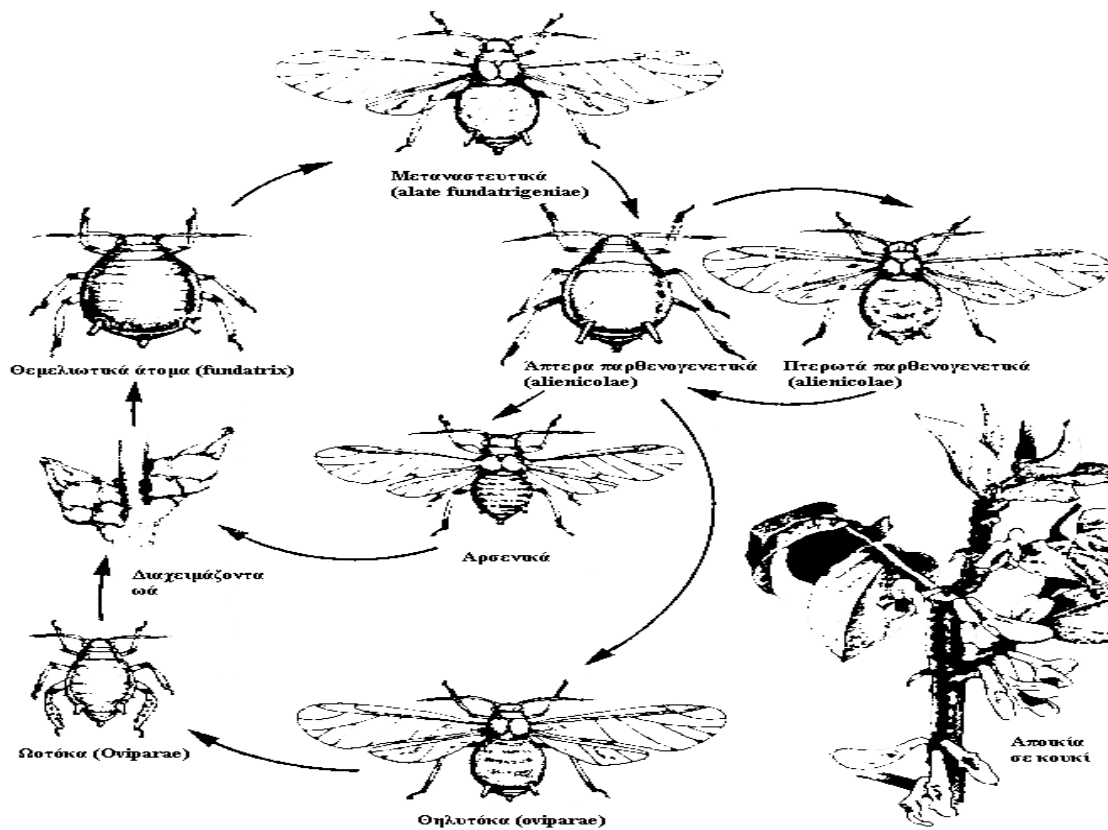
Ο βιολογικός κύκλος της *A. fabae* έχει πολλές γενεές ανά έτος (Βλ. **Εικόνα 6**). Διαχειμάζει στο ευρωπαϊκό ευώνυμο (*Eunomys euroraetus*) ή στο φυτό βιβούρνο (*Viburnum* sp) ή στο φιλάδελο (*Philadelphius* sp) μέχρι να επικρατήσουν ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα θηλυκά εκείνη την περίοδο, αφού έχουν ζευγαρώσει, ωοτοκούν στους κύριους ξενιστές το φθινόπωρο. Από τα ωά που θα εκκολαφθούν την άνοιξη προκύπτουν άπτερα θηλυκά που ονομάζονται θεμελιωτικά ή ιδρυτικά (1^η γενιά: fundatrices). Αυτά τα άπτερα θηλυκά είναι σε θέση να αναπαραχθούν ασεξουαλικά μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως «παρθενογένεση». Επιπλέον, δεν γεννούν ωά αλλά ζωντανούς απογόνους. Αυτά που προκύπτουν από τις fundatrices είναι επίσης θηλυκά άτομα (2^η γενιά: fundatrigeniae) και γεννούν επίσης παρθενογενετικά (ζωοτόκα) από όπου προκύπτουν οι πτερωτές αφίδες (3^η γενιά: alatae) και αυτές πραγματοποιούν μεταναστεύσεις το καλοκαίρι σε νέες εγκαταστάσεις, όπως το φασόλι, σπανάκι κ.α. Αυτές οι πτερωτές αφίδες αναπαράγονται παρθενογενετικά και ζωοτόκα. Προκύπτουν πτερωτές και άπτερες μορφές (4^η γενιά) καθ 'όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού, με τις πτερωτές μορφές που επιτρέπουν τη διασπορά σε νέα φυτά. Τέλος καλοκαιριού-αρχές φθινοπώρου, πτερωτά φυλογόνα και αρσενικά, μεταναστεύουν στους κύριους ξενιστές προκειμένου να διαχειμάσουν όπου υπάρχει σύζευξη θηλυκών και αρσενικών και προκύπτει ο ίδιος κύκλος που αναφέρθηκε στην αρχή. Αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της *A. fabae* είναι ότι παρουσιάζει προαιρετική δίοικη συμπεριφορά, όπου εκτός από τον κανονικό κύκλο (ολοκυκλικός), σημειώνεται ένας επίσης κύκλος (ανολοκυκλικός), με διαχείμαση στο στάδιο της άπτερης παρθενογεννητικής αφίδας πάνω σε ποώδη φυτά, καλλιεργούμενα ή αυτοφυή, τα οποία αποτελούν τις πρώιμες εστίες μόλυνσης για τα κηπευτικά την άνοιξη.



Εικόνα 4: Άπτερο παρθενογενετικό θηλυκό *A. fabae*



Εικόνα 5: Πτερωτό παρθενογενετικό θηλυκό



Εικόνα 6: Βιολογικός κύκλος του ετερόοικου είδους *Aphis fabae* Scopolii (Τροποποιημένο από Blackman & Eastop 1984).

]

Το έντομο αυτό, όπως όλες οι άλλες αφίδες, βρίσκεται σε αποικίες σε όλα τα υπέργεια τμήματα, μυζεί χυμούς, που είναι πλούσιοι σε σάκχαρα από ότι αμινοξέα, τα οποία οι αφίδες χρειάζονται για την ανάπτυξη τους. Μεγάλο μέρος του χυμού εκκρίνεται ως μελίτωμα. Επειδή ο χυμός που υπάρχει στα φυτά περιέχει βασικά υλικά για τα φυτά, η ζημιά που προκαλούν οι αφίδες έχει ως κύριο αποτέλεσμα την ανασχεση της ανάπτυξης. Επίσης, δημιουργείται παραμόρφωση του φυλλώματος και των ανθέων. Επιπλέον, το μελίτωμα που προκύπτει καλύπτει τα φύλλα, σχηματίζοντας ένα ιδανικό υπόστρωμα για την ανάπτυξη του μύκητα «καπνιά», η οποία επηρεάζει τη ποιότητα των παραγόμενων λοβών. Αυτοί οι μύκητες, μαζί με το μελίτωμα, μειώνουν την αποτελεσματικότητα της αναπνοής και της φωτοσύνθεσης του φυτού και συνεπώς τις τελικές αποδόσεις. Γενικά, η ζημιά που προκαλείται από τα περισσότερα είδη φυτοφάγων αρθροπόδων έχει αποδειχθεί ότι μεταβάλλει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης, αναπνοής, στοματικής αγωγιμότητας και διαπνοής

(Warrington et al., 1989; Welter, 1989; Macedo et al., 2003; Peterson et al., 2004; Aldea et al., 2005; Delaney & Higley, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: «ΑΡΠΑΚΤΙΚΑ ENTOMA COCCINELLIDAE»

Εισαγωγή

Η οικογένεια Coccinellidae περιλαμβάνει περίπου 6000 χαρακτηριστικά είδη σε περίπου 360 γένη και 42 φυλές. Τα Coccinellids ανήκουν στην υπεριοικογένεια Cucujoidea των Coleoptera της υπόταξης Polyphaga και η οικογένεια είναι μέλος του φυλογενετικού κλάδου που αναφέρεται συχνά ως το σύμπλεγμα Cerylonid ή σειρά οικογενειών που αποτελείται από Alexiidae, Cerylonidae, Coccinellidae, Corylophidae, Discolomatidae, Endomychidae συμπεριλαμβανομένων των Mychotheninae, Eidoreinae και Merophysinae) και των Latridiidae (Crowson 1955, Lawrence & Newton 1995). Τα Bothrideridae προστέθηκαν αργότερα (Pal & Lawrence 1986). Η μονοφυλετικότητα της σειράς Cerylonid βασίστηκε σε μορφολογικούς χαρακτήρες (Slipinski & Pakaluk 1992) και επιβεβαιώθηκε από την ανάλυση των μοριακών δεδομένων (Hunt et al., 2007, Robertson et al., 2008). Και στις δύο περιπτώσεις, η αδελφή ομάδα των Coccinellidae και ο κοινός πρόγονος τους μάλλον τρέφονταν με μύκητες (Giorgi et al., 2009). Η διατροφή με Hemiptera (κυρίως Sternorrhyncha) εξελίχθηκε κυρίως στην καταγωγή των Coleoptera που περιέχουν άτομα που τρέφονται με μύκητες (Derodontidae, Silvanidae, Laemophloeidae, Nitidulidae, Endomychidae, Anthribidae) και των οποίων οι πρόγονοι τρέφονταν εξίσου με μύκητες (Coccinellidae) ή με χυμούς δέντρων (Scarabaeidae: Cetoniinae) (Leschen 2000).

Βιολογία των Coccinellidae

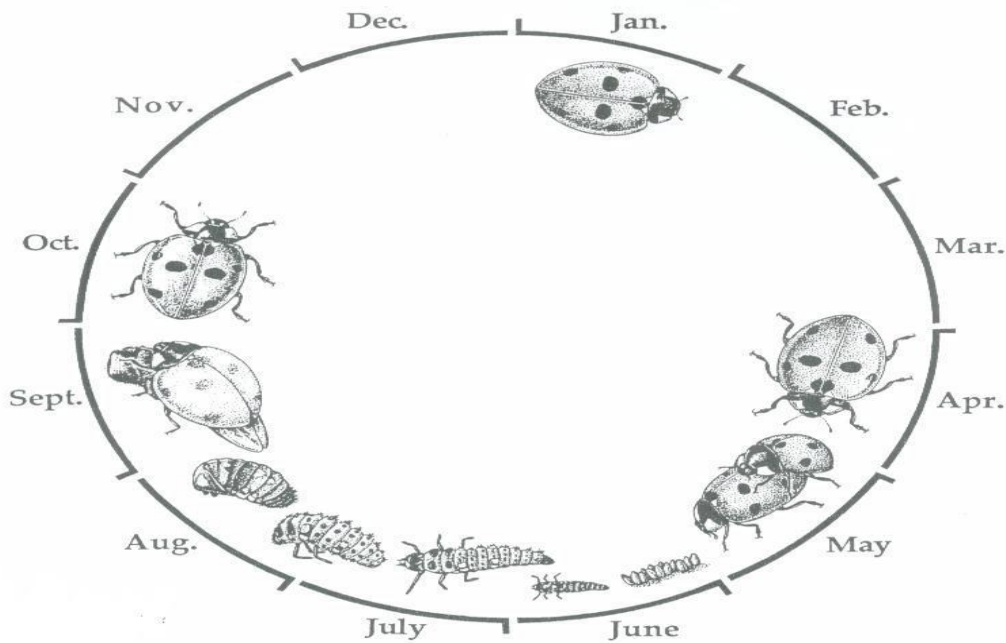
Τα Coccinellidae είναι μικρά ή μετρίου μεγέθους έντομα, μήκους 0.8 έως 18 mm το μέγιστο. Το σώμα τους είναι κυρτό, με στρογγυλό ή οβάλ σχήμα. Το

πιο εμφανές γνώρισμα της ραχιαίας πλευράς τους όταν βρίσκονται σε ηρεμία είναι τα έλυτρα, που στα περισσότερα είδη έχουν ζωηρά χρώματα και συνήθως καλύπτονται από βούλες, λωρίδες ή ραβδώσεις. Τα φωτεινά χρώματά τους πιστεύεται ότι αποτελούν μια προειδοποίηση της δυσάρεστης γεύσης τους, ώστε να μην θηρεύονται από πουλιά (Blackman 1974). Αποτελεσματικά αρπακτικά θεωρούνται αυτά που καταναλώνουν αφίδες σε ικανοποιητική ποσότητα ώστε να θεωρούνται σημαντικά για τη δυναμική του πληθυσμού των αφίδων (Frazer 1988).

Τα coccinellids είναι ολομετάβολα, δηλαδή έχουν «πλήρη μεταμόρφωση» και περνούν από τα ακόλουθα στάδια: ωό, προνύμφη, νύμφη και ακμαίο. Το στάδιο των ωών διαρκεί 15-20% του συνολικού προκαταρκτικού αναπτυξιακού χρόνου, προνύμφες 55-65% και νύμφες 20-25% (Honěk & Kocourek 1990, Dixon 2000).

Ο πλήρης βιολογικός κύκλος πολλών ειδών στη φύση διαρκεί ένα χρόνο. Σύμφωνα με το παράδειγμα στην **Εικόνα 7** τα ωά αναπτύσσονται την άνοιξη ή τις αρχές του καλοκαιριού. Οι προνύμφες τρέφονται για περίπου ένα μήνα και έπειτα η νέα γενιά ενηλίκων εμφανίζεται στα μέσα με τέλη του καλοκαιριού. Τα ενήλικα συνήθως διατρέφονται, αλλά δε ζευγαρώνουν μέχρι την επόμενη άνοιξη. Έτσι τα παραπάνω είδη έχουν μόνο μια γενιά το χρόνο (Majerus & Kearns 1989).

Με τη μείωση του μήκους της ημέρας τα έντομα εισέρχονται σε διάπαυση, όπου η ύπαρξη ενεργειακών αποθεμάτων και ο μειωμένος μεταβολικός τους ρυθμός καθιστούν δυνατή την επιβίωση για μια μακρά περίοδο χωρίς διατροφή. Με λίγα λόγια, η διάπαυση είναι μια περίοδος εποχικής αδράνειας ή «ύπνου», κατά την οποία αναστέλλεται προσωρινά η ανάπτυξη, η εξέλιξη, η αναπαραγωγή ή η δραστηριότητα και εξαρτάται από παράγοντες του περιβάλλοντος όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η τροφή. Αυτή η διαδικασία είναι αναγκαία για την επιβίωση τους το χειμώνα. Η διακοπή της διάπαυσης εξαρτάται από: α) το είδος, καθώς υπάρχει διαφορετική συμπεριφορά από είδος σε είδος, β) τη συμπλήρωση ορισμένων ωρών ψύχους, γ) την έκθεση σε ορισμένη φωτοπερίοδο.



Εικόνα 7: Σχηματική απεικόνιση του κύκλου ζωής ενός Κολεοπτέρου, βασισμένη στο είδος *Coccinella septempunctata* (πηγή : Majerus & Kearns 1989).

Ωό (Egg)

Όσον αφορά τα ωά των coccinellids είναι συνήθως επιμήκη, οβάλ ή ελλειπτικά. Διαφέρουν σε χρώμα· από σχεδόν διαφανές (*Scymnus louisianae*, Brown et al., 2003), ανοικτό γκρι (*Stethorus*), κιτρινωπό (*Halyzia*) λαμπερό κίτρινο (περισσότερα είδη) έως σκούρο πορτοκαλί (*Chilocorini*) και μερικές φορές πρασινωπό (Klausnitzer 1969b). Τοποθετούνται είτε όρθια, προσαρτημένα (κολλημένα) στο υπόστρωμα από το κάτω άκρο (Coccinellinae) είτε είναι τοποθετημένα στο πλάι τους (Scymninae, Coccidulinae, Chilocorinae). Ο «άνωτερος» ή ο πρόσθιος πόλος φέρει ένα δακτύλιο μικροπυλών - πόροι στο χορίον (το κέλυφος του ωού) μέσω του οποίου μπορούν να εισέλθουν σπερματοζωάρια από τις σπερματοθήκες (receptaculum seminis) κατά τη διάρκεια της ωοτοκίας και για διάχυση οξυγόνου.

Η επιφάνεια του ωού των coccinellids (χοριακό, κέλυφος ωών) είναι συνήθως ομαλή, εκτός από τα ωά των Epilachninae που φέρουν πολυγωνικό

σχήμα (Klausnitzer 1969b, Εικόνα 3.1c) και σε είδη του γένους *Rhyzobius* που συναντώνται με κοκκώδη επιφάνεια (Ricci & Stella 1988). Η λεία επιφάνεια μπορεί να εμποτιστεί με μια ελαιώδη απέκκριση που παρέχεται από βοηθητικούς αδένες της μητέρας. Η απέκκριση είναι άχρωμη ή σπάνια κόκκινη (όπως στην περίπτωση της *Calvia quatuordecimguttata*, Klausnitzer & Klausnitzer 1986) και περιέχει αλκαλοειδείς ουσίες άμυνας ή σηματοδότησης (Hemptinne et al., 2000).

Λίγες ημέρες ή ώρες πριν από την εκκόλαψη τα ωά γίνονται γκριζωπά, επειδή οι προνύμφες είναι ορατές μέσω του χορίου. Οι προνύμφες πρώτου σταδίου των Coccinellinae και Epilachninae μπορεί να έχουν ειδικές δομές πάνω στο κεφάλι και τον προθώρακα που ονομάζονται δόντια ωών που πιθανώς βοηθούν την προνύμφη στην εκκόλαψη. Οι εκκολαφθείσες προνύμφες κάθονται κάποια στιγμή στα άδεια κελύφη των ωών και μπορεί να τα φάνε.

Τα είδη εντόμων έχουν γενετικώς καθορισμένο μέγιστο αριθμό ωαρίων που σχετίζεται με το μέγεθος των συστάδων των ωών και / ή ένα μέγιστο μέγεθος από κάθε ένα χαρακτηριστικό-ωό που εκφράζεται με άφθονο φαγητό και άλλες ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες. Με περιορισμένη προσφορά τροφίμων, το μέγεθος των ωών μπορεί να μειωθεί και ο αριθμός τους να διατηρηθεί ή να μειωθεί και το μέγεθος τους να διατηρηθεί. Τα Coccinellids υιοθετούν τη δεύτερη στρατηγική (Stewart et al 1991a, b, Dixon & Guo 1993)

Το μέγεθος των ωών σχετίζεται έτσι με το μέσο μέγεθος σώματος του είδους. Είναι μικρότερο από 0,4 mm στα μικρότερα γένη και πάνω από 2 mm στα μεγαλύτερα γένη.

Το ποσοστό των ωών σε μια ομάδα που αναπτύσσεται πλήρως και από το οποίο οι προνύμφες τελικά εκκολάπτονται καλείται ρυθμός εκκόλαψης ή βιωσιμότητα των ωών ή ποσοστό γονιμότητας. Συχνά είναι σημαντικά μικρότερη από 100%. Ο ρυθμός εκκόλαψης διαφοροποιεί τον αριθμό ωών ανά θηλυκό από τον αριθμό των βιώσιμων απογόνων ανά θηλυκό.

Ορισμένα ωά είναι μη γόνιμα λόγω του χαμηλού όγκου και της ποιότητας του σπέρματος. Άλλα ωάρια γονιμοποιούνται αλλά δεν αναπτύσσονται ή αποτυγχάνουν να εκκολαφθούν λόγω μόλυνσης από διάφορα βακτήρια. Στα περισσότερα είδη ασπόνδυλων, η θανάτωση των αρσενικών συμβαίνει κατά τη διάρκεια των εμβρυϊκών σταδίων (πρώιμη θανάτωση των αρσενικών) και

σχετίζεται με κυτταροπλασματικά βακτηρίδια, συμπεριλαμβανομένων των *Wolbachia*, *Spiroplasma*, *Rickettsia*, *Flavobacterium* και τα *Gamma proteobacteria* (Nakanishi et al., 2008). Αυτά τα βακτήρια σκοτώνουν μόνο, ή ως επί το πλείστον, αρσενικά έμβρυα, δίνοντας ένα ποσοστό εκκόλαψης κοντά στο 50%. Οι θηλυκές προνύμφες, ιδιαίτερα των Coccinellinae, δηλαδή των αδελφών των νεκρών αρσενικών, έχουν ένα θρεπτικό πλεονέκτημα έναντι των θηλυκών από μη μολυσμένα σμήνη, επειδή μπορούν να φάνε (κανιβαλισμός) αυτά τα μη αναπτυγμένα «αρσενικά» ωά (Majerus 1994).

Οι περισσότεροι συγγραφείς δεν κάνουν διακρίσεις μεταξύ των «μη γόνιμων» και των «μη αναπτυσσόμενων» ωών και καταγράφουν το ποσοστό των εκκολαφθέντων ωών. Υπό τις βέλτιστες συνθήκες, αυτό είναι υψηλό: η εκκολαψιμότητα των ωών στα *C. septempunctata* και *C. leonina transversalis* με λεία αφίδες όπως *Lipaphis pseudobrassicae*, *Myzus persicae* ή *Aphis nerii* βρέθηκε 100% (Gupta et al., 2006). Η απώλεια απογόνων υπό εργαστηριακές συνθήκες κυμάνθηκε από 5% στα *C. leonina transversalis*, 6% στα *P. dissecta*, από 10% στα *Menochilus sexmaculatus* και έως 25% στην *C. septempunctata* (Omkar et al., 2005) όταν οι πασχαλίτσες είχαν εκτραφεί με υποβέλτιστη λεία, *Aphis craccivora*. Στο *A. Bipunctata* που τροφοδοτήθηκε με βέλτιστη λεία το *M. persicae*, ο ρυθμός εκκόλαψης ήταν 89%, που σχετίζεται με υψηλή γονιμότητα (676 αυγά ανά θηλυκό), ενώ και οι δύο μετρήσεις μειώθηκαν με μη ιδανική λεία, *A. fabae* (56%, 250 ωά, Blackman 1965). Η μείωση του ποσοστού εκκόλαψης του *C. septempunctata* μεταξύ έξι ειδών θηραμάτων συσχετίστηκε σαφώς με μείωση της γονιμότητας κατά τη διάρκεια της ζωής (Omkar & Srivastava 2003).

Ο ρυθμός εκκόλαψης ποικίλλει ανάλογα με τη θερμοκρασία στο *H. axyridis*. Μεταξύ 18 και 24 °C, το ποσοστό ήταν 65 - 90%. Στους 30 °C, μειώθηκε σε 30-65% (Lombaert et al., 2008). Η υψηλότερη θερμοκρασία, 30 °C, ήταν θανατηφόρα για τα περισσότερα ωά ενός πληθυσμού από την Τσεχική Δημοκρατία, ανεξάρτητα από την υγρασία

Στην περίπτωση του *Micraspis discolor* στην Ινδία, ο ρυθμός εκκόλαψης των ωών ήταν χαμηλότερος (65%) στη χαμηλότερη πειραματική θερμοκρασία (20 °C), υψηλότερος (95%) στη βέλτιστη θερμοκρασία (27 °C) και μειώθηκε (83%) σε θερμοκρασία (30 °C) (Omkar & Pervez 2002).

Η υψηλή υγρασία είναι ευνοϊκή για την εμβρυϊκή ανάπτυξη και την εκκόλαψη των προνυμφών. Το 99% των ωών του *Delphastus catalinae* εκκολάφθηκαν σε 85% RH (Σχετική Υγρασία), ενώ 85% των ωών εκκολάφθηκαν σε 25% RH (Σχετική Υγρασία) (Simmons et al., 2008).

Προνύμφη (Larvae)

Μετά την εκκόλαψη των ωών, οι νεαρές προνύμφες παραμένουν κοντά στο κέλυφος για περίπου μια ημέρα όπου συνήθως τρέφονται με το κέλυφος των ωών, ενώ πολύ συχνά τρέφονται και με τα ωά που δεν έχουν εκκολαφθεί ή τις προνύμφες που εκκολάπτονται μετά από αυτές. Μόλις αφήσουν τα κελύφη, οι προνύμφες πρώτου σταδίου αρχίζουν να ψάχνουν για θηράματα ώστε να τραφούν κανονικά. Ο τρόπος με τον οποίο προσλαμβάνουν την τροφή εξαρτάται από τα σχετικά μεγέθη αρπακτικού και θηράματος. Είναι συνηθισμένο να συναντάται μια μικροσκοπική προνύμφη πρώτου σταδίου «αγκιστρωμένη» στην πλάτη μιας σχετικά μεγάλης αφίδας. Τα στοματικά της μόρια είναι βαθιά μέσα στην αφίδα και τρέφεται αναρροφώντας τα σωματικά υγρά της, ενώ το περίβλημα και τα εξαρτήματα του σώματος παραμένουν ανέπαφα (Butt 1951, Harpaz 1958, Hagen 1962, Kesten 1969). Αυτός ο τρόπος διατροφής είναι συνηθισμένος στις μικρότερες προνύμφες (πρώτου και δευτέρου σταδίου). Καθώς η προνύμφη μεγαλώνει, αρχίζει να τρέφεται και με συμπαγή μέρη του σώματος του θηράματος όπως τα πόδια ή οι κεραίες (Majerus & Kearns 1989). Για να ολοκληρώσουν την προνυμφική ανάπτυξή τους, τα άτομα μπορούν να καταναλώνουν από 100 έως και πάνω από 1000 αφίδες διαφόρων ειδών και η μεγαλύτερη πρόσληψη τροφής (τυπικά 60-80%) συμβαίνει κατά τη διάρκεια του τέταρτου προνυμφικού σταδίου (Hodek 1996)

Τα μεμονωμένα υποστάδια κατά την ανάπτυξη των προνυμφών που διαχωρίζονται από την έκδυση ονομάζονται ηλικίες (instars). Οι προνύμφες υφίστανται έκδυση τρεις φορές πριν τη νύμφωση. Μετά από κάθε έκδυση περνούν στην επόμενη προνυμφική ηλικία. Το παλιό έκδυμα σχίζεται από την ραχιαία πλευρά και η προνύμφη ελευθερώνεται σε περίπου μια ώρα. Το νέο δέρμα είναι αρχικά μαλακό και ωχρό, αλλά γρήγορα σκληραίνει και σκουραίνει. Ο αριθμός των ηλικιών σε όλη την οικογένεια είναι σχεδόν πάντα

τέσσερις (L1, L2, L3, L4), ανεξάρτητα από το μέγεθος του είδους, τις αναπτυξιακές συνθήκες κλπ. Ο σταθερός και ο ίδιος αριθμός των προνυμφών στις αφιδοφάγες και κοκκοειδοφάγες πασχαλίτσες, που συνήθως παρουσιάζουν πολλαπλές και έντονες διαφορές, θεωρήθηκε εκπληκτικός από τον Dixon (2000). Η ταχεία εξέλιξη, χαρακτηριστική και προσαρμοστική για τα αφιδοφάγα Coccinellinae, θα μπορούσε να επιτευχθεί καλύτερα από λιγότερα στάδια, αλλά ο αριθμός τους φαίνεται να περιορίζεται φυλογενετικά.

Στο τέλος της 4^{ης} ηλικίας, η προνύμφη τελικά σταματά τη σίτιση και συνδέεται με ένα υπόστρωμα, σχηματίζοντας την λεγόμενη *grerupa*. Αυτό το ψευδοστάδιο έχει μερικές φορές αναφερθεί λανθασμένα ως ένα πέμπτο στάδιο (Smith et al., 1999). Τρία στάδια αναφέρθηκαν με έκπληξη στο κοκκοειδοφάγο *Hyperaspis campestris* (McKenzie 1932) και σε έναν αιγυπτιακό πληθυσμό του *C. undecimpunctata* (ενώ οι ευρωπαϊκοί πληθυσμοί αυτού του είδους έχουν τέσσερα ηλικιακά στάδια (Iablokoff-Khuzorian 1982).

Η έκδυση μεταξύ των σταδίων εμφανίζεται σε οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας, αν και στην *P. dissecta* το 61-77% των προνυμφών εκδύθηκαν κατά τη διάρκεια της φάσης σκότους (Mishra & Omkar 2004).

Κατά τη διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης, η θνησιμότητα είναι υψηλότερη στην πρώτη ηλικία, πιθανώς υψηλότερη από ό, τι στα ωά, είναι λιγότερη στις *grerupae* και αυξάνεται κάπως κατά τη διάρκεια της φάσης της νύμφης (Omkar & Pervez 2004b).

Η διάρκεια της ανάπτυξης των προνυμφών είναι συγκεκριμένη και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, καθώς και από την ποιότητα και την ποσότητα της τροφής.

Η ανάπτυξη των coccinellids είναι άμεση χωρίς διάπαυση. Μια εξαίρεση αποτελεί η τέταρτη ηλικία του φυτοφάγου *Epilachna admirabilis* που είναι ευαίσθητο στη φωτοπερίοδο (Takeuchi et al., 1999).

Οι καλοταϊσμένες προνύμφες της πρώτης ηλικίας χρειάζονται περίπου το 24% του συνολικού χρόνου ανάπτυξης, της δεύτερης 17%, της τρίτης 19% και της τέταρτης 40% (Hon e k 1996). Υπήρξαν υψηλότερες διακυμάνσεις σε αυτά τα ποσοστά στο *A. bipunctata* (Obrycki & Tauber 1981) από ότι στο *C. maculata* (Wright & Laing 1978).

Η διάρκεια της ανάπτυξης των προνυμφών εξαρτάται περαιτέρω από την πυκνότητα του πληθυσμού. Η επίδραση διαφόρων περιβαλλοντικών

συνθηκών στην ανάπτυξη μπορεί να επηρεάζεται και μέσω της ποιότητας της λείας. Η διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης του *P. japonica* ήταν σημαντικά μεγαλύτερη όταν τρεφόταν με *Aphis gossypii* από βαμβάκι που αναπτύχθηκε σε υψηλές συγκεντρώσεις σε σχέση με τις κανονικές συγκεντρώσεις του CO₂ (Gao et al., 2008).

Το τελικό μέγεθος της πασχαλίτσας καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό κατά τη διάρκεια της τέταρτης ηλικίας (Honek 1996). Για λόγους σύγκρισης, ο μέσος ρυθμός σχετικής ανάπτυξης (RGR) μπορεί να υπολογιστεί ως $RGR = \frac{\text{ξηρό βάρος που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια της περιόδου διατροφής}}{\text{διάρκεια περιόδου διατροφής σε ημέρες} * \text{μέσο ξηρό βάρος του αρπακτικού κατά τη διάρκεια της περιόδου διατροφής}}$ (Waldbauer 1964). Οι τιμές RGR στο *A. bipunctata* με λεία την αφίδα *Myzus persicae* ήταν 0,45, 0,70, 0,55 και 0,35 ανά ημέρα στα διαδοχικές ηλικίες (Jalali et al., 2009b).

Νύμφη (Pupae)

Στο τελευταίο προνυμφικό στάδιο η προνύμφη προσκολλάται από το άκρο της κοιλιάς στο υπόστρωμα και προετοιμάζεται για τη νύμφωση. Οι prerupae συγκεκριμένων ειδών είναι τόσο ευάλωτες στην θήρευση όσο και οι προνύμφες τέταρτου σταδίου. Οι δομές φυσικής άμυνάς τους είναι ουσιαστικά οι ίδιες, αλλά είναι πρακτικά ακίνητες (Ware & Majerus 2008). Στη πραγματική ζωή, η prerupa συχνά αναφέρεται ως ένα από τα αναπτυξιακά στάδια, αλλά αυστηρά μιλώντας θα πρέπει να θεωρείται ως μέρος της προνύμφης τελευταίου σταδίου.

Οι νύμφες των αρπακτικών είναι καλυμμένου τύπου (adectica-obtectata), που σημαίνει ότι όλα τα εξαρτήματα (κεραίες, άκρα, πτέρυγες) είναι κολλημένα στο σώμα από ένα εξωτερικό ρευστό. Η νύμφη συνδέεται με το υπόστρωμα (βλάστηση) από την άκρη της κοιλιάς. Τα exuviae (υπολείμματα της παλιάς επιδερμίδας) του τελευταίου σταδίου της προνύμφης είναι τσαλακωμένα γύρω από το άκρο της κοιλιάς στα Coccinellinae και Sticholotidinae. Η νυμφική επιδερμίδα είτε είναι καλυμμένη με μακρές τρίχες (Epilachninae, Scymninae) είτε είναι προφανώς λεία, με μόνο αραιές πολύ βραχείες αδενικές τρίχες (Coccinellinae).

Το μέγεθος της νύμφης ενός συγκεκριμένου είδους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα και την ποσότητα των θηραμάτων κατά την ανάπτυξη των προνυμφών, καθώς και από τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Οι μεγαλύτερες νύμφες αναπτύσσονται σε μεσαίες θερμοκρασίες.

Οι αρσενικές και θηλυκές νύμφες δεν μπορούν να διακριθούν από την εξωτερική μορφολογία τους. Τα θηλυκά τείνουν να είναι μεγαλύτερα και βαρύτερα από τα αρσενικά στο στάδιο των νυμφών: Τα θηλυκά του *H. axyridis* κατά μέσο όρο ζύγιζαν 28,5 mg ενώ τα αρσενικά ήταν 27,2 mg (Ueno 2003).

Η ανάπτυξη των νυμφών παίρνει περίπου το 24% του συνολικού προνυμφικού χρόνου ανάπτυξης, δηλαδή λιγότερο από ότι σε άλλα αφιδοφάγα (Neuroptera: 33%, Syrphidae: 39%) (Honek & Kocourek 1990). Ο ρυθμός ανάπτυξης των νυμφών είναι γραμμικός και θετικά σχετιζόμενος με τη θερμοκρασία και είναι συνήθως ανεξάρτητος από την ποιότητα και την ποσότητα των θηραμάτων στο προηγούμενο στάδιο της προνύμφης (Ahmad et al., 2006). Αντίθετα, το βάρος των νυμφών και των ενηλίκων εξαρτάται από την προηγούμενη σίτιση. Οι νύμφες του *C. maculata* από προνύμφες που τράφηκαν με γύρη έφτασαν τα 14 mg και διήρκησαν 3,2 ημέρες, ενώ αυτές που τράφηκαν με τεχνητή διατροφή ζύγιζαν λιγότερο (11 mg) και διήρκησαν για συγκρίσιμο χρόνο (3,4 ημέρες) (Lundgren & Wiedenmann 2002).

Υπό συνθήκες τεχνητής αύξησης της συγκέντρωσης CO₂, επηρεάστηκε ο χρόνος ανάπτυξης των νυμφών τόσο στη διάρκεια των προνυμφών όσο και των νυμφών του *H. axyridis* που τράφηκαν με *Aphis gossypii* και ήταν σημαντικά μικρότερες από την κανονική συγκέντρωση (Chen et al., 2005).

Ο συνηθισμένος χώρος για την νύμφωση είναι στη βλάστηση όπου αναπτύχθηκε η προνύμφη, έτσι ώστε οι prepupae και οι pupae να εκτίθενται σε κανιβαλισμό ή ενδο-αποικιακή θήρευση. Οι προνύμφες του γένους *Chilocorus* συναθροίζονται πριν από την νύμφωση (Fomenko 1970, Fomenko & Zaslavskii 1970).

Στις αφιδοφάγες πασχαλίτσες, ο χώρος για την νύμφωση είναι κυρίως το φύλλωμα, ενώ κάποια κοκκοειδοφάγα είδη νυμφώνονται στο φλοιό των κλαδιών και σε κορμούς δέντρων. Οι αιγιματικά χρωματισμένες νύμφες τείνουν να κρύβονται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, ενώ τα χρώματα

αυτά μπορούν να εκτίθενται στην επάνω πλευρά και να επωφελοούνται από τον θερμό ήλιο.

Η νύμφη δεν είναι εντελώς ακίνητη. Αν ερεθιστεί από ένα αρπακτικό ή παρασιτοειδές, γρήγορα σηκώνεται προς τα πάνω αρκετές φορές. Οι νύμφες προστατεύονται καλύτερα από τις *proleguae*, αλλά στα περισσότερα είδη είναι ακόμα επιρρεπείς σε επίθεση. Το σκληρό νυμφικό περίβλημα προσδίδει καλύτερη προστασία από το μαλακό δέρμα των προνυμφών (Ware & Majerus 2008).

Ενήλικο (Adult)

Το σώμα ενός ενήλικου Coccinellidae αποτελείται από την κεφαλή, το θώρακα την κοιλιά. Τα πόδια είναι βαδιστικού τύπου. Ο θώρακας καλύπτεται από το πρόνωτο και τα έλυτρα, τα οποία σκεπάζουν και την κοιλιά. Οι κεραίες του είναι κοντές, ροπαλοειδείς. Δύο χαρακτηριστικά γνωρίσματα με βάση τα οποία τα Coccinellidae διακρίνονται από έντομα άλλων τάξεων είναι τα εξής :

- i) Το πρόσθιο ζεύγος πτερύγων είναι τροποποιημένο και σχηματίζει σκληρά ή δερματώδη έλυτρα, τα οποία ενώνονται σε μια κεντρική γραμμή και σκεπάζουν την κοιλιά. Τα έλυτρα καλύπτουν και προστατεύουν το δεύτερο ζεύγος μεμβρανωδών πτερύγων, που βρίσκονται διπλωμένα κάτω από τα έλυτρα, όταν το έντομο δεν πετά.
- ii) Έχουν μασητικού τύπου στοματικά μόρια (Majerus & Kearns 1989).

Το τέλειο έντομο προβάλλει σκίζοντας το μπροστινό μέρος της νυμφικής θήκης. Χρειάζονται αρκετά λεπτά μέχρι το έντομο να ελευθερωθεί. Στο στάδιο αυτό οι πτέρυγες και τα έλυτρα είναι πολύ μαλακά και περιέχουν πολύ λίγη χρωστική ουσία. Το χρώμα των ελύτρων είναι κίτρινο ή ανοικτό πορτοκαλί. Ο χαρακτηριστικός χρωματισμός και τα σχέδια του ενήλικου αποκτούν την κανονική τους εμφάνιση σταδιακά, ανάλογα με τη θερμοκρασία. Οι περισσότερες αλλαγές συμβαίνουν μέσα στις πρώτες ώρες, όμως το κόκκινο χρώμα έχει μια ανοικτή απόχρωση για εβδομάδες ή και μήνες. Έτσι για αρκετό χρόνο είναι εύκολο να διακριθούν τα ενήλικα άτομα της νέας γενιάς.

Η ωρίμανση των ακμαίων μπορεί να περιλαμβάνει τη σεξουαλική ωρίμανση και την απόκτηση ικανότητας πτήσης. Σε πολλά coccinellids, η δραστηριότητα του θυλακιώδους ιστού στους όρχεις ξεκινάει στη νύμφη (Hodek & Landa 1971, Hodek 1996). Αφού αναδυθούν από τη νύμφη, τα θηλυκά, και μερικές φορές και τα αρσενικά, δείχνουν μια ανθεκτική περίοδο μερικών ημερών στη συμπεριφορά τους για ζευγάρωμα. Αυτό βρέθηκε να είναι ίσο σε αρσενικά και θηλυκά του *A. bipunctata* (Hemptinne et al., 2001). Η ελαφρά πρωτογυνία (το πρώτο ζευγάρωμα των θηλυκών που λαμβάνει χώρα σε νεότερη ηλικία) θα μπορούσε θεωρητικά να συμβεί όταν τα θηλυκά ζευγαρώνουν πριν από την σεξουαλική ωρίμανση και αποθηκεύουν το σπέρμα, ενώ τα αρσενικά ζευγαρώνουν μόνο μετά την ωρίμανση. Το ζευγάρωμα των μη ώριμων σεξουαλικά θηλυκών είναι συνηθισμένο σε πολλά είδη με αναπαραγωγική διάπαυση. Ο Omkar & Srivastava (2002) αναφέρουν την πρωτανδρία στην ινδική *C. septempunctata*. Τα αρσενικά ήταν έτοιμα να ζευγαρώσουν μέσα σε 9 ημέρες στους 27 ° C, ενώ τα θηλυκά χρειάστηκαν 11 ημέρες. Η Rana & Kakker (2000) ανέφερε μια μέση προ-ζευγαρωτική περίοδο στο *C. septempunctata* 6,4 ημερών.

Οι απαιτήσεις θερμοκρασίας για τη συμπλήρωση της περιόδου ωρίμανσης μπορούν να υπολογιστούν για την ανώριμη ανάπτυξη και μπορεί να παραταθούν από ακατάλληλο θήραμα (Hukushima & Kamei 1970) ή έλλειψη τροφής (Kawauchi 1981).

Η βασική αναλογία των φύλων στα coccinellids είναι κοντά στο 50:50, εκτός από την περίπτωση που υπάρχει μόλυνση από έναν παράγοντα θανάτωσης αρσενικών. Ένα αυξημένο ποσοστό αρρένων βρέθηκε σε υψηλές θερμοκρασίες: στο *H. axyridis* (Lombaert et al., 2008) και σε *P. dissecta* στους 35 ° C (62%) (Omkar & Pervez 2004b).

Διάπαυση των Coccinellids

Ορισμένες γενικότητες πρέπει να εξηγηθούν για να διευκολύνουν την ανάγνωση αυτού του κεφαλαίου. Οι προσαρμοστικές λειτουργίες της διάπαυσης είναι: (i) ο συγχρονισμός της ανάπτυξης των ενεργών σταδίων με ευνοϊκές συνθήκες και (ii) η ενίσχυση του δυναμικού επιβίωσης κατά τη διάρκεια των δυσμενών περιόδων. Οι σύγχρονοι ορισμοί υιοθετήθηκαν από

τον Lees (1955). Ορίζει την ηρεμία ως άμεση αναστολή (χαμηλή θερμοκρασία, έλλειψη υγρασίας), η οποία μπορεί να τερματιστεί άμεσα με ευνοϊκές συνθήκες. Η διάπαυση προκαλείται από συνθήκες που δεν εμποδίζουν άμεσα την ανάπτυξη, αλλά είναι απλώς σήματα εποχιακών αλλαγών. Έτσι, η διάπαυση μπορεί να ξεκινήσει πριν από την εμφάνιση μιας δυσμενούς περιβαλλοντικής αλλαγής. Για τα έντομα, ο Danks (1987) χρησιμοποίησε επίσης τον όρο αδράνεια, που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως μόνο για σπονδυλωτά και φυτά, για να καλύψει όλες τις καταστάσεις καταστολής της ανάπτυξης (δηλ. και διάπαυση και αδράνεια). Συμπληρώθηκαν πρόσθετοι όροι για να δοθεί έμφαση σε συγκεκριμένους τύπους διαπαύσεως (Hodek 1996, Saunders 2002).

Υπό φυσικές συνθήκες, τα προαπαιτούμενα για την ανάπτυξη και την ενεργοποίηση της διάπαυσης συνήθως πληρούνται από εποχιακές αλλαγές. Για παράδειγμα, το φθινόπωρο και το χειμώνα η ανάπτυξη της χειμερινής διάπαυσης μπορεί να προχωρήσει κατά τη διάρκεια της περιόδου μικρού μήκους ημέρας και χαμηλής θερμοκρασίας. Η εαρινή ενεργοποίηση συμπίπτει με την αύξηση της φωτοπεριόδου, της έντασης του φωτός και της θερμοκρασίας, την εμφάνιση βασικών τροφίμων και μερικές φορές την άφιξη των βροχών. Η ψύξη δεν είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ολοκλήρωση της χειμερινής διάπαυσης σε πολλά είδη (Hodek & Hodkova 1988). Οι χαμηλές θερμοκρασίες είναι σημαντικές καθώς i) διατηρούν τα μεταβολικά αποθέματα, (ii) εμποδίζουν την πρόωρη επανάληψη της μορφογένεσης μετά τη διάπαυση και συνεπώς συγχρονίζουν τον κύκλο ζωής και (iii) μπορούν να παρέχουν μία αντίθεση με τις μεταγενέστερες αυξήσεις της θερμοκρασίας, έτσι ώστε να είναι ένα συστατικό του ερεθίσματος ενεργοποίησης .

Διατροφή

Οι μελέτες για τη ποικιλότητα τροφής των coccinellids συγκαταλέγονται στα χρόνια ερευνητικά πεδία αυτής της οικογένειας, λόγω του εμφανούς ενδιαφέροντος για τις πασχαλίτσες ως φυσικούς εχθρούς των αφίδων, των κοκκοειδών και των φυτοφάγων ακάρεων. Οι προνύμφες τρέφονται με το ίδιο θήραμα που κυνηγούν και τα ενήλικα (Hodek 1973). Συνήθως τα ενήλικα επιλέγουν το είδος του θηράματος, καθώς οι προνύμφες είναι λιγότερο

ευκίνητες και εμφανίζονται ανίκανες να επιλέξουν μεταξύ κατάλληλης και τοξικής τροφής (Blackman 1967). Επιπλέον, η επιλογή της τροφής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την προτίμηση των τέλειων ατόμων για ένα συγκεκριμένο φυσικό περιβάλλον. Χρειάζεται να αναφερθεί ότι όχι μόνο η εντομοφαγία, αλλά και η φυτοφαγία και η μυκοφαγία εκπροσωπούνται στη φυλή Coccinellini (υπόταξη του Coccinellidae). Η φυτοφαγία είναι χαρακτηριστική για την υποοικογένεια Epilachninae, η μυκοφαγία στη φυλή Psylloborini (Sutherland & Parrella 2009) ενώ τροφή με ακάρεα έχει παρατηρηθεί στη φυλή Stethorini (Biddinger et al., 2009). Όταν υπάρχει μικρό απόθεμα της κατάλληλης τροφής, τα ενήλικα Coccinellidae είναι ικανά να μην τραφούν για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, να προσλάβουν μόνο περιορισμένη ποσότητα τροφής ή μπορούν να αλλάξουν και να στραφούν προς ένα διαφορετικό υποκατάστατο τροφής, που μπορεί να είναι είδος εντόμου ή είδος φυτικής προέλευσης. Ορισμένα είδη εντόμων δε γίνονται αποδεκτά ως τροφή από τα Coccinellidae, είτε γιατί περιέχουν ορισμένες ειδικές, δηλητηριώδεις ουσίες, είτε γιατί έχουν ανεπαρκή θρεπτική αξία (αν και έχει διαπιστωθεί σε μελέτες ότι είναι δυνατό να τραφούν και με είδος που δε καλύπτει τις διατροφικές τους ανάγκες αν δεν είναι τοξικό) (I. Hodek, H.F. van Emden and A. Honěk 2012). Όταν τα αποδεκτά έντομα δεν είναι αρκετά, η ωτοκία σταματά ή μειώνεται και ένα ποσοστό προνυμφών, που ποικίλλει, πεθαίνει χωρίς να έχει ολοκληρώσει την ανάπτυξή του (Hodek 1973).

Όσον αφορά τη κατανάλωση αφίδων, έχει παρατηρηθεί πως τα «πεινασμένα» αρπακτικά προτιμούν τις πρώτες αφίδες που συναντούν ολόκληρες για τροφή, ενώ εκμεταλλεύονται τα επόμενα θηράματα σε σταδιακά μειωμένο βαθμό. Επίσης, όταν υπάρχει αφθονία θηραμάτων, οι προνύμφες είναι δυνατόν να καταναλώνουν σημαντικά περισσότερες αφίδες από τις ελάχιστες που απαιτούνται για την ανάπτυξή τους (Hodek 1973).

Η συμπεριφορά αναζήτησης τροφής των Coccinellidae είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την επιβίωση αλλά και την αποτελεσματικότητά τους. Λεπτομερή πειράματα έχουν αποδείξει ότι ούτε οπτικός, ούτε οσφρητικός προσανατολισμός λαμβάνει χώρα στη συμπεριφορά αναζήτησης θηραμάτων. Τα Coccinellidae δεν ανακαλύπτουν τη λεία τους, μέχρι να υπάρξει άμεση φυσική επαφή. Το θήραμα μπορεί να προσπεραστεί, ακόμη και αν βρίσκεται λίγα χιλιοστά μακριά (Banks 1957), έστω και αν ο άνεμος

μεταφέρει την οσμή στα Coccinellidae (Bansch 1964, in Hodek 1966). Παρ' όλα αυτά η κίνηση των προνυμφών και των ενηλίκων Coccinellidae δεν είναι τελείως τυχαία. Έχουν παρατηρηθεί κάποιες κανονικότητες στη συμπεριφορά τους, οι οποίες καθιστούν πιο πιθανή τη συνάντηση των αρπακτικών και των θηραμάτων. Το σύρσιμο των εντόμων είναι τυχαίο και επιπλέον οι προνύμφες επισκέπτονται επανειλημμένως μέρη που έχουν ήδη ψάξει, ακόμη και αν δεν βρίσκουν τροφή, και παραμελούν άλλες περιοχές. Το επίπεδο της δραστηριότητάς τους και η διάρκεια αναζήτησης εξαρτώνται από το βαθμό της «πείνας» των προνυμφών. Τα ενήλικα διαφέρουν όσον αφορά τη συμπεριφορά τους στην έρευνα για τροφή, στο ότι πετούν μακριά γρήγορα μετά από μια ανεπιτυχή αναζήτηση.

Η λειτουργική αντίδραση (Solomon, 1949) ενός αρπακτικού, περιγράφει τη σχέση μεταξύ του αριθμού των θηραμάτων που συλλαμβάνονται σε σχέση με τον αριθμό των υπαρχόντων. Η αδηφαγία, δηλαδή η μέγιστη βιομάζα ή ο μέγιστος αριθμός αφίδων που καταναλώνονται από ένα αρπακτικό, θέτει όρια στο ρυθμό αρπακτικότητας. Όταν οι αφίδες είναι πολυάριθμες και κατανεμημένες έτσι ώστε τα αρπακτικά να μπορούν πάντοτε να ικανοποιούν την πείνα τους, η αδηφαγία του κάθε αρπακτικού και μόνο καθορίζει την αρπακτικότητά του (Frazer 1988). Τα Coccinellidae δεν έχουν την ίδια ικανότητα να παγιδεύουν αφίδες σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους. Οι μεγαλύτερες προνύμφες είναι πιο ικανές από τις νεότερες και τα ενήλικα είναι γενικά περισσότερο ικανά από τις προνύμφες τετάρτου σταδίου (Wells & McPherson 1999). Τα ωφέλιμα μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στην διανομή των αφίδων στο χωράφι. Οι νεότερες αφίδες είναι πιο ευάλωτες σε όλα τα κινητά στάδια των Coccinellidae. Έτσι όταν η αρπακτική δράση είναι μεγάλη, ο πληθυσμός των αφίδων αποτελείται από ένα μεγαλύτερο ποσοστό ώριμων αφίδων ή οι αφίδες μεταναστεύουν αντιδρώντας στις φερομόνες συναγερμού που εκκρίνονται από άλλες αφίδες (Hodek 1973).

Κανιβαλισμός

Ως αρπακτικά, οι πασχαλίτσες μερικές φορές εμπλέκονται σε κανιβαλισμό, δηλαδή του ίδιου ή και διαφορετικών ειδών Coccinellidae που

μπορεί να χρησιμεύσουν ως εναλλακτική τροφή ελλείψει άλλου θηράματος. Τα ωά, οι νύμφες και ειδικά τα νεοσύστατα άτομα μπορούν να χρησιμεύσουν ως ενδοειδικό (άτομα του ίδιου είδους) θήραμα. Αυτό το χαρακτηριστικό εμποδίζει τη μαζική παραγωγή των Coccinellidae. Απαιτεί είτε την απομόνωση ευάλωτων ατόμων είτε τη δημιουργία επαρκούς φυσικής πολυπλοκότητας στην εκτροφή για να μειωθούν οι συμπλοκές μεταξύ πεινασμένων, ενεργών ατόμων και ευάλωτων, αδρανών του ίδιου είδους (π.χ., Οι Shands et al., (1970) γέμισαν κλωβούς εκτροφής με πριονίδια ξύλου). Ο κανιβαλισμός εμφανίζεται συχνά και σε φυσικά περιβάλλοντα, δημιουργώντας ερωτήματα σχετικά με την προσαρμοστική σημασία και τις συνέπειες στον πληθυσμό (Cushing 1992, Martini et al., 2009). Το δυνητικό κόστος περιλαμβάνει τον κίνδυνο τραυματισμού κατά την επίθεση ατόμων του ίδιου είδους, απώλεια περιεκτικής καταλληλότητας από την κατανάλωση συγγενών και μετάδοση νόσου από μολυσμένα θύματα (Dixon 2000). Ωστόσο, η ευρύτατη φύση του κανιβαλισμού μεταξύ των αρπακτικών υποδηλώνει ότι συχνά μπορεί να υπάρχουν και σημαντικά οφέλη (Osawa 1992c). Ο κανιβαλισμός αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσης των προνυμφών όταν υπάρχει πολύ χαμηλή πυκνότητα θηραμάτων και παρατείνει το διαθέσιμο χρόνο αναζήτησης αφίδων από τις νεαρές προνύμφες.

Εμφανίζονται δύο διαφορετικά είδη κανιβαλισμού (Fox 1975). Στον κανιβαλισμό μεταξύ αδελφών, οι νεοεκκολαπτόμενες προνύμφες τρώνε τα μη εκκολαπτόμενα ωά στο ίδιο σύμπλεγμα ωών. Στον μη αδελφικό κανιβαλισμό, τα μη συγγενή άτομα (όπως οι προνύμφες ή οι ενήλικες) κανιβαλίζουν ωά, προνύμφες, νύμφες ή νεοεμφανιζόμενα ακμαία. Τα αφιδοφάγα είδη των πασχαλιτσών εμφανίζονται ιδιαίτερα επιρρεπή στον κανιβαλισμό. Τα κοκκοειδοφάγα coccinellids μπορούν να αντιμετωπίσουν λιγότερο το ένα το άλλο και να είναι λιγότερο επιθετικά.

Οι Mills (1982b) και Osawa (1989, 1993, 2002) επέστησαν την προσοχή στον κανιβαλισμό ωών σε φυσικούς πληθυσμούς, προσδιορίζοντας τη σχετική συχνότητα του συγγενικού και του μη συγγενικού κανιβαλισμού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Ο αδελφικός κανιβαλισμός ωών μπορεί να είναι πολύ λιγότερο συχνός από τον μη αδελφικό κανιβαλισμό των ωών (Mills 1982b) και φαίνεται να εμφανίζεται χωρίς οποιαδήποτε επιρροή της διαθεσιμότητας του θηράματος ή του εποχιακού χρονισμού της ωοτοκίας

(Osawa 1989). Αντίθετα, παρατηρήθηκε αύξηση της συχνότητας του μη αδελφικού κανιβαλισμού των ωών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στις μελέτες του *H. axyridis* σε ροδακινιά (Osawa 1989) και αγκινάρα (Osawa 1992a).

Το αρπακτικό *Ceratomegilla undecimnotata*

Τα *Ceratomegilla undecimnotata* ή *Hippodamia (Semiadalia) undecimnotata* (Schneider) είναι αυτόχθονα είδη και θηρεύουν μόνο λίγα είδη αφιδών (Hodek and Honek 1996), όπως το *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) (Brun & Iperiti 1978; Skouras et al 2015) και το *A. fabae* Scopoli (Iperiti 1965; Brun and Iperiti 1978). Όσον αφορά το *A. fabae* έχει βρεθεί ότι είναι τοξικό για κάποια είδη πασχαλίτσας, συγκεκριμένα για τις προνύμφες του *Exochomus quadripustulatus* (Radwan & Lovei 1983), οπότε ενισχύεται η καταλληλόλητα διατροφής για το *C. undecimnotata* με *A. fabae* (Papachristos & Milonas 2008).

Περιορισμένες πληροφορίες είναι διαθέσιμες για τη βιολογία και / ή την οικολογία του *C. undecimnotata* (Kontodimas et al., 2008). Δεν υπάρχουν δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση θηραμάτων αυτού του αρπακτικού ή με την επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των νυμφών.

Οι Kavallieratos et al. (2004) είχαν βρει στην Τιθορέα της Κεντρικής Ελλάδος σε καλλιέργεια καπνού τα *C. undecimnotata*, *H. variegata* και *A. bipunctata* με το πρώτο να βρίσκεται σε πολύ μεγαλύτερο αριθμό σε σχέση με τα άλλα δυο. Με την παραπάνω έρευνα, διαπιστώνεται ότι το *C. undecimnotata* βρίσκεται περισσότερο -συγκριτικά με άλλες καλλιέργειες- σε καπνό και λιγότερο σε καλλιέργεια ροδακινιάς (Βλ. **Πίνακα 1**).

Συγκεκριμένα, στις καλλιέργειες καπνού σε όλη την Ελλάδα, το *C. undecimnotata* βρέθηκε σε μεγαλύτερη συχνότητα με ποσοστό 89%, από ότι στη ροδακινιά που κυμάνθηκε σε ποσοστό 11%. Πιο αναλυτικά, σε καλλιέργειες καπνού η συχνότητα εμφάνισης του *C. undecimnotata* στη Βόρεια, Κεντρική και Νότια Ελλάδα ήταν 89%, 88% και 86%, αντίστοιχα. Αντίθετα, στις καλλιέργειες ροδακινιάς η συχνότητας εμφάνισης στη Βόρεια, Κεντρική και Νότια Ελλάδα ήταν 14%, 7%, 20%, αντίστοιχα (Σκούρας 2009).

Επιπλέον, σύμφωνα με έρευνες δεν παρατηρήθηκε η παρουσία του *C. undecimnotata* σε καλλιέργεια βαμβακιού ενώ η μη καταγραφή του συγκεκριμένου είδους οφείλεται πιθανότατα στο γεγονός ότι είναι ολιγοφάγο (Hodek & Honek 1996) και η αφίδα *A. gossypii* δεν είναι προτιμητέα τροφή για αυτό (Σκούρας 2009).

Πίνακας 1. Είδη αρπακτικών Coccinellidae σε καπνό και ροδακινίες καλλιέργειες στην Ελλάδα (από ΣΚΟΥΡΑΣ Π.Ι. 2009)

Είδος	Καλλιέργεια
<i>Adalia bipunctata</i> (L.) (f. <i>typica</i>)	Ροδακινιά
<i>Adalia bipunctata</i> (L.) (f. <i>quadrimaculata</i>)	Ροδακινιά
<i>Adalia 10-punctata</i> (L.) (f. <i>bimaculata</i>)	Ροδακινιά
<i>Coccinella septempunctata</i> L.	καπνός, ροδακινιά,
<i>Ceratomegilla undecimnotata</i>	καπνός, ροδακινιά
<i>Hippodamia variegata</i> (Goeze)	καπνός, ροδακινιά
<i>Propylea 14-punctata</i> (L.)	Ροδακινιά
<i>Scymnus</i> spp.	Ροδακινιά
<i>Hippodamia convergens</i>	Καπνός

Όσον αφορά τη μορφολογία του *C. undecimnotata* (Βλ. **Εικόνα 8**) μπορεί να φτάσει σε μήκος περίπου 5-7 χιλιοστά. Το σώμα είναι επίμηκες. Το έλυτρο είναι πορτοκαλί-κόκκινο, ενώ το πρόνωτο είναι μαύρο, μερικές φορές με μια μικρή λευκή γραμμή στο μπροστινό άκρο. Το έλυτρο παρουσιάζει μια κεντρική μαύρη κηλίδα και 10 πλευρικές μαύρες κηλίδες. Υπάρχουν συνολικά έντεκα κηλίδες (εξ' ου και η λατινική ονομασία του είδους *undecimnotata*), αλλά ορισμένες κηλίδες είναι μερικές φορές μικρές και ελάχιστα ορατές. Η ανάπτυξη από ωό σε ενήλικο φαίνεται στην Εικόνα 9. Αυτό το είδος μπορεί να συγχέεται με το *Coccinella septempunctata*, αλλά είναι μικρότερο και πιο ωοειδές, το κεντρικό σημείο πάνω από το πρόνωτο είναι πιο τριγωνικό από στρογγυλό και δεν υπάρχει λευκό γύρω του. Οι ενήλικες μπορούν να

παρατηρηθούν από τον Μάρτιο έως τον Οκτώβριο. Τρέφονται κυρίως με αφίδες.

Σχετικά με τη βιολογία του *C. undecimnotata*, είναι γνωστό, επειδή ανήκει στην οικογένεια Coccinellidae, ότι είναι ολομετάβολο έντομο, δηλαδή διαθέτει μία «πλήρη μεταμόρφωση» στο βιολογικό του κύκλο. Στην Ελλάδα συμπληρώνει έως και πέντε γενεές / έτος, όταν εκτρέφεται σε υπαίθριους κλωβούς και του παρέχεται συνεχώς περίσσεια θηράματος αφίδας (Katsoyannos et al., 1997a). Γενικά και αυτό το είδος έχει μεγάλο εύρος βιοθέσεων και βρίσκεται σχεδόν παντού. Τα ενήλικα του *C. undecimnotata* διαχειμάζουν κυρίως σε κορυφές βουνών και σπανιότερα σε προστατευμένες θέσεις, κοντά στους αγρούς όπου διατράφηκαν και αναπαράχθηκαν. Ή διαχείμασή τους γίνεται σε κατάσταση αδράνειας.

Στην κεντρική Ελλάδα, παρουσιάζει και θερινή διάπαυση κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου τού έτους (Katsoyannos et al 1997 a,b). Οι λεπτομερείς μελέτες στην κεντρική Ελλάδα (Katsoyannos et al. 1997a, b, 2005) έχουν διευρύνει τις γνώσεις σχετικά με τη διάπαυση του *C. undecimnotata*. Σε μία μελέτη, εκτράφηκαν πέντε γενεές σε υπαίθριους κλωβούς με πλεόνασμα αφιδών. Αποδείχθηκε ότι η διάπαυση είναι προαιρετική σε ένα μέρος του πληθυσμού: περίπου το 30% των θηλυκών παρέμεινε ανώριμο στις τρεις πρώτες γενιές.



Εικόνα 8: Ακμαίο άτομο *C. undecimnotata*



Εικόνα 9: Α. ωά που συλλέχθηκαν, μετά την ωτοκοκία του θηλυκού ατόμου, Β. τα ωά λίγο πριν εκκολαφθούν, Γ. ένα ωό που μόλις εκκολάφθηκε και παρατηρείται μια προνύμφη πρώτης ηλικίας (L1), Δ. μια προνύμφη δεύτερης ηλικίας (L2), Ε. μια προνύμφη τρίτης ηλικίας (L3), ΣΤ. μια προνύμφη τέταρτης ηλικίας (L4), Ζ. μια προνύμφη τέταρτης ηλικίας (L4) σε προχωρημένο στάδιο, Η. μια προνύμφη τέταρτης ηλικίας (L4) λίγο πριν νυμφωθεί, αυτό το στάδιο ονομάζεται pre-ruruae για κάποιους ερευνητές, Θ. μετάβαση στο στάδιο της νύμφης, Ι. στάδιο της νύμφης σε προχωρημένο στάδιο, Κ. νεοεμφανιζόμενο ακμαίο (χαρακτηριστικό κίτρινο-πορτοκαλί χρώμα), Λ. ακμαίο άτομο *C. undecimnotata*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: «ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ & ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΒΛΑΒΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ»

Η έννοια της Βιολογικής και Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Επιβλαβών Οργανισμών

Η βασική έννοια της βιολογικής καταπολέμησης είναι η χρήση φυσικών εχθρών, κυρίως εντομοφάγων εντόμων και ακάρεων και άλλων οργανισμών,

όπως εντομοπαθογόνων βακτηρίων , ιών κ.α., με σκοπό τη διατήρηση ενός άλλου οργανισμού σε χαμηλότερο επίπεδο από αυτό που θα υπήρχε στην απουσία τους (DeBach 1964). Εντομοφάγα έντομα καλούνται τα συγκεκριμένα είδη που τρέφονται με άλλα έντομα και διακρίνονται σε αρπακτικά (θηρευτικά), παράσιτα και παρασιτοειδή.

Χρειάζεται να αναφερθεί ότι οι βασικές αρχές της βιολογικής καταπολέμησης πρέπει να εφαρμόζονται εξειδικευμένα για κάθε αγροοικοσύστημα. Στην ολοκληρωμένη καταπολέμηση γίνεται επίσης χρήση ωφέλιμων οργανισμών για τη καταπολέμηση, καθώς και στις δύο περιπτώσεις κύριος σκοπός είναι η ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση των προϊόντων και του περιβάλλοντος με υπολείμματα φυτοφαρμάκων που παρατηρούνται σε μεγάλο βαθμό στην χημική καταπολέμηση.

Πρακτικά η Βιολογική και Ολοκληρωμένη καταπολέμηση είναι μια στρατηγική, ένας συνδυασμός παραγόντων. Είναι μια φιλική προσέγγιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Συνδυάζει βιολογικά μέσα, εκλεκτικά φυτοφάρμακα και καλλιεργητικές τεχνικές που οδηγούν στην επίτευξη των παραπάνω στόχων που αναφέρθηκαν (περιορισμός εχθρού, μέθοδος φιλική προς το περιβάλλον). Είναι ανάγκη πριν την εφαρμογή της μεθόδου να εξεταστούν ορισμένες προϋποθέσεις, όπως οι ευνοϊκές μικροκλιματικές συνθήκες, ο προσδιορισμός της κατάλληλης στιγμής επέμβασης, η ποσότητα που θα χρησιμοποιηθεί, η συμβατότητα με άλλες καλλιεργητικές τεχνικές που θα οδηγήσουν στα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Όμως, η κυριότερη προϋπόθεση, που προτείνεται σχεδόν σε όλες τις μεθόδους καταπολέμησης είναι η πρόληψη ασθενειών και εχθρών είτε σε θερμοκήπιο (σωστή κατασκευή, καλός αερισμός, εντομοστεγές δίκτυ, απολύμανση εργαλείων κ.α.) είτε στην ύπαιθρο (επιλογή εδάφους που να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα, ανθεκτική ποικιλία κ.α.). Με λίγα λόγια είναι ωφέλιμο και για τη βιολογική και ολοκληρωμένη καταπολέμηση να πληρούνται οι προϋποθέσεις πρόσληψης για την επίτευξη σωστής και ολοκληρωμένης εφαρμογής της μεθόδου. Επίσης, μια άλλη προϋπόθεση για την επιτυχία της εφαρμογής είναι η έγκαιρη διάγνωση της παρουσίας ενός προς καταπολέμησης εχθρού και η έγκαιρη εισαγωγή των ωφέλιμων παραγόντων. Στη περίπτωση που δεν έχει διαγνωσθεί έγκαιρα ή δεν έχει γίνει έγκαιρη παρέμβαση, πέραν του ότι θα έχει δημιουργηθεί ζημιά στη καλλιέργεια πάνω από το οικονομικό όριο, θα είναι

πιο δύσκολη η αντιμετώπιση, πιο χρονοβόρα και πιθανώς θα είναι και μεγαλύτερο το κόστος καταπολέμησης για τον παραγωγό.

Χρήση των Coccinellidae για βιολογικό έλεγχο

Υπάρχουν άφθονες αποδείξεις ότι τα Coccinellidae είναι ένας σημαντικός παράγοντας θνησιμότητας των αφίδων. Η χρήση των Coccinellidae σε προγράμματα βιολογικής καταπολέμησης ευνοείται από την ικανότητά τους να τρέφονται με διαφορετικά είδη, καθώς τόσο τα ενήλικα όσο και οι προνύμφες είναι αρπακτικά και έτσι επιδρούν για περισσότερο χρόνο στη δυναμική του πληθυσμού των αφίδων (Hodek & Honek 1996).

Ο Dixon (2000) υπογράμμισε τρία χαρακτηριστικά των επιτυχημένων παραγόντων βιολογικού ελέγχου με coccinellids: Α) εξειδίκευση, Β) αδηφαγία και Γ) υψηλό αναπαραγωγικό ρυθμό του πληθυσμού.

Επίσης, θεωρούνται αποτελεσματικά τα αρπακτικά που καταναλώνουν αφίδες σε ικανοποιητική ποσότητα (Frazer 1988).

Ενώ αυτά τα χαρακτηριστικά είναι σίγουρα επιθυμητά για ταχεία σύγκρουση όταν ο στόχος (οι αφίδες) αυξάνεται σε αφθονία και προσεγγίζει τα επίπεδα οικονομικής ζημίας, πολλοί πληθυσμοί επιβλαβών οργανισμών τείνουν να είναι παροδικοί ή εποχιακά κυκλικοί, κάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψιν για την καταλληλόλητα επέμβασης. Αυτά τα ίδια χαρακτηριστικά μπορεί επομένως να γίνουν μειονεκτήματα για την επιβίωση του παράγοντα όταν το παράσιτο είναι σπάνιο ή απουσιάζει. Η διαθεσιμότητα εναλλακτικού θηράματος μπορεί να είναι κρίσιμη για την επιρροή του coccinellid στον βιολογικό έλεγχο. Μετά τον πολλαπλασιασμό των αριθμών τους σε εξάρσεις αφίδων εντός συγκεκριμένων περιβαλλόντων, πολλά γενικευμένα (πολυφάγα) coccinellids αλλάζουν για να τραφούν με εναλλακτικά είδη θηραμάτων, γεγονός που δικαιολογεί την αναγνώριση στην αξιολόγηση της συνολικής τους αξίας ως κατοίκων αγρο-οικοσυστημάτων.

Τα ωά είναι αρκετά εύθραυστα και υπόκεινται σε ποικίλους παράγοντες θνησιμότητας πριν από την εκκόλαψη, ιδιαίτερα στη θήρευση και τον κανιβαλισμό, καθιστώντας τα ακατάλληλα για πολλές εφαρμογές. Η απελευθέρωση των μαζών των ωών ήταν λιγότερο αποτελεσματική λόγω της

υψηλότερης θνησιμότητας. Ωστόσο, οι προνύμφες είναι πιο δαπανηρές από ότι τα ωά, ειδικά αν χρειάζονται αφίδες για την επιτυχή ανάπτυξη, και μπορούν να υποφέρουν σε υψηλά επίπεδα κανιβαλισμού, ανάλογα με το είδος και την επάρκεια της διατροφής. Τα προνυμφικά στάδια ζωής είναι πιο πρακτικά για απελευθέρωση σε προστατευόμενα περιβάλλοντα, όπως θερμοκήπια και εσωτερικούς χώρους, όπου η επιβίωσή τους μπορεί να ενισχυθεί με προστασία από φυσικούς εχθρούς και έλεγχο του φυσικού περιβάλλοντος. Τα ακμαία είναι το πιο ισχυρό στάδιο ζωής για απελευθέρωση. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι επιτίθενται αμέσως μετά την εμφάνισή τους. Είναι πιο αδηφάγα από τις προνύμφες, αλλά και το στάδιο που είναι πιο επιρρεπείς στο να διασκορπιστούν από τις περιοχές απελευθέρωσης. Η αποτελεσματικότητά τους ενισχύεται εάν μπορεί να προκληθεί ωτοκία πριν από τη διασπορά.

Πιθανώς, ο χρονισμός των απελευθερώσεων σε αγρούς σε σχέση με την ανάπτυξη του πληθυσμού των παρασίτων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα, όπως και η εκδήλωση της ωτοκίας σε θέσεις απελευθέρωσης πριν από τη μετανάστευση.

Τα τελευταία χρόνια, οι περιβαλλοντικές ανησυχίες έδωσαν μια νέα έμφαση στη διατήρηση και την ενίσχυση των αυτόχθονων ειδών *coccinellids*, προκειμένου να βελτιώσουν τις συνεισφορές βιολογικού τους ελέγχου σε φυσικά και διαχειριζόμενα οικοσυστήματα.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πειραματικό Υλικό

Το είδος *C. undecimnotata* που χρησιμοποιήθηκε στις πειραματικές μελέτες, συλλέχθηκε από καλλιεργούμενα και αυτοφυή φυτά στην περιοχή της Αργολίδας. Επίσης, εκτός από τη χρήση του αρπακτικού εντόμου, στην παρούσα εργασία έγινε και χρήση της μαύρης αφίδας των κουκιών *A. fabae* όπου η εκτροφή της πραγματοποιήθηκε στο χώρο του εντομοτροφείου του ΤΕΙ Πελοποννήσου, στο εργαστήριο Γεωργικής Εντομολογίας και Ζωολογίας.

Διατήρηση πειραματικού υλικού

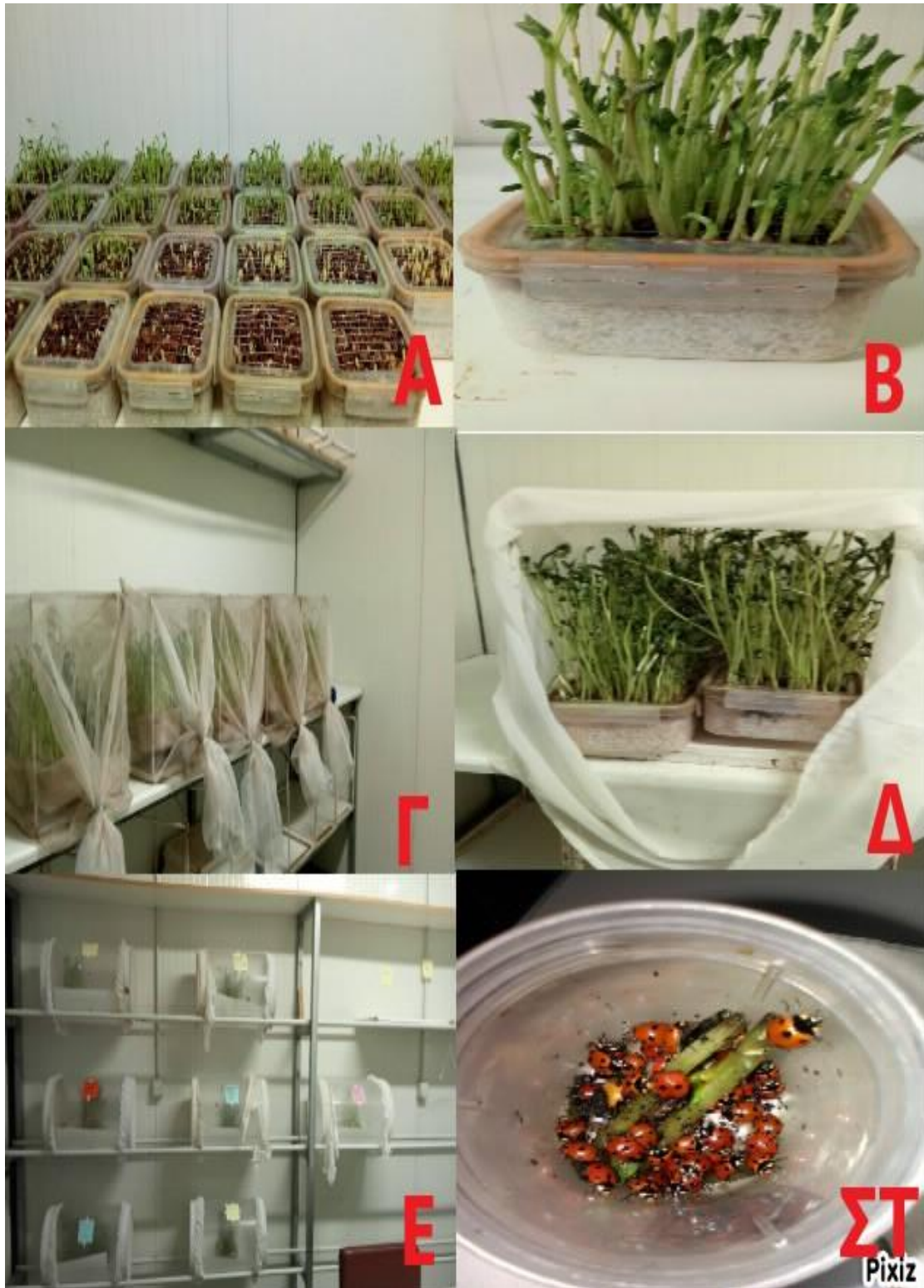
Αποικία αφίδων: Η εκτροφή των αφίδων πραγματοποιήθηκε στο εντομοτροφείο, το οποίο και στεγάζεται στο ΤΕΙ Πελοποννήσου, στα πλαίσια του εργαστηρίου Εντομολογίας και Ζωολογίας του τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων. Στο θάλαμο, μέσα στον οποίο οι αφίδες εκτρέφονταν, (Βλ. **Εικόνα 10**) επικρατούσαν οι παρακάτω συνθήκες. Η θερμοκρασία βρισκόταν στους 20 ± 1 °C, η υγρασία είχε ποσοστό 60% (± 5) ενώ η φωτοπερίοδος ήταν L16:D8 (L=Light, D=Darkness). Οι αφίδες τοποθετήθηκαν μέσα σε κλουβιά 40x45x50cm με ξύλινο ισόπεδο δάπεδο που πλένεται. Όλες οι άλλες πλευρές και η κορυφή ήταν καλυμμένες με λεπτή μουσελίνα αδιαπέραστη από αφίδες για να επιτραπεί ο αερισμός και να αποφευχθεί η διαφυγή των αφίδων καθώς και πιθανή μόλυνσή τους από παρασιτοειδή. Η διατροφή των αφίδων γινόταν με φυτά κουκιών (*Vicia faba*), τα οποία αλλάζονταν ύστερα από διάρκεια τριών ημερών και τοποθετούνταν νέα φυτά.

Αποικία αρπακτικών: Τα ενήλικα αρπακτικά έντομα συλλέγονταν στους αγρούς, τα οποία για αρχή και λόγω της μεταφοράς τους έμπαιναν σε ειδικά αεροστεγή σακουλάκια. Ύστερα, με ιδιαίτερη προσοχή γινόταν η μεταφορά τους στο εντομοτροφείο με στόχο την ίδρυση αποικιών. Όλα τα αρπακτικά εκτράφηκαν σε κυλινδρικούς κλωβούς από πλεξιγκλάς 30 cm σε

διάμετρο και 50 cm σε μήκος (Iperiti and Brum, 1969). Μέσα στον κλωβό, τοποθετήθηκε μια υπερβολική ποσότητα αφίδων του *A. fabae* στο *V. faba* μαζί με τους θηρευτές. Τα φυτά αντικαταστάθηκαν από φρέσκα, όταν κρίθηκε απαραίτητο. Οι αποικίες όλων των θηρευτών διατηρήθηκαν στους $25 \pm 0,5$ °C, $60 \pm 5\%$ RH και L16:D8. Για την προστασία των αποικιών χρησιμοποιήθηκαν μουσελίνες, οι οποίες έκλεισαν τις εισόδους των κυλίνδρων. Καθημερινά γινόταν έλεγχος για ωά, τα οποία συλλέγονταν και ύστερα μεταφέρονταν σε γυάλινα τριβλία. Σε αυτά τα τριβλία τα ωά έμεναν μέχρι την στιγμή της εκκόλαψής τους. Οι νεοεμφανιζόμενες προνύμφες του *C. undecimnotata*, από την εκκόλαψη των ωών, έμπαιναν μεμονωμένα σε ειδικά πλαστικά κυπελλάκια 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 (*Vicia fabae*) έγινε σε γλαστράκια 15x15 εκατοστά. Η διαδικασία, η οποία έλαβε χώρα, ήταν η εξής: Οι σπόροι παρέμειναν για 24 ώρες μέσα σε δοχείο με νερό. Μετά το πέρας του 24ωρου, οι σπόροι μεταφέρθηκαν σε γλαστράκια στα οποία τοποθετήθηκε περλίτης με μια ποσότητα από τους σπόρους. Ακολούθησε πότισμα και τοποθέτηση σε θάλαμο, ο οποίος είχε θερμοκρασία 18 °C. Μέσα σε διάρκεια από 8 έως 10 ημέρες τα κουκιά είχαν φυτρώσει αλλά κατάλληλα για μόλυνση ήταν όταν το μήκος τους ήταν 10 εκατοστά. Εν συνεχεία, τα κουκιά τοποθετήθηκαν σε ειδικά σιδερένια κλουβιά με ξύλινο πάτο διαστάσεων 40x45x50cm ντυμένα με μουσελίνα με στόχο την τεχνητή μόλυνση με την αφίδα *A. fabae*. Τέλος, από τα φυτά αυτά συλλέχθηκαν ενήλικα άτομα αφίδων, τα οποία και προβλέπονταν ως τροφή των προνυμφών ώστε να επιτευχθεί η πειραματική μελέτη αλλά και η συντήρηση της αποικίας των ενήλικων ατόμων.

Όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, δηλαδή η φύτευση κουκιών, ο θάλαμος εκτροφής *A. fabae*, ο θάλαμος εκτροφής των αρπακτικών φαίνονται στην Εικόνα 10.

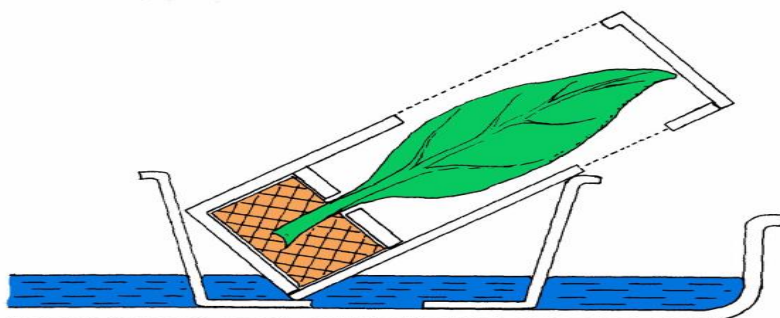


Εικόνα 10: Α. φύτευση κουκιών, Β. επιθυμητό μέγεθος φυτού πριν τη μόλυνση με *A. fabae*, Γ. ειδικός θάλαμος εκτροφής της μαύρης αφίδας των κουκιών, διαφαινόνται τα κλουβιά με μια ξύλινη βάση και καλυμμένα με μουσελίνα, Δ. αποικία *A. fabae*, Ε. ειδικός θάλαμος εκτροφής αρπακτικών σε κυλινδρικούς κλωβούς, όπου χορηγούνται τα μολυσμένα με *A. fabae* κουκιά. ΣΤ. ακμαία άτομα *C. undecimnotata* συγκεντρωμένα σε κυπελλάκι κατά τη διάρκεια αλλαγής κλουβιών

Πειραματική Μεθολογία

Για τη παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν βιοκλιματικοί θάλαμοι που ρυθμίστηκαν στους 15°C, 17 °C, 20 °C, 22.5 °C, 25 °C, 27.5 °C, 30 °C, 32.5 °C, 35 °C, και 37,5 °C, ενώ η σχετική υγρασία (RH) κυμαινόταν στο 60 % σχεδόν για κάθε μια επανάληψη αντίστοιχα.

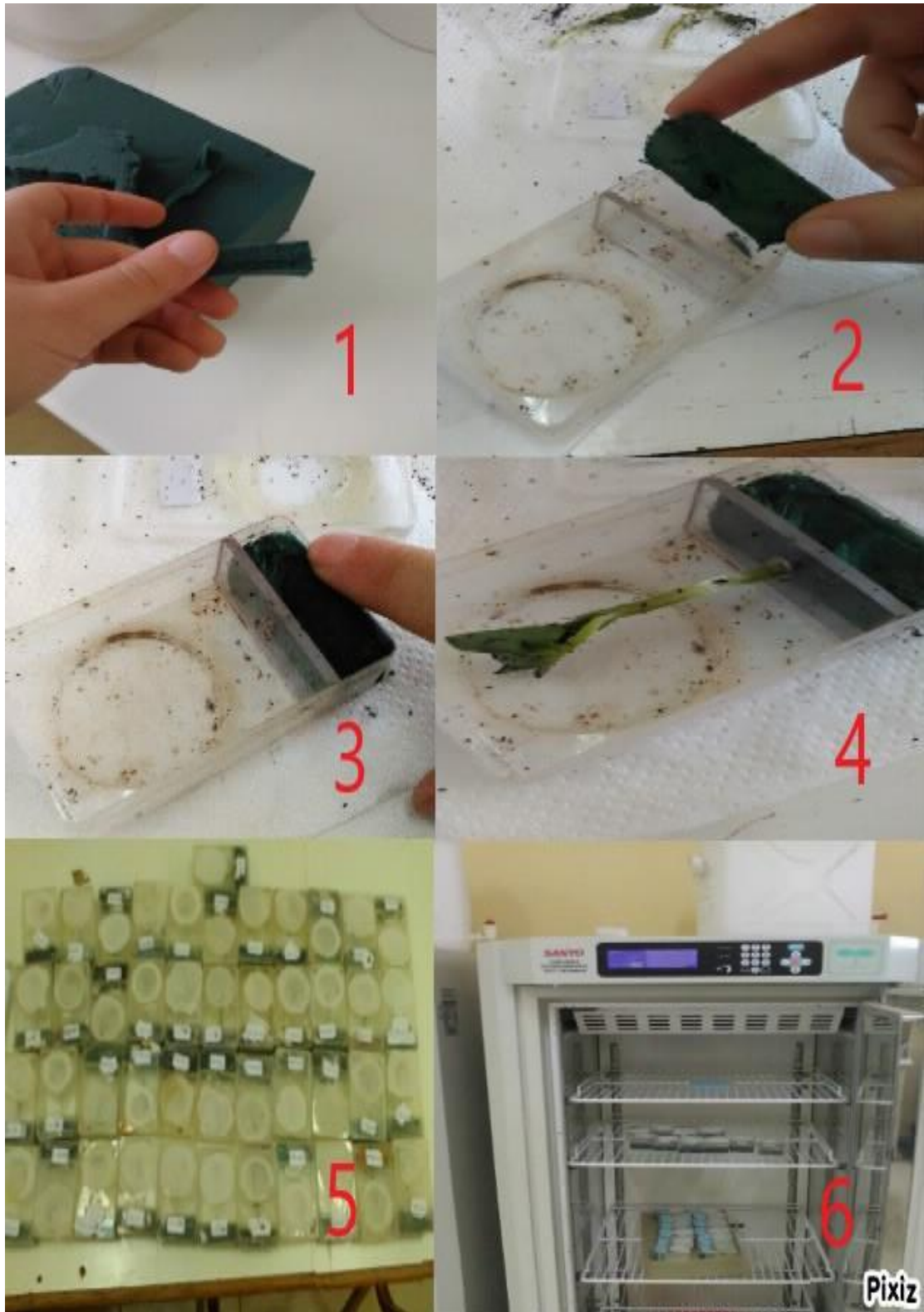
Αρχικά, όπως διαφαίνεται και στην **Εικόνα 12**, πάρθηκαν τα ωά (ηλικίας 12-24 ώρες) του *C. undecimnotata* από τις αποικίες του εντομοτροφείου και μεταφέρθηκαν σε κάθε βιοκλιματικό θάλαμο στις θερμοκρασίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αναμενόταν να παρατηρηθεί η εκκόλαψη, να καταγραφούν σε αριθμό πόσα εκκολάφθηκαν και να καταγραφεί η θνησιμότητα των ωών λόγω της επίδρασης της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, όταν παρατηρήθηκαν οι νεοεμφανιζόμενες προνύμφες, μεταφέρθηκαν ξεχωριστά η κάθε μια με ένα πινελάκι στα ειδικής κατασκευής σε μορφή ορθογώνιου κουτιού Blackman (7,7 × 4,5 × 2 cm) (βλ. **Εικόνα 11**), στη βάση του οποίου υπήρχε ένα κομμάτι moss (βλ. **Εικόνα 13**) κορεσμένο με νερό (Blackman 1971). Τοποθετούνταν μέσα στο Blackman ένα κομμάτι βλαστού μαζί με τα κορυφαία φύλλα από το φυτό *V. fabae*, με το μίσχο του να εισάγεται μέσα στο moss, το οποίο διαβρεχόταν με νερό μέσω ενός υδροβολέα. Επίσης, σε κάθε Blackman χορηγούνταν αφίδες *A. fabae* ο αριθμός των οποίων ήταν ανάλογος με την ηλικία της προνύμφης. Οι προνύμφες εξετάστηκαν καθημερινά και καταγράφηκε η αλλαγή κάθε σταδίου ηλικίας κάτι που διαφαινόταν με την έκδυση του εντόμου. Ταυτόχρονα, μετρήθηκαν και αφαιρέθηκαν ζωντανές αφίδες και εισήχθησαν νέες αφίδες στο Blackman. Το τμήμα βλαστού του κουκιού αντικαταστάθηκε με ένα νέο όταν ήταν απαραίτητο.



Εικόνα 11: Κουτί εκτροφής αρπакτικών διαστάσεων 7,7 x 4,5 x 2 cm (Blackman 1971).



Εικόνα 12: i. συλλογή ωών από το εντομοτροφείο, συγκεκριμένα από τον θάλαμο εκτροφής αρπακτικών, όπου τα ωά τοποθετούνταν σε γυάλινα τριβλία, ii. με τη βοήθεια του στερεοσκοπίου γινόταν καταμέτρηση των ωών, iii. παρατήρηση ωών μέσα από το στερεοσκόπιο πριν τη τοποθέτησή τους σε βιοκλιματικό θάλαμο, iv παρατήρηση ωών μετά την επίδραση της θερμοκρασίας σε βιοκλιματικό θάλαμο, στη συγκεκριμένη περίπτωση τα ωά βρίσκονται στο στάδιο λίγο πριν εκκολαφθούν, v. βιοκλιματικοί θάλαμοι, vi. τοποθέτηση γυάλινων τριβλίων στο βιοκλιματικό θάλαμο.



Εικόνα 13: 1. Συλλογή ενός ορθογώνιου κομματιού moss ανάλογο σε μέγεθος με την εσοχή που υπάρχει στο blackman, 2. & 3. τοποθέτηση του moss στην εσοχή, 4. διαφαίνεται η ύπαρξη σπής με μέγεθος ανάλογο ενός βλαστού από κουκί, καθώς χορηγούνται οι αφίδες και η προνύμφη του *C. undecimnotata* ηλικίας L1, 5. Η ίδια διαδικασία γίνεται σε κάθε ρύθμιση της θερμοκρασίας στο βιοκλιματικό θάλαμο με χορήγηση συνήθως πάνω από τριάντα blackman, 6. Blackman σε βιοκλιματικό θάλαμο

Ανάλυση στοιχείων

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS v21.0. Περιλάμβανε το χ^2 τεστ αβεβαιότητας για την ανάλυση των στοιχείων της επιβίωσης και τη γραμμική συσχέτιση για την εκτίμηση της κάτω ουδού ανάπτυξης (Dth) καθώς και οι απαιτήσεις σε ημεροβαθμούς (DD). Οι ημεροβαθμοί χρησιμοποιήθηκαν ως μονάδες μέτρησης της θερμικής σταθεράς k. Η διάρκεια ανάπτυξης σε σχέση με τη θερμοκρασία εκφράζεται με διάφορους τρόπους. Ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία ήταν η σχέση της θερμικής άθροισης $y(x-a)=k$, όπου y είναι η διάρκεια ανάπτυξης, x η θερμοκρασία, a το κάτω θερμικό όριο ανάπτυξης (αναπτυξιακό μηδέν) και k η θερμική σταθερά. Στη γραμμική συσχέτιση τα στοιχεία από το ρυθμό ανάπτυξης (το αντίστροφο των ημερών ανάπτυξης) χρησιμοποιήθηκαν ως η εξαρτημένη μεταβλητή και η θερμοκρασία ως η ανεξάρτητη.

Η μαθηματική έκφραση της γραμμικής συσχέτισης για την περιγραφή της σχέσης μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης και της θερμοκρασίας ήταν : $1/\text{ημέρες} = b + (a \times \text{θερμοκρασία})$ όπου οι παράμετροι a και b προσδιορίζονται από τη γραμμική συσχέτιση. Η κάτω ουδός ανάπτυξης υπολογίστηκε ως το σημείο τομής της γραμμικής εξίσωσης ($-b/a$) με τον άξονα x. Οι μέρες πάνω από το Dth που απαιτούνται για ανάπτυξη, υπολογίστηκαν ως το αντίστροφο της καμπύλης συσχέτισης.

Η σύγκριση της συνολικής και ημερήσιας κατανάλωσης αφίδων, μεταξύ θερμοκρασιών, έγινε με τη μέθοδο ανάλυσης της παραλλακτικότητας (one-way Anova). Επιπρόσθετα, τα χαρακτηριστικά, συγκρίθηκαν με την Anova, χρησιμοποιώντας τη θερμοκρασία ως παράγοντες. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο του Duncan.

Αποτελέσματα

Η θνησιμότητα των ωών, των προνυμφών και των νυμφών του *C. undecimnotata* φαίνονται στο **Πίνακα 2**. Η επιβίωση από το στάδιο του ωού μέχρι το στάδιο του ενηλίκου βρέθηκε να αυξάνεται από 23.1% στο 62.5% με

την αύξηση της θερμοκρασίας από τους 17 στους 22.5 °C. Η βέλτιστη επιβίωση κυμάνθηκε στο 76.7% στους 25 °C, ενώ άρχισε να μειώνεται στους 27.5 °C με ποσοστό 65.7%. Επίσης παρατηρήθηκε ραγδαία μείωση της επιβίωσης μετά από αυτήν τη θερμοκρασία, με τη λιγότερη επιβίωση στους 35 °C σε ποσοστό 6.1%. Το στάδιο του ωού και αυτό της πρώτης προνυμφικής ηλικίας βρέθηκε να έχει την μεγαλύτερη θνησιμότητα. Η συνολική θνησιμότητα βρέθηκε να διαφέρει στατιστικά ανάμεσα στις θερμοκρασίες που μελετήθηκαν ($\chi^2=213.896$, $P = 0.001$).

Η διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφών ήταν μεγαλύτερη από τη διάρκεια των άλλων σταδίων (ωού και νύμφης), σε όλες τις θερμοκρασίες που μελετήθηκαν (**Πίνακας 3**). Η ολοκλήρωση της ανάπτυξης από το στάδιο του ωού έως το ενήλικο κυμάνθηκε από 50.88 ημέρες στους 17 °C έως 11.00 ημέρες στους 32.5 °C, Η διάρκεια ανάπτυξης βρέθηκε να είναι στατιστικώς εξαρτημένη με την θερμοκρασία στο στάδιο του ωού ($F_{7,171} = 123.6$, $P = <0.001$), της προνύμφης ($F_{7,171} = 803.07$, $P = <0.001$), της νύμφης ($F_{7,171} = 634.1$, $P = <0.001$) και της συνολικής διάρκειας ανάπτυξης του *C undecimnotata* ($F_{7,171} = 2316.1$, $P = <0.001$).

Η ημερήσια κατανάλωση αφίδων καθ' όλη τη διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης, καθώς και ο συνολικός αριθμός των αφίδων που καταναλώθηκε σε κάθε ηλικία των προνυμφών του *C undecimnotata* φαίνονται στους **Πίνακες 4 & 5**. Η συνολική κατανάλωση αφίδων των προνυμφών ήταν 240, 247.62, 260.05, 300.61, 296.09, 265.23, 238.23 και 218.42 στους 17, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5 και 35 °C, αντίστοιχα. Η ANOVA έδειξε ότι η συνολική κατανάλωση αφίδων διέφερε στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των θερμοκρασιών ($F_{7, 171} = 23.13$, $P <0.001$). Η κατανάλωση αφίδων ήταν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη στις θερμοκρασίες 25 °C και 27.5 °C.

Οι προνύμφες 4^{ης} ηλικίας του *C undecimnotata* κατανάλωσαν το μεγαλύτερο αριθμό των αφίδων ανά ημέρα σε όλες τις θερμοκρασίες. Η μέση ημερήσια κατανάλωση αφίδων ήταν 7.57, 11.88, 18.90, 27.05, 34.63, 37.27, 37.05 και 31.28 αφίδες στους 17, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5 και 35 °C, αντίστοιχα.. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των θερμοκρασιών και στην μέση ημερήσια κατανάλωση αφίδων ($F_{7, 171} = 160.47$, $P <0,001$).

Η ουδός ανάπτυξης κυμάνθηκε μεταξύ 13.05 °C για το στάδιο των ωών και 13.87 °C για το στάδιο των προνυμφών (**Πίνακας 6**). Οι γραμμικές

παράμετροι παλινδρόμησης (τομής και κλίσεις) που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ ρυθμού ανάπτυξης (y) και της θερμοκρασίας (x) φαίνονται στον **Πίνακα 6**. Η μικρότερη κλίση, δηλαδή 0,11775 καταγράφηκε στο στάδιο των προνυμφών το οποίο είχε τη μεγαλύτερη διάρκεια στις θερμοκρασίες που δοκιμάστηκαν. Στα υπόλοιπα στάδια, η κλίση αυξήθηκε καθώς η διάρκεια της ανάπτυξης μειώθηκε.

Πίνακας 2: Θνησιμότητα για κάθε στάδιο ζωής και ποσοστό θνησιμότητας σε σχέση με τον αρχικό αριθμό ωών, του *C undecimnotata* σε οκτώ θερμοκρασίες και L16 : D8.

Στάδιο ζωής	Θερμοκρασία (°C)															
	17°C		20°C		22.5°C		25°C		27.5°C		30°C		32.5°C		35°C	
	N		N		N		N		N		N		N		N	
Eggs	78	30,8%	46	21,7%	32	15,6%	30	13,3%	35	17,1%	40	20,0%	64	40,6%	377	77,5%
L1	54	37,0%	36	27,8%	27	11,1%	26	7,7%	27	7,4%	32	6,3%	38	13,2%	85	40,0%
L2	34	14,7%	26	7,7%	24	4,2%	24	8,3%	25	4,0%	30	3,3%	33	12,1%	51	31,4%
L3	29	10,3%	24	4,2%	23	4,3%	23	0,0%	24	4,2%	29	3,4%	29	6,9%	35	22,9%
L4	26	0,0%	23	0,0%	22	0,0%	23	0,0%	23	0,0%	28	3,6%	27	7,4%	27	11,1%
L1-L4	51	49,0%	36	36,1%	27	18,5%	26	11,5%	29	20,7%	32	15,6%	38	34,2%	85	71,8%
Pupae	26	30,8%	22	4,5%	22	0,0%	23	0,0%	23	0,0%	27	3,7%	25	12,0%	24	0,0%
Total	78	76,9%	46	54,3%	32	37,5%	30	23,3%	35	34,3%	40	35,0%	64	67,2%	377	93,6%

(N= αριθμός επαναλήψεων)

Πίνακας 3. Διάρκεια ανάπτυξης (ημέρες) για το *C undecimnotata* σε οκτώ σταθερές θερμοκρασίες και L16 : D8.

Στάδιο ζωής	Θερμοκρασία (°C)																
	17		20		22,5		25		27,5		30		32,5		35		F
	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	
Ωο	18	7.66 (0.31)a	21	4.81 (0.21)b	22	3.77 (0.09)c	23	2.96 (0.08)d	23	2.65 (0.10)de	26	2.12 (0.06)gf	22	1.77 (0.09)g	24	2.42 (0.25)ef	123.563*
Προνύμφη	18	31.78 (0.55)a	21	20.95 (0.44)b	22	13.82 (0.25)c	23	11.26 (0.32)d	23	8.61 (0.14)e	26	7.23 (0.20)f	22	6.50 (0.18)f	24	7.08 (0.20)f	803.7*
Νύμφη	18	11.39 (0.20)a	21	8.52 (0.18)b	22	5.86 (0.12)c	23	5.17 (0.08)d	23	3.48 (0.11)e	26	3.19 (0.08)e	22	2.73 (0.10)f	24	2.83 (0.08)f	634.1*
Ενήλικο	18	50.88 (0.66)a	21	34.29 (0.49)b	22	23.46 (0.34)c	23	19.39 (0.31)d	23	14.74 (0.16)e	26	12.54 (0.25)f	22	11.00 (0.17)g	24	12.33 (0.25)f	2316.1*

(N= αριθμός επαναλήψεων, οι αριθμοί στην παρένθεση συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα SE)

Πίνακας 4: Μέσος συνολικός αριθμός (SD) ενήλικων ατόμων του *A. fabae* που καταναλώθηκαν από προνύμφες του *C undecimnotata*, οι οποίες αναπτύχθηκαν σε τέσσερις σταθερές θερμοκρασίες και φωτοπερίοδο L16 : D8.

Ηλικία	Θερμοκρασία (°C)																F
	17		20		22,5		25		27,5		30		32,5		35		
	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	
L1	18	11.33 (1.02)b	21	12.48 (1.06)ab	22	13.82 (1.15)ab	23	14.74 (1.59)a	23	15.43 (1.45)a	26	12.23 (0.58)ab	22	11.23 (0.98)b	24	10.38 (0.48)b	2,76
L2	18	23.33 (1.45)ab	21	24.52 (0.73)a	22	25.91 (1.27)a	23	26.43 (2.38)a	23	27.04 (1.81)a	26	23.12 (1.74)ab	22	22.68 (0.80)ab	24	19.04 (0.65)b	3,09
L3	18	43.94 (1.85)ab	21	42.81 (1.22)ab	22	45.55 (2.31)ab	23	50.13 (3.92)a	23	47.96 (2.26)a	26	43.81 (4.31)ab	22	38.36 (3.70)b	24	37.13 (0.85)b	2,29
L4	18	161.39 (5.37)cd	21	167.81 (4.91)c	22	174.77 (4.02)bc	23	209.30 (3.33)a	23	205.65 (8.37)a	26	186.08 (3.61)b	22	165.95 (3.09)c	24	151.88 (3.20)d	19,54
L1-L4	18	240 (6.20)c	21	247.62 (5.41)bc	22	260.05 (4.74)b	23	300.61 (6.95)a	23	296.09 (8.80)a	26	265.23 (5.67)b	22	238.23 (5.31)c	24	218.42 (3.34)d	23,13

(N= αριθμός επαναλήψεων, οι αριθμοί στην παρένθεση συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα SE)

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό μικρό γράμμα στις γραμμές διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά (P<0.05, Duncan test).

Πίνακας 5: Μέση ημερήσια κατανάλωση (SD) ενήλικων ατόμων *A. fabae* που καταναλώθηκαν από προνύμφες του *C undecimnotata* οι οποίες αναπτύχθηκαν σε τέσσερις σταθερές θερμοκρασίες και φωτοπερίοδο L16 : D8.

Ηλικία	Θερμοκρασία (°C)																F
	17		20		22,5		25		27,5		30		32,5		35		
	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	N	Ημέρες	
L1	18	1.38 (0.12)e	21	2.34 (0.21)e	22	4.15 (0.40)d	23	6.20 (0.80)c	23	9.48 (0.47)ab	26	10.13 (0.66)a	22	10.11 (0.81)a	24	7.92 (0.73)b	31,59*
L2	18	3.37 (0.26)e	21	6.84 (0.41)d	22	11.04 (0.66)c	23	13.24 (0.84)c	23	16.20 (0.67)b	26	20.35 (1.43)a	22	22.25 (0.99)a	24	17.71 (0.83)b	50,50*
L3	18	6.78 (0.32)e	21	10.70 (0.52)e	22	17.94 (0.75)d	23	24.92 (2.60)c	23	38.39 (3.26)a	26	32.40 (1.58)ab	22	33.80 (2.62)ab	24	32.08 (2.05)b	29,62*
L4	18	16.23 (0.50)e	21	22.40 (0.70)d	22	33.09 (0.97)c	23	48.06 (1.64)b	23	53.49 (2.24)ab	26	56.34 (2.62)a	22	54.16 (2.26)a	24	51.56 (2.64)ab	57,87*
L1-L4	18	7.57 (0.20)g	21	11.88 (0.28)f	22	18.90 (0.40)e	23	27.05 (0.82)d	23	34.63 (1.22)b	26	37.27 (1.20)a	22	37.05 (1.01)ab	24	31.28 (0.83)c	160,47*

(N= αριθμός επαναλήψεων, οι αριθμοί στην παρένθεση συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα SE)

Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό μικρό γράμμα στις γραμμές διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($P < 0.05$, Duncan test).

Πίνακας 6. Ουδός ανάπτυξης (D_{th}) και απαιτήσεις σε ημεροβαθμούς (DD) για το Κολεόπτερο *C undecimnotata*.

Στάδιο ζωής	D_{th}	DD	Εξίσωση	R^2 (df)	P
Αυγό	13.05	34.10	$Y=-0.38264X+0.029323$	0.70 (1, 153)	< 0.05
Προνύμφη	13.87	117.83	$Y=-0.11775X+0.008486$	0.91 (1, 153)	< 0.05
Νύμφη	13.58	51.02	$Y=-0.26622X+0.019599$	0.86 (1, 153)	< 0.05
Ωό-ενήλικο	13.57	207.51	$Y=-0.06541X+0.004819$	0.96 (1, 153)	< 0.05

ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του *C. undecimnotata*, το στάδιο του ωού και οι προνύμφες πρώτης ηλικίας βρέθηκαν να έχουν την μεγαλύτερη θνησιμότητα μεταξύ 32.5 °C και 35 °C. Αξιοσημείωτο είναι ότι στις δύο ακραίες θερμοκρασίες 15 °C και 37.5 °C παρουσιάστηκε ολική θνησιμότητα στο είδος αυτό. Σχετικά μεγάλη θνησιμότητα σε πρώτης ηλικίας προνύμφες σε σχέση με τα άλλα στάδια ανάπτυξης του εντόμου έχει αναφερθεί και σε άλλα αρπακτικά της ίδιας οικογένειας (Omkar and Pervez, 2004), που πιθανόν οφείλεται στο μικρό τους μέγεθος, την λεπτή και μαλακή επιδερμίδα, τα οποία τα κάνουν πιο ευάλωτα σε φυσικές καταπονήσεις (Omkar and Pervez, 2004). Στην συγκεκριμένη εργασία, τα ωά βρέθηκαν να έχουν την μεγαλύτερη θνησιμότητα στις χαμηλές και πολύ υψηλές θερμοκρασίες των 17 και 35 °C αντίστοιχα. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί και από άλλους ερευνητές (π.χ., Orr and Obrycki, 1990, Miller, 1992, Rodriguez-Saona and Miller, 1999, Benelli κ.ά., Skouras et al, 2015) σε ανήλικα στάδια των αρπακτικών κολεοπτέρων σε θερμοκρασίες κοντά στην ουδό ανάπτυξης.

Έχει αναφερθεί ότι καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται και ο ρυθμός ανάπτυξης των αφιδοφάγων αρπακτικών (Stathas 2000; Omkar and Pervez, 2004). Η στατιστικώς σημαντικές διαφορές της διάρκειας ανάπτυξης για κάθε στάδιο ανάπτυξης του *C. undecimnotata* αποδεικνύει ότι όλα τα στάδια του εντόμου αυξομειώνονται ανάλογα με την θερμοκρασία. Η διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο του ωού έως το στάδιο του ενήλικου βρέθηκε να κυμαίνεται από 50.88 σε 11.00 ημέρες για θερμοκρασίες από 17 σε 32.5 °C αντίστοιχα. Παρόμοια αποτελέσματα έδειξαν και οι Skouras et. al. 2015 όπου για το *C. undecimnotata* η διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο του ωού έως το στάδιο του ενήλικου κυμάνθηκε από 48.5 ημέρες σε 14.4 ημέρες και θερμοκρασίες από 17 έως 29 °C και λεία την αφίδα *M. persicae*. Επιπλέον το ίδιο παρατηρήθηκε σε ένα άλλο είδος αρπακτικού αφιδοφάγου της ίδιας οικογένειας, το *Hippodamia variegata* με λεία το *Aphis fabae*, όπου η διάρκεια ανάπτυξης από το στάδιο του ωού έως το στάδιο του ακμαίου βρέθηκε να κυμαίνεται από 61.7 ημέρες σε 10.2 ημέρες καθώς η θερμοκρασία αυξήθηκε

από 15 στους 30 °C (Skouras & Stathas 2015). Οι διαφορές ανάμεσα στην συγκεκριμένη εργασία με άλλες μπορεί να οφείλονται στην διαφορετική λεία ή την ποιότητα της καθώς και στην γεωγραφική διαφοροποίηση που δημιουργεί διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς του *C. undecimnotata*. Επίσης, οι διαφορές μπορεί να σχετίζονται με τις διαφορετικές πειραματικές συνθήκες (Skouras & Stathas 2015).

Στην εργασία αυτή, ο ρυθμός κατανάλωσης του θηράματος αυξήθηκε μεταξύ πρώτης και τέταρτης ηλικίας προνύμφες. Την υψηλότερη κατανάλωση αφίδων βρέθηκε να έχουν οι προνύμφες τέταρτης ηλικίας. Αυτό έχει αποδειχθεί και από άλλες έρευνες Katsarou et al., 2005; Zarpas et al., 2007; Skouras & Stathas 2015; Skouras et al 2015). Η υψηλή αδηφαγία των προνυμφών αυτού του σταδίου έχει αναφερθεί και σε άλλα αρπακτικά της ίδιας οικογένειας όπως τα *Hippodamia variegata* με λεία το *Aphis fabae* (Skouras & Stathas 2015), το *Coccinella septempunctata* L. και *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville με λεία το *Myzus persicae nicotianae* Blackman (Katsarou et al., 2005), το *Harmonia axyridis* Pallas με λεία το *A. gossypii* (Lee and Kang, 2004), και *Coccinella undecimpunctata* L. με λεία το *M. persicae* (Cabral et al., 2009). Αυτό είναι πιθανώς αποτέλεσμα των υψηλότερων απαιτήσεων πρόσληψης ενέργειας για την ανάπτυξη και για τη διατήρηση του κρίσιμου σωματικού βάρους για την νύμφωση (Hodek and Honek, 1996). Οι Katsarou et al. (2005) εξέτασαν τη συνολική κατανάλωση αφίδας για την ίδια αναπτυξιακή περίοδο στα *H. convergens* και *C. septempunctata* για θερμοκρασίες μεταξύ 14 και 23 °C και βρήκαν την υψηλότερη κατανάλωση στους 23 °C. Ο Ellingsen (1969) ανέφερε ότι οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μεταξύ 8 και 28 °C οδήγησαν σε μια αύξηση με αύξηση της θερμοκρασίας στη συνολική κατανάλωση από τις προνύμφες του *A. bipunctata* L. Οι Hodek και Evans (2012) πρότειναν ότι τα αρπακτικά κολεόπτερα μπορεί αντιμετωπίζουν την υψηλή εξάτμιση και απώλεια νερού σε υψηλές θερμοκρασίες καταναλώνοντας περισσότερο θήραμα με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό.

Οι εξισώσεις που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και αναπτυξιακού ρυθμού, καθώς και οι οριακές τιμές θερμοκρασίας και βαθμού ημέρας για κάθε στάδιο ζωής και η συνολική ανώριμη ανάπτυξη του *C. undecimnotata* παρουσιάζονται στον **Πίνακα 6**. Το κατώτερο θερμικό όριο

ανάπτυξης ήταν 13.57 °C, ενώ οι απαραίτητοι ημεροβαθμοί για την ολοκλήρωση της ανάπτυξής του ήταν 207.51. Επιπλέον η υψηλότερη ουδός ανάπτυξης παρατηρήθηκε στο στάδιο των προνυμφών 13.87 σε 117.83 βαθμοημέρες. Οι Skouras et al. 2015 αναφέρουν για το *C. undecimnotata* ένα κατώτερο θερμικό όριο ανάπτυξης 12.7 και 256.5 βαθμοημέρες για την ολοκλήρωση της ανάπτυξής του, ενώ το υψηλότερο βρέθηκε στο στάδιο των ωών με ουδό ανάπτυξης 13.0 σε 34.8 βαθμοημέρες. Αυτές οι ελάχιστες διαφορές στα αποτελέσματα μπορεί να οφείλονται στην διαφορετική λεία ή την ποιότητα της, (*A. fabae* έναντι *M. persicae*) όπως και στην γεωγραφική διαφοροποίηση που δημιουργεί διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς του *C. undecimnotata*. Επίσης, οι διαφορές μπορεί να σχετίζονται με τις διαφορετικές πειραματικές συνθήκες.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας με αυτά από άλλες μελέτες αποδεικνύεται ότι παράγοντες, όπως το είδος της αφίδας με την οποία τρέφεται το αρπακτικό κολεόπτερο και οι συνθήκες εκτροφής μπορεί να επιδρούν στην διάρκεια ανάπτυξης, επιβίωσης και διάρκειας ζωής. Επιπλέον, όπως προτείνει ο Francis et al. (2000, 2001) για το *Adalia bipunctata* και οι Giles et al. (2002) για το *C. septempunctata* είναι σημαντικό τα βιολογικά χαρακτηριστικά των αρπακτικών Coccinellidae να χαρακτηρίζονται σαν ένα τριτροφικό σύστημα, Αρπακτικό – Αφίδες - Φυτό. Πράγματι, σύμφωνα με τον Kalushkon (1998), ο οποίος μελέτησε τη διάρκεια ανάπτυξης, θνησιμότητας και το βάρος των ενηλίκων, η καταλληλόλητα της αφίδας *A. fabae* ως τροφή για το *A. bipunctata* εξαρτάται από το φυτό ξενιστή της αφίδας. Επίσης, η διάρκεια ανάπτυξης, θνησιμότητας και το μέγεθος των ενηλίκων του *C. septempunctata* μπορούν να μεταβάλλονται από την βιοχημική αντίδραση μεταξύ της αφίδας-θήραμα και του φυτού-ξενιστή (Giles et al. 2002). Όπως προτείνουν οι Francis et al. (2000, 2001) οι αλληλοχημικές ενώσεις που περιέχει το φυτό-ξενιστής, μπορεί να μην επηρεάζουν μόνο την αφίδα αλλά και το αρπακτικό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία:

Ahmad, A., G.E. Wilde, R.J. Whitworth and G. Zolnerowich. 2006. Effect of corn hybrids expressing the coleopteran specific Cry3Bb1 protein for corn rootworm control on aboveground insect predators. *J. Econ. Entomol.* 99: 1085 – 1095.

A.K. Minks and P. Harrewijn 1987. World Crop Pests, Aphids Their Biology, Natural Enemies and Control, Volume 2A. ELSEVIER.

Aldea M., Hamilton J.G., Resti J.P., Zangerl A.R., Berenbaum M.R., DeLucia H. 2005. Indirect effects of insect herbivory on leaf gas exchange in soybean. *Plant, Cell and Environment*, 28, 402–411.

Baensch, R. 1964. Vergleichende Untersuchungen zur Biologie und zum Beutefangverhalten aphidovorer Coccinelliden, Chrysopiden und Syrphiden. *Zool. Jb. Syst.* 91: 271 – 340.

Banks C. J. 1957. The behaviour of individual Coccinellid larvae on plants. *Br. J. Anim Behav.* 5: 12 – 24.

Benelli M., Leather S.R., Francati S., Marchetti E., Dindo M.L., 2015.- Effect of two temperatures on biological traits and susceptibility to a pyrethroid insecticide in an exotic and native coccinellid species.- *Bulletin of Insectology*, 68 (1): 23-29.

Biddinger, D.J., D.C. Weber and L.A. Hull. 2009. Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biol. Contr.* 51: 268 – 283.

Birch N. 1985. Field evaluations of resistance to black bean aphid, *Aphis fabae*, in close relatives of the faba bean, *Vicia faba*. *Annals of Applied Biology*, 106, 561–596.

Blackman, R.L. 1965. Studies on specificity in Coccinellidae. *Annals Appl. Biol.* 56: 336 – 338.

- Blackman, R.L.** 1967a. Selection of aphid prey by *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7 - punctata* L. *Ann. Appl. Biol.* 59: 331 – 338.
- Blackman, R.L.** 1967b. The effects of different aphid foods on *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7 - punctata* L. *Ann. Appl. Biol.* 59: 207 – 219.
- 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.** 1974. *Invertebrate Types: Aphids*. Ginn & Co., London. 175 pp.
- Blackman, R.L. and Eastop, V.F.** 1984. *Aphids on the World's Crops: Identification and Information Guide*. John Wiley Sons, London, 476 p.
- Blackman, R.L. and Eastop, V.F.** 2000. *Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide*, 2nd edn. Wiley, Chichester, 466 pp.
- Bonnemaison, L.** 1951. Contribution a l'itude des facteurs provoquant l'apparition des formes ailées et sexées chez les Aphidinae. *Annales Epiphyties* 2, 1–380.
- 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). *J. Econom. Entomol.* 96: 21 – 24.
- Brun, J. and G. Iperiti.** 1978. Influence de l'alimentation sur la fécondité des Coccinelles aphidiphages. *Ann. Zool. - Ecol. Anim.* 10: 449 – 452.
- Butt, F.H.** 1951. Feeding habitats and mechanism of the Mexican bean beetle. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., Mem.* 306, 32 pp.
- Campbell, A., Frazer, B.D., Gilbert, N., Gutierrez, A.P. and Mackauer, M.** 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *Journal of Applied Ecology* 11, 431–438.

Chen, F.J., F. Ge and M.N. Parajulee. 2005. Impact of elevated CO₂ on tri-trophic interaction of *Gossypium hirsutum*, *Aphis gossypii*, and *Leis axyridis*. *Env. Entomol.* 34: 37 – 46.

Crowson, R.A. 1955. *The Natural Classification of the Families of Coleoptera*. Nathaniel Lloyd, London. 187 pp.

Cushing, J.M. 1992. A size - structured model for cannibalism .*Theor. Popul. Biol.* 42: 347 – 361.

Danks, H.V. 1987. *Insect Dormancy: An Ecological Perspective*. Biological Survey of Canada (Terrestrial arthropods), National Museum of Natural Sciences, Ottawa. 439 pp.

Dean, G.J.W. 1974. Effect of temperature on the cereal aphids *Metopolophium dirhodum* (Wlk.), *Rhopalosiphum padi* and *Macrosiphum avenae* (F.) (Hem., Aphididae). *Bulletin of Entomological Research* 63, 401–409.

DeBach, P. (Ed.). 1964. *Biological Control of Insect Pest and Weeds*. Chapman and Hall, London. 844 pp.

Delaney K.J., Higley L.G. 2006. An insect countermeasure impacts plant physiology: midrib vein cutting, defoliation and leaf photosynthesis. *Plant, Cell and Environment*, 29, 1245–1258.

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. 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.

Dixon, A.F.G. 1972c. Fecundity of brachypterous and macropterous alatae in *Drepanosiphum dixonii* (Callaphididae, Aphididae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 15, 335–340.

Dixon, A.F.G. and Y. Guo. 1993. Egg and cluster - size in ladybird beetles (Coleoptera, Coccinellidae) – the direct and indirect effects of aphid abundance. *Eur. J. Entomol.* 90: 457 – 463.

Dixon, A.F.G. 2000. *Insect Predator – Prey Dynamics: Ladybird Beetles and Biological Control*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 258 pp.

Ellingsen, J. - L. 1969. Effect of constant and varying temperature on development, feeding, and survival of *Adalia bipunctata* L. (Col., Coccinellidae). *Norsk Entomol. Tidsskr.* 16: 121 – 125.

Fomenko, R.B. 1970. The effect of aggregations of preimaginal stages of *Chilocorus bipustulatus* L. (Coleoptera, Coccinellidae) on the duration of their development. *Entomol. Obozr.* 49: 264 – 269 (in Russian.).

Fomenko, R.B. and V.A. Zaslavskii. 1970. Genetics of gregarious behaviour in *Chilocorus bipustulatus* L. (Coleoptera, Coccinellidae). *Dokl. Akad. Nauk SSSR* 192: 229 – 231(in Russian.).

Forrest, W.A. 1970. The effects of maternal and larval experience on morph determination in *Dysaphis devectora*. *Journal of Insect Physiology* 15, 2179–2201.

Fox, L.R. 1975. Cannibalism in natural populations. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 6: 87 – 106.

Francis, F., E. Haubruge and C. Gaspar. 2000. Influence of host plants on specialist/generalist aphids and on the development of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.* 97: 481 – 485.

Francis, F., G. Lognay, J.P. Wathelet and E. Haubruge. 2001. Effects of allelochemicals from first (Brassicaceae) and second (*Myzus persicae* and *Brevicoryne brassicae*) trophic levels on *Adalia bipunctata*. *J. Chem. Ecol.* 27: 243 – 256.

Frazer, B. and Gill, B. 1981. Age, fecundity, weight, and the intrinsic rate of increase of the lupine aphid, *Macrosiphum albifrons* (Homoptera: Aphididae). *Canadian Entomologist* 113, 739–745.

Frazer, B.D. 1988. Coccinellidae. In A. K. Minks and P. Harrewijn (eds). *Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Volume 2B. Elsevier, Amsterdam . pp. 231 – 247.

Gao, F., S.R. Zhu, Y.C. Sun et al. 2008. Interactive effects of elevated CO₂ and cotton cultivar on tri - trophic interaction of *Gossypium hirsutum*, *Aphis gossypii*, and *Propylaea japonica*. *Env. Entomol.* 37: 29 – 37.

Giles, K.L., R.D. Madden, R.E. Stockland, M.E. Payton and J.W. Dillwith. 2002. Host plants affect predator fitness via the nutritional value of herbivore prey: investigation of a plant – aphid – ladybeetle system. *BioControl* 47: 1 – 21.

Giorgi, J.A., N.J. Vandenberg, J.V. McHugh et al. 2009. The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biol. Control* 51: 215 – 231.

G. Milonas, G.J. Stathas, N.E. Papanikolaou, A. Skourti and Y.G. Matsinos. 2008. Life table parameters of the aphid predators *Coccinella septempunctata*, *Ceratomegilla undecimnotata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) *Eur. J. Entomol.* 105: 427–430.

Gupta, A. K., S. Srivastava, G. Mishra, K. Singh and Omkar. 2006. Survival, development and life tables of two congeneric ladybirds in aphidophagous guilds. *Insect Sci.* 13: 119 – 126.

Hagen, K. S. 1962. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annu. Rev. Entomol.* 7: 289 – 326.

Hail K. Shanna* and W.M Obeidat Voracity and conversion efficiency by larvae of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis fabae* Scop. (Homoptera: Aphididae) reared on two faba bean cultivars with different levels of resistance. *Appl. Entomol. Zool.* 41 (3): 521–527 (2006)

- 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., Dewar, A.M. and George, B.** 1989. Forecasting the incidence of virus yellows in sugar beet in England. *Annals of Applied Biology* 114, 459–469.
- Harrington, R., Tatchell, G.M. and Bale, J.S.** 1990 Weather, life cycle strategy and spring populations of aphids. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 25, 423–432.
- Harpaz, I.** 1958. Bionomics of the 11 - spotted ladybird beetle, *Coccinella undecimpunctata* L., in a subtropical climate. *Proc. 10th Int. Congr. Entomol.* Montreal 1956, 2: 657 – 659.
- Heie, O.** 1987. Palaeontology and phylogeny. In: Minks, A.K. and Harrewijn, P. (eds) *Aphids. Their Biology, Natural Enemies and Control, Volume 2A*. Elsevier, Amsterdam, pp. 367–391.
- 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.
- Hemptinne, J. L., G. Lognay, C. Gauthier and A. F. G. Dixon.** 2000. Role of surface chemical signals in egg cannibalism and intraguild predation in ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemoecology* 10: 123 – 128.
- Hemptinne, J. L., A. F. G. Dixon and B. Adam.** 2001. Do males and females of the two - spot ladybird, *Adalia bipunctata* (L.), differ in when they mature sexually? *J. Insect Behav.* 14: 411 – 419.
- H.F. van Emden and R. Harrington** 2007 *Aphids as Crops Pest*, UK by Cromwell Press, Trowbridge.
- Hille Ris Lambers, D.** 1960. Some notes on morph determination in aphids. *Entomologie Berlin* 20, 110–113.

H.K. Shannag & W.M. Obeidat Interaction between plant resistance and predation of *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae) by *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) *Annals of Applied Biology* ISSN 0003-4746 p. 1 – 3.

Hodek, I. and V. Landa. 1971. Anatomical and histological changes during dormancy in two Coccinellidae. *Entomophaga* 16: 239 – 251.

Hodek, I. 1973. *Biology of Coccinellidae*. Academia, Prague and W. Junk, The Hague. 260 pp.

Hodek, I. and M. Hodkova. 1988. Multiple role of temperature during insect diapause: a review. *Entomol. Exp. Appl.* 49: 153 – 165.

Honěk , A. and F. Kocourek. 1990. Temperature and development time in insects: a general relationship between thermal constants. *Zoologische Jahrb u cher. Abteilung f u r Systematik und O kologie der Tiere* 117: 401 – 439.

Hodek, I. 1996a. Dormancy. In I. Hodek and A. Hon eř k (eds). *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 239 – 318.

Honěk, A. and F. Kocourek. 1990. Temperature and development time in insects: a general relationship between thermal constants. *Zoologische Jahrb u cher. Abteilung f u r Systematik und O kologie der Tiere* 117: 401 – 439.

Honěk, A. 1996. Life history and development. In I. Hodek and A. Hon eř k (eds). *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 61 – 93.

Hukushima, S. and M. Kamei. 1970. Effects of various species of aphids as food on development, fecundity and longevity of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Res. Bull. Fac. Agric. Gifu Univ.* 29: 53 – 66.

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.

lablokoff - Khnzorian, S. M. 1982. *Les Coccinelles*. Soci e t e Nouvelle des E ditions Boube e e , Paris . 568 pp.

Hodek, H.F. van Emden and A. Honěk 2012 ECOLOGY AND BEHAVIOUR OF THE LADYBIRD BEETLES (COCCINELLIDAE). Blackwell Publishing Ltd UK.

Iperti , G. 1965 . Contribution a l' e tude de la specifi cit e chez les principales coccinelles aphidiphages des Alpes - Maritimes at des Basses - Alpes . *Entomophaga* 10: 159 – 178.

Iperti, G., Burn J., 1969. - Role d'une quarantaine pour la multiplication des Coccinellidae coccidiphages destines a combattre la cochenille du palmier-dattier (*Parlatoria blanchardi* Targ.) en Adar Mauritanien.- *Entomophaga*, 14: 149-157.

Jalali, M. A., L. Tirry and P. De Clercq. 2009b. Food consumption and immature growth of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) on a natural prey and a factitious food. *Eur. J. Entomol.* 106: 193 – 198.

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.

Kalushkov, P. 1998. Ten aphid species (Sternorrhyncha: Aphididae) as prey for *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *E ur. J. Entomol.* 95 : 343 – 349.

Katsoyannos, P., G. J. Stathas and D. C. Kontodimas 1997a. Phenology of *Coccinella septempunctata* (Col.: Coccinellidae) in central Greece . *Entomophaga* 42: 435 – 444.

Katsoyannos, P., D. C. Kontodimas and G. J. Stathas. 1997b. Summer diapause and winter quiescence of *Coccinella septempunctata* (Col. Coccinellidae) in central Greece. *Entomophaga* 42: 483 – 491.

Katsoyannos, P., D.C. Kontodimas and G.Stathas. 2005. Summer diapause and winter quiescence of *Hippodamia (Semiadalia) undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae) in central Greece. *Eur. J. Entomol.* 102: 453 – 457.

- Kavallieratos, N.G., C.G Athanassiou, Z. Tomanovic, G.D Papadopoulos and B.J. Vayias. 2004.** Seasonal abundance and effect of predators (Coleoptera, Coccinellidae) and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) on *Myzus persicae* (Hemiptera, Aphidoidea) densities on tobacco: a two - year study from Central Greece. *Biologia* 59: 613 – 619.
- Kawauchi, S.** 1981. The number of oviposition, hatchability and the term of oviposition of *Propylea japonica* Thunberg (Coleoptera, Coccinellidae) under different food condition. *Kontyu* 49: 183 – 191
- Kesten, U.** 1969. Zur Morphologie und Biologie von *Anatis ocellata* (L) (Coleoptera: Coccinellidae). *Z. Angew. Entomol.*63: 412 – 445.
- Klausnitzer, B. 1969b.** Zur Unterscheidung der Eier mitteleuropäischer Coccinellidae. *Acta Entomol. Bohemoslov.* 66:146 – 149.
- Klausnitzer, B. and H. Klausnitzer.** 1986. *Marienkäfer (Coccinellidae)*. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg, Lutherstadt. 104 pp.
- Lawrence, J. F. and A. F. Newton, Jr.** 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family - group names) . In J. Pakaluk and S. A. Slipinski (eds). *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera. Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy A. Crowson*. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa. pp. 775 – 1006.
- 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.
- Lees, A. D.** 1955. *The Physiology of Diapause in Arthropods*. Cambridge University Press, Cambridge. 151 pp.
- Lees, A.D.** (1960) The role of photoperiod and temperature in the determination of parthenogenetic and sexual forms in the aphid *Megoura viciae* Buckton – II. 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 No. 1.* Royal Entomological Society, 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.

Leschen, R. A. B. 2000. Beetles feeding on bugs (Coleoptera, Hemiptera): repeated shifts from mycophagous ancestors. *Invert. Taxon.* 14: 917 – 929.

Lombaert, E., T. Malausa, R. Devred and A. Estoup. 2008. Phenotypic variation in invasive and biocontrol populations of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*. *BioControl* 53: 89 – 102

Lundgren, J. G. and R. N. Wiedenmann. 2002. Coleopteran - specific Cry3Bb toxin from transgenic corn pollen does not affect the fitness of a non target species, *Coleomegilla maculata* DeGeer (Coleoptera: Coccinellidae). *Environ. Entomol.* 31: 1213 – 1218.

Macedo T.B., Bastos C.S., Higley L.G., Ostlie K.R., Madhavan S. 2003. Photosynthetic responses of soybean to soybean aphid (Homoptera: Aphididae) injury. *Journal of Economic Entomology*, 96, 188–193.

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.

Martini, X., P. Haccou, I. Olivieri and J. - L. Hemptinne. 2009. Evolution of cannibalism and female's response to oviposition - deterring pheromone in aphidophagous predators. *J. Anim. Ecol.* 78: 964 – 972.

- Majerus, M. E. N. and P. W. E. Kearns.** 1989. *Ladybirds (Naturalists' Handbooks 10)* . Richmond Publishing Co., Slough .103 pp.
- Majerus, M. E. N.** 1994. *Ladybirds*. Harper Collins Publishers, London. 367 pp.
- McLeod, P.** 1987 Effect of low temperature on *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on overwintering spinach. *Environmental Entomology* 16, 796–801.
- Moran, N.A., Munson, M.A., Baumann, P. and Ishikawa, H.** 1993 A molecular clock in endosymbiotic bacteria is calibrated using the insect hosts. *Proceedings of the Royal Society of London B* 253,167–171.
- McKenzie, H. L.** 1932. The biology and feeding habits of *Hyperaspis lateralis* Mulsant. *Calif. Univ. Pubs. Ent.* 6: 9 – 20.
- McKinlay R.G.** 1992 *Vegetable Crop Pests*. London: Macmillan Press, 406 pp.
- Miller J. C.,** 1992.- Temperature - dependent development of the convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae).- *Environmental Entomology*, 21: 197-201.
- Mills, N. J.** 1982b. Voracity, cannibalism, and coccinellid predation *Ann. Appl. Biol.* 101: 144 – 148.
- Mishra, G. and Omkar.** 2004. Diel rhythmicity of certain life events of a ladybird, *Propylea dissecta* (Mulsant) . *Biol. Rhythm Res.* 35: 269 – 276.
- Muller F.P.** 1982. Das Problem *Aphis fabae*. *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie*, 94, 432–446.
- Nakanishi, K., M. Hoshino, M. Nakai and Y. Kunimi.** 2008. Novel RNA sequences associated with late male killing in *Homona magnanima*. *Proc. Royal Soc. B - Biol. Sci.* 275: 1249 – 1254.
- Nault, L.R.** 1997 Arthropod transmission of plant viruses: a new synthesis. *Annals of the Entomological Society of America* 90, 521–541.

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.

Obrycki, J. J. and M. J. Tauber. 1981. Phenology of three coccinellid species: thermal requirements for development. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 74: 31 – 36.

Obrycki J. J., Orr C. J., 1990.- Suitability of three prey species for Nearctic populations of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata*, and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae).- *Journal of Economic Entomology*, 83 (4): 1292-1297.

Omkar and S. Srivastava. 2002. The reproductive behavior of an aphidophagous ladybeetle, *Coccinella septempunctata* Linnaeus. *Eur. J. Entomol.* 99: 465 – 470.

Omkar and A. Pervez. 2002. Influence of temperature on age-specific fecundity of the ladybeetle *Micraspis discolors* (Fabricius). *Insect Sci. Appl.* 22: 61 – 65.

Omkar and S. Srivastava. 2003. Influence of six aphid prey species on development and reproduction of a ladybird beetle, *Coccinella septempunctata*. *BioControl* 48: 379 – 393.

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

Omkar and A. Pervez. 2005. Mating behavior of an aphidophagous ladybird beetle, *Propylea dissecta* (Mulsant). *Insect Sci.* 12: 37 – 44.

Osawa, N. 1989. Sibling and non - sibling cannibalism by larvae of a lady beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera, Coccinellidae) in the field. *Res. Popul. E.*

Osawa, N. 1992a. A life table of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera, Coccinellidae) in relation to the aphid abundance. *Jpn. J. Entomol.* 60: 575 – 579. *col.* 31: 153 – 160.

Osawa, N. 1992c. Sibling cannibalism in the ladybird beetle *Harmonia axyridis*: fitness consequences for mother and offspring. *Res. Popul. Ecol.* 34: 45 – 55.

Osawa, N. 1993. Population field studies of the aphidophagous ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): life tables and key factor analysis. *Res. Popul. Ecol.* 35: 335 – 348 .

Osawa, N. 2002. Sex - dependent effects of sibling cannibalism on life history traits of the ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. J. Linn. Soc.* 76: 349 – 360.

Pal, T.K. and J.F. Lawrence. 1986. A new genus and subfamily of mycophagous Bothrideridae (Coleoptera: Cucujoidea) from the Indo - Australian Region, with notes on related families. *J. Austr. Entomol. Soc.* 25: 185 – 210.

Papachristos, D. P. and P. G. Milonas. 2008. Adverse effects of soil applied insecticides on the predatory coccinellid *Hippodamia undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biol. Contr.* 47: 77 – 81.

Peterson R.K.D., Shannon C.L., Lenssen A.W. 2004. Photosynthetic responses of Legume species to leaf-mass consumption injury. *Environmental Entomology*, 33, 450–456.

P. J. Skouras & J. T. Margaritopoulos & K. D. Zarpas & J.A. Tsitsipis Development, growth, feeding and reproduction of *Ceratomegilla undecimnotata*, *Hippodamia variegata* and *Coccinella septempunctata* fed on the tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae*, *Phytoparasitica* (2015) 43:159–169.

P.J. Skouras, G.J. Stathas 2015. Development, growth and body weight of *Hippodamia variegata* fed *Aphis fabae* in the laboratory, *Bulletin of Insectology* 68 (2): 193-198.

- P. Katsoyannos, D.C. Kontodimas and G. Stathas** 2005: Summer diapause and winter quiescence of *Hippodamia (Semiadalia) undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae) in central Greece, *Eur. J. Entomol.* 102 (3): 453-457.
- Radwan, Z. and G. L. Lovei.** 1983. Aphids as prey for the coccinellid *Exochomus quadripustulatus*. *Entomol. Exp. Appl.* 34: 283 – 286.
- Rana, J. S. and J. Kakker.** 2000. Biological studies on 7 – spot ladybird beetle, *Coccinella septempunctata* L. with cereal aphid, *Sitobion avenae* (F.) as prey. *Cereal Res. Comm.* 28: 449 – 454.
- Ricci, C. and I. Stella.** 1988. Relationship between morphology and function in some Palearctic Coccinellidae. In E.Niemczyk and A. F. G. Dixon (eds). *Ecology and Effectiveness of Aphidophaga: Proceedings of an International Symposium, Teresin, Poland, 31 August – 5 September, 1987.* SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. pp. 21 – 25.
- Remaudière and Remaudière, M.** 1997. *Catalogue des Aphididae du Monde.* INRA, Paris, 473 pp. Robert, Y. 1971. Epidémiologie de l'enroulement de la pomme de terre, capacité vectrice de stades et de formes des pucerons *Aulacorthum solani* (Kltb.), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) et *Myzus persicae* (Sulz.). *Potato Research* 14, 130–139.
- 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.
- Robertson, J. A., M. F. Whiting and J. V. McHugh.** 2008. Searching for natural lineages within the Cerylonid Series (Coleoptera: Cucujoidea). *Mol. Phyl. Evol.* 46: 193 – 205.
- Rodriguez - Saona C. Miller J. C.,** 1999. Temperature dependent effects on development, mortality, and growth of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae).- *Environmental Entomology*, 28 (3): 518-522.
- Saunders, D. S.** 2002. *Insect Clocks.* Elsevier, Amsterdam. 560 pp.

Shands, W.A., R.L. Holmes and G. W. Simpson. 1970. Improved laboratory production of eggs of *Coccinella septempunctata*. *J. Econ. Entomol.* 63: 315 – 317.

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.

Simmons, A. M., J. C. Legaspi and B. C. Legaspi. 2008. Responses of *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae), to relative humidity: oviposition, hatch, and immature survival. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101: 378 – 383.

Slipinski, S. A. and Pakaluk, J. 1992. Problems in the classification of the Cerylonid series of Cucujoidea (Coleoptera). In M. Zunino, X. Belles and M. Blas (eds). *Advances in Coleopterology*. 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. *Austr. J. Exp. Agric.* 39: 995 – 1000.

Solomon, M. E. 1949. The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.* 18: 1 – 35.

Stathas, G.J. 2000. The effect of temperature on the development of the predator *Rhyzobius lophanthae* and its phenology in Greece. *BioControl* 45: 439 – 451.

Stewart, L. A., A.F.G. Dixon, Z. Ruzicka and G. Iperiti. 1991a. Clutch and egg size in ladybird beetles. *Entomophaga* 36: 329 – 333.

Stewart, L. A., J.L. Hemptinne and A.F.G. Dixon. 1991b. Reproductive tactics of ladybird beetles – relationships between egg size, ovariole number and developmental time. *Func. Ecol.* 5: 380 – 385.

Sutherland, A.M. and M. P. Parrella. 2009. Mycophagy in Coccinellidae: review and synthesis. *Biol. Contr.* 51: 284 – 293.

Takeuchi, M., A. Shimizu, A. Ishihara and M. Tamura. 1999. Larval diapause induction and termination in a phytophagous lady beetle, *Epilachna admirabilis* Crotch (Coleoptera: Coccinellidae). *Appl. Entomol. Zool.* 34: 475 – 479.

Taylor, M.S., Harrington, R. and Clark, S.J. 1998. Unseasonal male aphids. In: Nieto Nafria, J.M. and Dixon, A.F.G. (eds) *Aphids in Natural and Managed Ecosystems*. Universidad de León, León, pp. 287–294.

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

Ueno, H. 2003. Genetic variation in larval period and pupal mass in an aphidophagous ladybird beetle (*Harmonia axyridis*) reared in different environments. *Entomol. Exp. Appl.* 106: 211 – 218.

Waldbauer, G. P. 1964. The consumption, digestion and utilization of solanaceous and non-solanaceous plants by larvae of the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan) (Lepidoptera: Sphingidae). *Entomol. Exp. Appl.* 7: 253 – 269.

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.

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.

Warrington S., Cottam D.A., Whittaker J.B. 1989. Effects of insect damage on photosynthesis, transpiration and SO₂ uptake by sycamore. *Oecologia*, 80, 136–139.

Way, M.J. and Banks, C.J. 1967. Intra-specific mechanisms in relation to the natural regulation of numbers of *Aphis fabae* Scop. *Annals of Applied Biology* 59, 189–205.

Wells, M.L., R.M. McPherson, J. R. Ruberson and G. A. Herzog. 1999. Coccinellids in cotton: population response to pesticide application and feeding response to cotton aphids (Homoptera: Aphididae) . *Environ. Entomol.* 30 : 785 – 793 .

Welter S.C. 1989 Arthropod impact on plant gas exchange. In Plant-Insect Interactions. Vol. I, Ed. E.A. Bernays, pp. 135–150. Boca Raton, FL: CRC Press.

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.

Wright , E. J. and J. E. Laing . 1978. The effects on temperature on development, adult longevity and fecundity of *Coleomegilla maculata lengi* and its parasite, *Perilitus coccinellae* . *Proc. Entomol. Soc. Ontario* 109 : 33 – 47 .

Zarpas, K. D., Margaritopoulos, J. T., & Tsitsipis, J. A. 2007. Life histories of generalist predatory species, control agents of the cotton aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Entomologia Generalis*, 30(1), 085–102.

Ελληνική βιβλιογραφία:

Κατσαρού: 2001 Επίδραση της θερμοκρασίας στις δημογραφικές παραμέτρους των αρπακτικών Κολεοπτέρων *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville και *Coccinella septempunctata* L. Πτυχιακή εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Κούκι Ε. 2004 Μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας στο αρπακτικό *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae). Πτυχιακή εργασία. Καλαμάτα, Τ.Ε.Ι. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

Λουλουδάκης Ι. 2017 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΤΟ ΑΡΠΑΚΤΙΚΟ *COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA*. Πτυχιακή εργασία. Καλαμάτα, Τ.Ε.Ι. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ.

Ναβροζίδης Ι. Εμμανουήλ -Ανδρεάδης Σ. Στέφανος 2012 Ειδική Γεωργική Εντομολογία. Εκδόσεις CITY PUBLISH

Παναγιώτης Α. Ηλιόπουλος 2009 Γενική Γεωργική Ζωολογία και Εντομολογία. Εκδόσεις Έμβρυο

Σκούρας Π.Ι. 2009 Μελέτη της βιο-οικολογίας, της γενετικής πληθυσμών και της ανθεκτικότητας σε εντομοκτόνα της αφίδας *Myzus persicae* και αρπακτικών της. Διδακτορική διατριβή. Νέα Ιωνία Μαγνησίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Σουρμπάτης Π.Ν. 2016 Έλεγχος πληθυσμών του *Myzus persicae* για τη μεταλλαγή R81T που προσδίδει ανθεκτικότητα σε νεονικοτινοειδή εντομοκτόνα. Πτυχιακή εργασία. Λάρισα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Τζανακάκης Μ.Ε. 1995 Εντομολογία, University Studio Press

Φάνης Τσαπικούνης 1996 Βιολογική και Ολοκληρωμένη Καταπολέμηση στο Θερμοκήπιο, Εκδόσεις Σταμούλη

Aldo Pollini-Ivan Ponti-Franco Laffi 2002 ΕΧΘΡΟΙ ΤΩΝ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ. Εκδόσεις ZEUS AE

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία:

en.wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Hippodamia_undecimnotata

Τελευταία επίσκεψη 21/9/2018.

eol.org: <http://eol.org/pages/588006/overview> Τελευταία επίσκεψη 19/9/2018.

Influentialpoints.com: [http://influentialpoints.com/aphid/Aphid-](http://influentialpoints.com/aphid/Aphid-nymphs_biology_morphology.htm)

[nymphs_biology_morphology.htm](http://influentialpoints.com/aphid/Aphid-nymphs_biology_morphology.htm) Τελευταία επίσκεψη 30/8/2018.