

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
Φοιτήτρια: Νυχά Ελένη**



«Μελέτη της μορφολογικής παραλλακτικότητας και της κατηγορίας βιολογικού κύκλου σε παρθενογενετικές σειρές *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) από Ν. Αφρική (Katsaga, Zimbabwe)».

ΒΟΛΟΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2004



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

Αριθ. Εισ.: 4193/1
Ημερ. Εισ.: 15-12-2004
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2004
NYX

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ι. Α. Τσιτσιπής, Επιβλέπων Καθηγητής : Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Π. Θ

Π. Λόλας : Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Π. Θ, Μέλος.

Ν. Παπαδόπουλος : Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος Π. Θ, Μέλος.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα εργασία μελετάται η μορφολογική παραλλακτικότητα και η κατηγορία του βιολογικού κύκλου σε παρθενογενετικές σειρές του *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) από περιοχή της Ν. Αφρικής (Katsaga, Zimbabwe).

Η πτυχιακή διατριβή αποτελείται από δύο μέρη. Το γενικό μέρος, στο οποίο περιγράφεται ο βιολογικός κύκλος των αφίδων, ο πολυμορφισμός που εμφανίζουν, η γενετική τους παραλλακτικότητα και οι υπάρχουσες μέθοδοι μελέτης της, σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Στο ειδικό μέρος αναφέρονται ειδικές πληροφορίες για την αφίδα *Myzus persicae*, τη διαδικασία του πειράματος, που διεξήχθη στο Εργαστήριο Εντομολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τα αποτελέσματά του, καθώς επίσης τα συμπεράσματα μετά από ανασκόπηση της ανάλογης βιβλιογραφίας για το συγκεκριμένο θέμα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ι. Α. Τσιτσιπή για την επιλογή του θέματος, την βοήθεια και την πολύτιμη καθοδήγησή του.

Θερμές ευχαριστίες αποδίδονται στον διδάκτορα κ. Ι. Μαργαριτόπουλο, για τις πολύτιμες γνώσεις που έλαβα και την βοήθεια που μου παρείχε καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Καθηγητή κ. Π. Λόλα και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ν. Παπαδόπουλο για τις διορθώσεις-υποδείξεις που έκαναν, ως μέλη της εξεταστικής επιτροπής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στον υποψήφιο διδάκτορα κ. Κωνσταντίνο Ζάρπα, στη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Μαρία Τζώρτζη, στην προπτυχιακή φοιτήτρια Δήμητρα Ζαγάκου, καθώς και στο προσωπικό του εργαστηρίου για τη βοήθεια και τη συμπαράσταση που μου πρόσφεραν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, τους φίλους μου και τον ιδιαίτερο φίλο μου Κωνσταντίνο Ασάρβελη για την αγάπη, την συμπαράσταση και την υπομονή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος

Ευχαριστίες

A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

| | |
|-----------------------------------------------------|-------|
| Περίληψη | 7-8 |
| 1. Εισαγωγή..... | 9-11 |
| 2. Βιολογικός κύκλος..... | 11-13 |
| 3. Μορφές αφίδων..... | 13 |
| Α) θεμελιωτικό..... | 14 |
| Β) Παρθενογενετικά θηλυκά..... | 14 |
| Γ) Θηλυτόκα..... | 15 |
| Δ) Ωτοτόκα..... | 15-16 |
| Ε) Αρσενικά..... | 16-17 |
| ΣΤ) Διαχειμάζουσες μορφές | 17 |
| Ζ) Διαθερίζουσες μορφές | 17 |
| Η) Μορφές διαφορετικού χρώματος | 18 |
| Θ) Στρατιώτες..... | 18 |
| Ι) Ειδικέ μεταναστευτικές μορφές..... | 18 |
| 4. Γενετική παραλλακτικότητα..... | 18 |
| Α) Γενικά..... | 18-22 |
| Β) Μέθοδοι μελέτης γενετικής παραλλακτικότητας..... | 23 |
| α) Σωματομετρία..... | 23-27 |
| β) Μοριακές μέθοδοι | 27-28 |
| 5. <i>Myzus persicae</i> (Sulzer)..... | 29-32 |
| 6. Σκοπός της εργασίας | 33 |

B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

| | |
|---------------------------|-------|
| 1. Εισαγωγή | 35-37 |
| 2. Υλικά και μέθοδοι..... | 37-41 |
| 3. Αποτελέσματα..... | 42-48 |
| 4. Συζήτηση..... | 49-51 |
| Βιβλιογραφία | 52-58 |
| Abstract..... | 59 |

A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν η κατηγορία του βιολογικού κύκλου και τα μορφολογικά χαρακτηριστικά 17 παρθενογενετικών σειρών της αφίδας *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), που συλλέχθηκαν από την Ν. Αφρική (Katsaga, Zimbabwe) από καπνό και εκτράφηκαν σε φύλλα πιπεριάς κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες.

Για την μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών οι παρθενογενετικές σειρές εκτράφηκαν σε φύλλα πατάτας στους 17°C και συνθήκες μακράς ημέρας L16:D8. Περίπου δέκα ενήλικα άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά από κάθε παρθενογενετική σειρά έγιναν μόνιμα παρασκευάσματα (slides). Σε κάθε άτομο μετρήθηκαν συνολικά εννέα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Τα δεδομένα από τις 17 παρθενογενετικές σειρές επεξεργάστηκαν ταυτόχρονα μαζί με σειρές που συλλέχθηκαν από ροδάκινα από την περιοχή των Λεχωνίων (περιοχή της Κεντρικής Ανατολικής Ελλάδας) την περίοδο 1995-1997, οι οποίες ήταν μακριά από περιοχές με καπνό, με σειρές από καπνό που συλλέχθηκαν από το Ναύπλιο (Νότια Ελλάδα) το 1999 και ήταν ανολοκυκλικές, με κλωνικές αποικίες καπνού από την Caserta της Ιταλίας (κοντά στη Νάπολη) οι οποίοι συλλέχθηκαν το 2000 και το 2002, που ήταν επίσης ανολοκυκλικές και με σειρές ροδακίνων από την Caserta της Ιταλίας το 2001 και το 2002, που ήταν κοντά σε καπνό. Η σύγκριση έγινε με τη μέθοδο της Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών (Canonical Variates Analysis, CVA), προκειμένου να εξετασθεί ο διαχωρισμός τους. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων έδειξαν ότι οι παρθενογενετικές σειρές διαφοροποιούνται από την ομάδα των αφίδων που έχουν συλλεχθεί από ροδακινιές και έχουν μελετηθεί στο παρελθόν και ομαδοποιούνται στην ομάδα των αφίδων που έχουν συλλεχθεί από καπνό.

Για τη μελέτη της κατηγορίας του βιολογικού κύκλου οι παρθενογενετικές σειρές εκτράφηκαν σε φύλλα πιπεριάς για τρεις γενιές σε συνθήκες μικρής ημέρας L10:D14 στους 17°C. Τα περισσότερα άτομα της G₂ γενιάς ήταν άπτερα, ενώ τα πτερωτά έδωσαν στην G₃ γενιά άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά, με αποτέλεσμα να θεωρηθεί ότι ο βιολογικός κύκλος των συγκεκριμένων παρθενογενετικών σειρών είναι ανολοκυκλικός.



Χάρτης Νοτίου Αφρικής: Ακριβής τοποθεσία της χώρας προέλευσης (Zimbabwe) των παρθενογενετικών σειρών *M. Persicae*, που αποτελούν αντικείμενο της συγκεκριμένης μελέτης

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αφίδες είναι μικρόσωμα έντομα με μαλακό σώμα, το οποίο έχει μήκος μεταξύ 1-10 mm, και απομυζούν τα φυτά. Ανήκουν στην υπερκοινογένεια *Aphidoidea* στη σειρά *Sternorrhyncha* της τάξης *Homoptera*, στην οποία έχουν περιγραφεί περίπου 4000 είδη (Remaudiere and Remaudiere 1997). Είναι έντομα γνωστά με τα κοινά ονόματα μελίγκρα, ψείρα, μέλουργα και φυτόψειρα. Τα χαρακτηριστικά που τα διακρίνουν από τα άλλα έντομα είναι η ιδιομορφία του βιολογικού τους κύκλου, η στενή τους σχέση με το φυτό ξενιστή, ο πολυμορφισμός τους και η ικανότητά τους να αναπαράγονται αγενώς και εγγενώς. Οι αφίδες απαντώνται περισσότερο στις εύκρατες περιοχές, η φυτική μάζα των οποίων προσβάλλεται από αυτές κατά ποσοστό 25%. Υπάρχουν για σχεδόν 280 εκατομμύρια χρόνια και από την αρχή είχαν μικρό μέγεθος και αναπαράγονταν παρθενογενετικά (Dixon 1998).

Τα περισσότερο ευκρινή διαγνωστικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των αφίδων είναι τα εξής : α) η βάση του στιλέτου βρίσκεται ανάμεσα και πίσω από το ισχίο των μπροστινών ποδιών, β) οι κεραίες έχουν δύο κοντά και φαρδιά τμήματα στη βάση και ένα λεπτότερο μαστίγιο, το τελευταίο τμήμα του οποίου αποτελείται από ένα πλησιέστερο τμήμα και ένα πιο λεπτό απομακρυσμένο, την τελική απόληξη του τελευταίου άρθρου της κεραίας, γ) υπάρχει ένας οπτικός λοβός, που αποτελείται από τρεις φακούς που βρίσκεται πίσω από κάθε σύνθετο οφθαλμό, δ) ο ταρσός έχει δύο άρθρα, ε) τα φτερά έχουν μόνο μία εμφανή οριζόντια νεύρωση, στ) υπάρχει ένα ζευγάρι σιφωνίων στο ραχιαίο μέρος του πέμπτου κοιλιακού τμήματος και ζ) στην άκρη της κοιλιάς υπάρχει μια απόφυση, που λέγεται ουρίτσα ή ουρά (cauda). Ρόλος των σιφωνίων είναι η απελευθέρωση φερομόνης συναγερμού όταν προσβληθεί ή εκτεθεί σε κίνδυνο η αφίδα από κάποιο εχθρό, προκαλώντας τη διασπορά των υπολοίπων αφίδων που βρίσκονται πλησίον της (Dixon 1998).

Ζουν κυρίως σε τρυφερούς βλαστούς και τρυφερά φύλλα διαφόρων φυτών. Μερικά είδη είναι ριζόβια (προσβάλλουν τις ρίζες) ή φυλλόβια και ριζόβια (προσβάλλουν φύλλα και ρίζες) και αρκετά είναι κηκιδόβια (ζουν μέσα σε κηκίδες που δημιουργούνται στο φύλλωμα των φυτών ξενιστών τους), όπου τρέφονται π.χ. *Pemphigus betae* Doane (Hemiptera: Aphididae). Ζουν συνήθως σε ομάδες το ένα κοντά στο άλλο με την κεφαλή συνήθως προς τη βάση του βλαστού ή του φύλλου, δημιουργώντας αποικίες και την άνοιξη μπορεί να σκεπάσουν ολόκληρο το κορυφαίο

μέρος των νέων βλαστών ορισμένων φυτών. Είναι έντομα στρατηγικής "r", δηλαδή αναπτύσσουν πολύ μεγάλους πληθυσμούς, μεταφέρονται πολύ γρήγορα και αποικίζουν αποτελεσματικά τους ξενιστές τους. Όταν οι βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες (π. χ. θερμοκρασία, φυσικοί εχθροί) το επιτρέπουν, έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν τεράστιους πληθυσμούς στις καλλιέργειες.

Ένας σημαντικός παράγοντας ελέγχου των αφίδων είναι οι φυσικοί εχθροί, που σε μερικές περιπτώσεις τις ελέγχουν ικανοποιητικά. Από τους φυσικούς εχθρούς είναι αρπακτικά : Δίπτερα (Syrphidae, Cecidomyiidae), Νευρόπτερα (Chrysopidae, Hemerobiidae), Κολεόπτερα (Coccinellidae, Carabidae, Staphyllinidae), παρασιτοειδή : Υμενόπτερα (Proctotrupidae, Chalcididae, Braconidae, Aphidiidae) και εντομοπαθογόνοι μύκητες των γενών όπως *Empusa*, *Entomophthora* και *Verticillium*.

Αρκετές ή όλες οι γενιές αποτελούνται από παρθενογενετικά θηλυκά, τα οποία είναι άπτερα ή πτερωτά. Τα είδη, στα οποία περίοδοι μη σεξουαλικής αναπαραγωγής εναλλάσσονται με περιόδους σεξουαλικής αναπαραγωγής, είναι γνωστό ότι παρουσιάζουν κυκλική παρθενογένεση. Τα θηλυκά των παρθενογενετικών γενοτύπων είναι ζωοτόκα, ενώ της γενιάς που αναπαράγεται εγγενώς είναι ωοτόκα.

Οι αφίδες είναι μυζητικά έντομα. Άμεσα προκαλούν ζημιά στα φυτά, αφαιρώντας μεγάλη ποσότητα χυμού από αυτά και το νύγμα πολλών ειδών προκαλεί συστρόφη των φύλλων. Τα άφθονα μελιτώδη απεκκρίματα ορισμένων ειδών ρυπαίνουν το φύλλωμα και τους καρπούς και ευνοούν την ανάπτυξη καπνιάς, που δημιουργείται από ανάπτυξη σαπροφυτικών μυκήτων. Έμμεσα προκαλούν ζημιές καθώς αποτελούν μια από τις κυριότερες κατηγορίες εντόμων, που μεταδίδουν στα φυτά παθογόνους ιούς. Ορισμένα είδη, όπως το *Myzus persicae*, είναι φορείς πολλών σοβαρών ιώσεων των καλλιεργούμενων φυτών (van Emdem *et al.* 1969, Blackman & Eastop 1984). Οι πυκνοί συνήθως πληθυσμοί τους, ο μεγάλος αριθμός γενεών το έτος, που συχνά ξεπερνά τις 10, και η μετάδοση ιών στα φυτά κατατάσσουν τις αφίδες ανάμεσα στους πιο βλαβερούς εχθρούς των καλλιεργούμενων φυτών.

Ο πληθυσμός των αφίδων μεγιστοποιείται τη άνοιξη και το φθινόπωρο, δηλαδή όταν ο καιρός είναι μετρίως θερμός και υγρός. Την άνοιξη τα παρθενογενετικά θηλυκά αναπαράγονται ταχύτατα γιατί οι συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες και τα άφθονα τρυφερά φύλλα και βλαστοί ευνοούν την ανάπτυξή τους. Σε κλίματα όπως της Ελλάδας, οι θερμοί και ξηροί μήνες του καλοκαιριού δεν ευνοούν τη συνεχή αναπαραγωγή των αφίδων και οι πληθυσμοί τους τότε περιορίζονται σημαντικά

(Τζανακάκης 1980). Το μέγιστο των συλλήψεων των πτερωτών αφίδων σε αναρροφητικές παγίδες τύπου *Rothamsted*, παρουσιάζεται τους μήνες Μάιο-Ιούνιο κατά την περίοδο που πολλές καλοκαιρινές καλλιέργειες βρίσκονται σε ευαίσθητο στάδιο ανάπτυξης (Tsitsipis et al. 1977).

2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΤΩΝ ΑΦΙΔΩΝ

Ο βιολογικός κύκλος των αφίδων διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα αν εναλλάσσουν ξενιστή ή όχι. Κατά αυτόν τον τρόπο έχουμε τις μονόοικες (μη μεταναστευτικές) και τις ετερόοικες (μεταναστευτικές) αφίδες. Κατά τη διάρκεια του έτους τα μονόοικα είδη παραμένουν και τρέφονται στο ίδιο πολυετές ή ποώδες φυτό, ενώ τα ετερόοικα μεταναστεύουν από τον πρωτεύοντα ξενιστή, που είναι κυρίως δέντρο, σε άλλους δευτερεύοντες, οι οποίοι είναι κυρίως ποώδη φυτά, το καλοκαίρι. Στους δευτερεύοντες ξενιστές παραμένουν από το φθινόπωρο ως το χειμώνα και την άνοιξη. Περίπου το 10% των αφίδων είναι ετερόοικες, όπως η αφίδα των μηλοειδών *Dysaphis plantaginea* Passerini, η οποία έχει ως πρωτεύοντα ξενιστή τη μηλιά *Pyrus malus* L. και ως δευτερεύοντα ξενιστή το αυτοφύες *Plantago lanceolata* L. (πεντάνευρο).

Στα ετερόοικα είδη αφίδων τα χειμερινά ωά γεννιούνται στο φλοιό του κορμού του κύριου ξενιστή το φθινόπωρο. Η εκκόλαση των ωών γίνεται την άνοιξη και προκύπτουν άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά, που λέγονται θεμελιωτικά ή ιδρυτικά άτομα (*fundatrix*). Ακολουθούν παρθενογενετικές γενιές με άπτερα που παρουσιάζουν προοδευτικές μορφολογικές μεταβολές (Lees 1966). Μετά από ορισμένο αριθμό γενεών γεννιούνται τα πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά (*alatae*). Αυτά διασπείρονται σε φυτά του ίδιου είδους με τον κύριο ξενιστή ή μεταναστεύουν στους δευτερεύοντες ποώδεις ξενιστές. Στους τελευταίους ξενιστές έχουμε εναλλαγή παρθενογενετικών γενεών, την άνοιξη και το καλοκαίρι. Παράλληλα, παράγονται και πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά (*alatae alienicolae*), που μεταναστεύουν σε άλλα φυτά και έτσι συνεχίζεται η παρθενογενετική αναπαραγωγή. Κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, όταν η ημέρα μικραίνει, παράγονται στα Aphididae, στο δευτερεύοντα ξενιστή, θηλυτόκα πτερωτά (*gynoparae*) και αρσενικά, τα οποία μεταναστεύουν στον κύριο ξενιστή. Από τα παραπάνω θηλυτόκα θα γεννηθούν τα θηλυκά (*oviparae*), τα

οποία μετά από σύζευξη με τα αρσενικά θα εναποθέσουν τα χειμερινά ωά. Στα ετερόοικα είδη άλλων οικογενειών παράγεται στους δευτερεύοντες ξενιστές μια μόνο μεταναστευτική μορφή, τα πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά που ονομάζονται φυλογόνα (sexuparae). Αυτά με τη σειρά τους μεταφέρονται στον πρωτεύοντα ξενιστή, όπου και γεννούν άπτερα αρσενικά και ωοτόκα θηλυκά. Τα φυλογόνα που επιστρέφουν στον πρωτεύοντα ξενιστή, παρουσιάζουν μορφολογικές διαφορές από αυτά που μεταναστεύουν την άνοιξη στους δευτερεύοντες ξενιστές (Blackman & Eastop 1984).

Στα μονόοικα είδη, τα οποία πιστεύεται ότι είναι αποτέλεσμα της εξέλιξης των ετερόοικων (Dixon 1998), ο ετήσιος κύκλος πραγματοποιείται στο ίδιο φυτό ή σε φυτά του ίδιου είδους. Τα άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά (φυλογόνα) θα γεννήσουν ωοτόκα και άπτερα αρσενικά το φθινόπωρο. Τα αρσενικά δε χρειάζεται να μεταναστεύσουν για να ολοκληρωθεί ο βιολογικός τους κύκλος, για αυτό είναι και άπτερα.

Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες βιολογικού κύκλου : ο ολοκυκλικός, ο ανολοκυκλικός, ο ανδροκυκλικός και οι ενδιάμεσοι. Κατά τον ολοκυκλικό κύκλο, τα άτομα αναπαράγονται σεξουαλικά και το φθινόπωρο δίνουν αρσενικά και ωοτόκα, τα οποία μετά από την μεταξύ τους σύζευξη, θα δώσουν ωά, που στη συνέχεια θα διαχειμάσουν (κυκλική παρθενογένεση). Αντίθετα, κατά τον ανολοκυκλικό κύκλο οι κλώνοι δεν αναπαράγονται σεξουαλικά, αλλά με παρθενογενετικές μορφές, με τις οποίες και διαχειμάζουν, σε αυτοφυή φυτά ή σε χειμερινές καλλιέργειες. Στην περίπτωση του ανδροκυκλικού κύκλου, οι κλώνοι παράγουν το φθινόπωρο παρθενογενετικά θηλυκά και λίγα αρσενικά, τα οποία αρσενικά μπορούν να συζευχθούν με ολοκυκλικούς κλώνους (Blackman 1971, 1972, Simon 1991). Οι ενδιάμεσοι κλώνοι σε μία περίοδο, μπορούν να παράγουν παρθενογενετικά άτομα και μικρό αριθμό αρσενικών και ωοτόκων.

Έχουν βρεθεί είδη αφίδων μερικώς ανολοκυκλικά, των οποίων οι ανολοκυκλικοί γενότυποι είτε βρίσκονται στην ίδια περιοχή μαζί με ολοκυκλικούς είτε σε άλλες περιοχές του εύρους εξάπλωσης του είδους (Blackman & Eastop 2000). Οι αποκλειστικά ανολοκυκλικοί κλώνοι, που αποτελούν μόνο το 3% των αφίδων, έχουν την ικανότητα να αποκτήσουν ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα, να αποικίσουν ανθεκτικές ποικιλίες και να παρουσιάσουν υψηλότερο ρυθμό αύξησης (Blackman 1980). Από την άλλη πλευρά όμως ο εγγενής τρόπος αναπαραγωγής, παρέχει στις αφίδες δυνατότητα προσαρμογής και επιβίωσης.

Σε αυτό το σημείο είναι θεμιτό να αναφερθούν λίγα λόγια για την παρθενογενετική αναπαραγωγή. Αυτή αναπτύχθηκε στις αφίδες πριν από περίπου 200 εκατομμύρια χρόνια και έχει κυρίαρχη σημασία για τον καθορισμό της δομής του πληθυσμού τους και τους υψηλούς ρυθμούς αύξησης. Θεωρείται ότι ο πολυμορφισμός και η τηλεσκόπηση των γενεών είναι αποτέλεσμα της εξέλιξης την παρθενογενετικής αναπαραγωγής. Έτσι, δεν καταναλώνεται χρόνος για το στάδιο του αυγού, αλλά αντίθετα τα έμβρυα αναπτύσσονται στο σώμα της μητέρας και είναι έτοιμα να αρχίσουν να τρέφονται ακριβώς μετά την γέννησή τους. Κατά αυτόν τον τρόπο, πριν γεννηθούν τα μικρά, υπάρχουν στη μητέρα τα έμβρυα της επόμενης γενιάς. Με την αποφυγή της σύζευξης δεν εξοικονομείται μόνο χρόνος, αλλά και ενέργεια. Το 1975 ο Bonnet έδειξε ότι οι αφίδες μπορούν να πολλαπλασιάζονται χωρίς γονιμοποίηση μέχρι και για δέκα γενιές. Ωστόσο η σεξουαλική αναπαραγωγή είναι ο κύριος τρόπος νέων συνδυασμών γονιδίων και σημαντικός για την επιβίωσή τους και εμφανίζει μια ετήσια περιοδικότητα (Dixon 1998).

3.ΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ ΑΦΙΔΩΝ

Χαρακτηριστικό του βιολογικού κύκλου των εντόμων είναι το φαινόμενο του πολυμορφισμού μεταξύ των κλώνων, ο οποίος είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος (Richards, 1961) και αναφέρεται σε κατηγορίες εντόμων του ίδιου είδους με συγκεκριμένα μορφολογικά και βιολογικά χαρακτηριστικά. Όσον αφορά τον πολυμορφισμό στις αφίδες, αυτός εμφανίζεται στα ενήλικα άτομα και στις νύμφες και σχετίζεται με δύο βιολογικά χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής τους, την εναλλαγή σεξουαλικών και παρθενογενετικών γενεών και την εποχιακή εναλλαγή ξενιστών. Τουλάχιστον δύο με τρεις μορφές διαφορετικών ενήλικων θηλυκών φαινοτύπων μπορούν να διακριθούν κατά τη διάρκεια της ζωής των κλώνων. Αυτοί οι φαινότυποι προσδιορίζονται ως μορφές κατά τους Müller (1961a) και Hille Ris Lambers (1960). Οι παρακάτω διαχωρισμοί γίνονται με βάση τις αναφορές των Lees (1960) και Hille Ris Lambers (1960).

A) ΘΕΜΕΛΙΩΤΙΚΟ (FUNDATRIX)

Το θεμελιωτικό αποτελεί την πρώτη παρθενογενετική γενιά που προκύπτει από το διαχειμάζον ωό και είναι συνήθως άπτερη μορφή που εκκολάπτεται από το γονιμοποιημένο ωό. Σε ορισμένα είδη, όπως στα Drepanosiphidae και σε μερικές άλλες αφίδες, είναι πτερωτό (Lampel 1968, Heie 1980). Το θεμελιακό συγκρινόμενο με το παρθενογενετικό που προκύπτει στις επόμενες γενιές, διαφέρει μορφολογικά και βιολογικά. Έχει στρογγυλό σώμα, μικρότερο κεφάλι σε σχέση με το σώμα, κοντύτερες κεραιές και σιφώνια και ορισμένες φορές λιγότερο ανεπτυγμένα μάτια. Αυτή η μορφή θεωρείται η πιο προσαρμοσμένη στον πρωτεύοντα ξενιστή και παράγονται άτομα παρθενογενετικά για ορισμένο αριθμό γενεών.

B) ΠΑΡΘΕΝΟΓΕΝΕΤΙΚΑ ΘΗΛΥΚΑ

Τα παρθενογενετικά θηλυκά ακολουθούν τα θεμελιωτικά, προκύπτουν από τις παρθενογενετικές γενιές και διακρίνονται σε άπτερα και πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά, τα άπτερα έχουν προκύψει από τα πτερωτά κατά την εξέλιξη των αφίδων (Johnson & Birks 1960). Στα ετερόουικα είδη η ακολουθία της παρθενογένεσης, διαχωρίζεται σε δύο φάσεις σε σχέση με τον ξενιστή, αρχικά στον πρωτεύοντα και η άλλη φάση στο δευτερεύοντα. Μετά το θεμελιωτικό, προκύπτουν τα άπτερα παρθενογενετικά. Μετά από ορισμένες γενιές άπτερων προκύπτουν τα πτερωτά που παραμένουν στον πρωτεύοντα ξενιστή ή θα μεταναστεύσουν στο δευτερεύοντα. Τα παρθενογενετικά θηλυκά (πτερωτά και άπτερα) που παράγονται στον πρωτεύοντα ξενιστή, ονομάζονται fundatrigeniae, ενώ τα θηλυκά που παράγονται στο δευτερεύοντα ξενιστή alienicolae (exules). Εκτός από τις διαφορές που διακρίνουν τις δύο μορφές ως προς την προτίμηση σε ξενιστές και στο περιβάλλον ανάπτυξης, διαφέρουν και μορφολογικά, ως προς το σχήμα του κεφαλιού ή και ολόκληρου του σώματος καθώς και ως προς άλλα χαρακτηριστικά.

Γ) ΘΗΛΥΤΟΚΑ

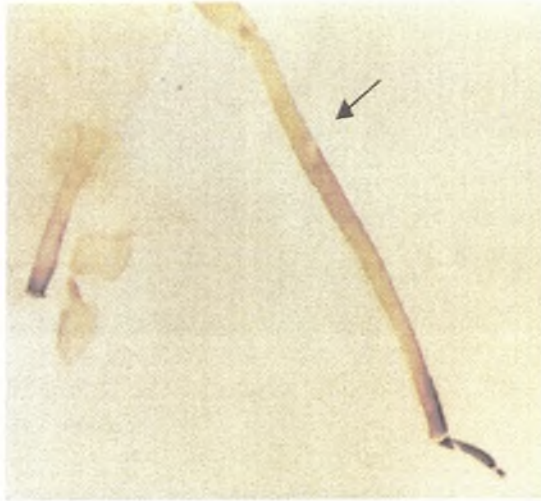
Τα θηλυτόκα στα ετερόοικα είδη παράγονται στο δευτερεύοντα ξενιστή από άπτερα θηλυκά κάτω από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες (π. χ. μικρή φωτοπερίοδος και χαμηλή θερμοκρασία). Τα θηλυτόκα είναι πτερωτά και μεταναστεύουν στον πρωτεύοντα ξενιστή, όπου θα αποθέσουν τα σεξουαλικά θηλυκά. Σε ορισμένα είδη *Aphididae*, το ίδιο άπτερο θηλυκό μπορεί να δώσει αρσενικά και σεξουαλικά θηλυκά καθώς και να παράγει παρθενογενετικά θηλυκά. Τα θηλυκά αυτά χαρακτηρίζονται ως «ενδιάμεσα». Στα *Pemphigidae* χαρακτηρίζονται ως φυλογόνα τα πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά, τα οποία παράγουν αρσενικά και σεξουαλικά θηλυκά αλλά όχι παρθενογενετικά θηλυκά.

Δ) ΩΟΤΟΚΑ

Αποτελούν τα σεξουαλικά θηλυκά τα οποία προκύπτουν από τα θηλυτόκα στα ετερόοικα είδη ή τα φυλογόνα στα μονόοικα είδη και είναι αυτά που θα συζευχθούν με τα αρσενικά και θα εναποθέσουν το χειμερινό ωό (Εικόνα 1). Είναι κυρίως άπτερα με ορισμένες εξαιρέσεις. Στα *Aphididae* διαφέρουν μορφολογικά από τα άπτερα θηλυκά, από την ελαφρά εξογκωμένη κνήμη των πίσω ποδιών, η οποία φέρει πλάκες από ρινάρια που εκκρίνουν φερομόνη για την προσέλκυση των αρσενικών (Εικόνα 2). Επίσης οι κεραίες, τα πόδια, τα σιφόνια και η ουρίτσα είναι συχνά κοντύτερα.



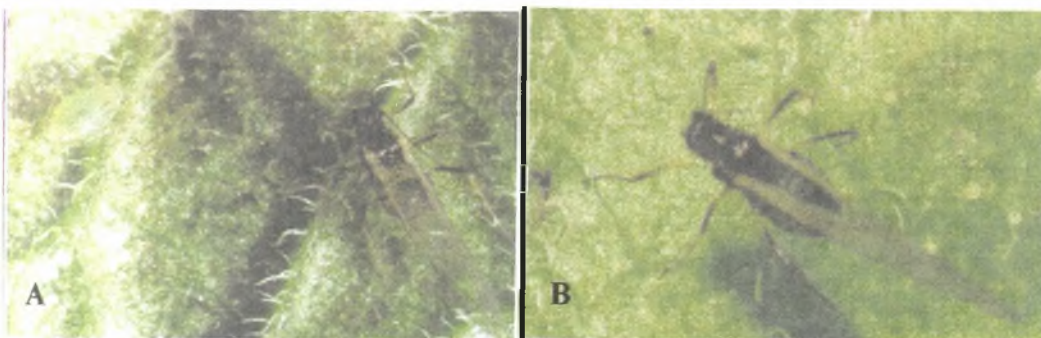
Εικόνα 1. Φωτογραφία ωοτόκου θηλυκού (ονίπαρα) του *Myzus Persicae*.

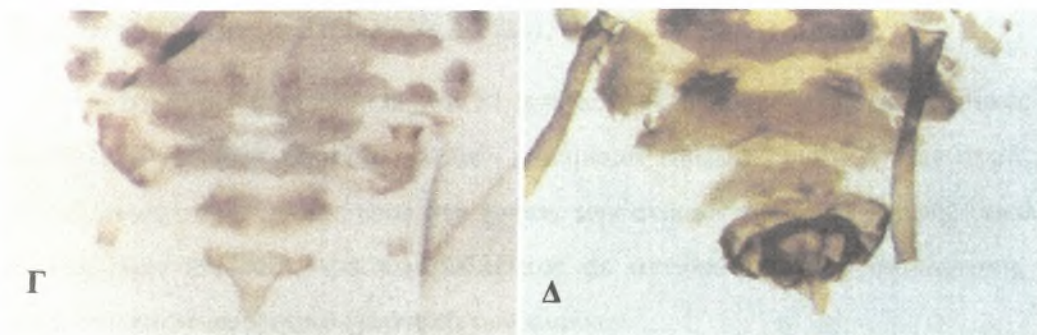


Εικόνα 2. Μόνιμο παρασκεύασμα του τελευταίου ποδιού του φωτόκου θηλυκού του *Myzus persicae*, όπου διακρίνονται στην κνήμη οι χαρακτηριστικές πλάκες από ρινάρια

Ε) ΑΡΣΕΝΙΚΑ

Τα αρσενικά των ετερόοικων *Aphidinae* είναι πτερωτά, αφού πρέπει να μεταναστεύσουν από το δευτερεύοντα στον πρωτεύοντα ξενιστή (Εικόνα 3B). Τα αρσενικά των μονόοικων αφίδων μπορεί να είναι και πτερωτά αλλά έχουν εξελιχθεί σε άπτερα, διότι δεν υπάρχει η ανάγκη της μετανάστευσης. Τα αρσενικά διακρίνονται από τον σκληρωτισμένο γενετικό οπλισμό. Στα *Aphididae* διακρίνονται επίσης από το σώμα, κυρίως στην περιοχή της κοιλιάς, το οποίο είναι μικρότερο και λεπτότερο και πιο έντονα σκληρωτισμένο ή διαφορετικού προτύπου (Εικόνα 3Δ). Οι κεραίες έχουν περισσότερα ρινάρια και η διάταξή τους στα τμήματα του μαστιγίου μπορεί να είναι διαφορετική. Η ουρίτσα είναι μικρότερη σε μέγεθος.





Εικόνα 3. Φωτογραφία θηλυτόκου και νεαρού ωοτόκου (Α), αρσενικού (Β) και μόνιμα παρασκευάσματα των γεννητικών οπλισμών του θηλυτόκου (Γ) και αρσενικού (Δ) του *M persicae*.

ΣΤ) ΔΙΑΧΕΙΜΑΖΟΥΣΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

Παρατηρείται διαχείμαση στις αφίδες με παρθενογενετικά θηλυκά στους ανολοκυκλικούς και ενδιάμεσους γενότυπους. Μερικά είδη επιβιώνουν το χειμώνα χωρίς να παράγουν ειδικές μορφές για διαχείμαση, διατηρώντας την ικανότητα τους για αναπαραγωγή, αλλά σε μειωμένο βαθμό, ειδικά όταν ο χειμώνας δεν είναι δριμύς. Μερικά είδη παράγουν εξειδικευμένες μορφές για διαχείμαση. Σε αυτές, το χρώμα του σώματος εμφανίζεται πιο βαθύ είτε γιατί άλλαξε η σύστασή του είτε γιατί χρωματίστηκε παραπάνω ο εξωσκελετός.

Ζ) ΔΙΑΘΕΡΙΖΟΥΣΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

Το καλοκαίρι ορισμένες μονόουικες αφίδες, που αποικίζουν δένδρα, μειώνουν ή σταματούν την αναπαραγωγή τους και σε ορισμένες περιπτώσεις παράγονται εξειδικευμένες αδρανείς μορφές που διαθερίζουν. Η καλοκαιρινή διάπαυση στις αφίδες, όπως και στα έντομα γενικότερα, γίνεται σε συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης γενετικά προκαθορισμένο για κάθε είδος, όπως και στη χειμερινή διάπαυση (Masaki 1980).

H) ΜΟΡΦΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Οι παράγοντες που καθορίζουν το χρώμα των αφίδων είναι οι συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, θρέψη, διάρκεια ημέρας) και ο γενότυπος. Η ενδοκλωνική παραλλακτικότητα στο χρώμα των ατόμων της ίδιας μορφής οφείλεται κυρίως στην επίδραση του περιβάλλοντος σε αντίθεση με την διακλωνική, που οφείλεται στο διαφορετικό γενότυπο των κλώνων.

Θ) ΣΤΡΑΤΙΩΤΕΣ

Σε πολλά είδη αφίδων παρατηρείται ένας ασυνήθιστος διμορφισμός στις νύμφες καθώς εμφανίζονται μορφές που μοιάζουν με ψευδοσκορπιούς ή με άλλους τύπους νυμφών, που συχνά «τσιμπούν» τον οργανισμό που θα τις ενοχλήσει (Aoki 1977b, 1982a, Aoki & Miyazaki 1978). Έχει αποδειχθεί ότι αυτός ο διμορφισμός σχετίζεται με την επιθετική συμπεριφορά των αφίδων κατά των αρπακτικών εντόμων (Aoki 1982b). Παρουσιάζουν αλτρονιστική συμπεριφορά, όπως αυτή που παρατηρείται σε κοινωνικά έντομα, καθώς θυσιάζονται για να προστατεύσουν την αποικία των συγγενικών τους ατόμων.

I) ΕΙΔΙΚΕΣ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

Ένα άλλο είδος αλτρονιστικής συμπεριφοράς, που παρατηρείται στις αφίδες, είναι η διασπορά ατόμων από τη μητρική σε μια άλλη αποικία, βοηθώντας έμμεσα τον κλώνο που ανήκουν να εκμεταλλευτεί καλύτερα τους διαθέσιμους πόρους.

4. ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

A. ΓΕΝΙΚΑ

Γενικά οι οργανισμοί είτε φυτικοί είτε ζωικοί, με το πέρασμα των χρόνων εμφανίζουν γενετικές διαφορές, οι οποίες εκφράζονται στη μορφολογία, στη φυσιολογία και στη βιολογία τους, παρουσιάζουν δηλαδή γενετική παραλλακτικότητα. Αυτή η παραλλακτικότητα είναι αναγκαία για την προσαρμογή

και την επιβίωσή τους σε συνθήκες διαφορετικές από τις συνηθισμένες για αυτούς ή ακόμα και αντίξοες.

Πιο συγκεκριμένα, οι αφίδες παρουσιάζουν γενετική παραλλακτικότητα με αποτέλεσμα να εμφανίζονται φυλές που παρουσιάζουν εξειδίκευση σε ξενιστή ως απόρροια της φυσικής επιλογής, όπου νέοι πληθυσμοί αφίδων ξεπερνούν τους μηχανισμούς αντίστασης των φυτών και προσαρμόζονται σε συγκεκριμένα φυτά ξενιστές. Οι προσαρμοσμένες φυλές σε ξενιστή στις αφίδες είναι γνωστές για πάνω από 148 χρόνια (Walker 1850) και σχεδόν τα μισά είδη εντόμων από τα 36 που έχουν φυλές, είναι αφίδες (Tomíuk 1990).

Για παράδειγμα, η αφίδα του μπιζελιού *Aphis pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae), που έχει δύο φυλές. Οι πληθυσμοί της είναι απομονωμένοι λόγω της εξειδίκευσής τους στο τριφύλλι (*Trifolium pratense* L. (Fabaceae)) και τη μηδική (*Medicago sativa* L. (Fabaceae)). Η προσαρμογή σε κάθε ξενιστή φαίνεται ότι είναι αποτέλεσμα της συμπεριφοράς κατά την επιλογή ξενιστή. Βρέθηκε συσχέτιση με αλληλοχημικές ουσίες κάθε ξενιστή που διεγείρουν τη διατροφή και την εναπόθεση την νυμφών (Caillaud 1999).

Χαρακτηριστικό του *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) είναι η προσαρμογή σε συγκεκριμένα φυτά ξενιστές. Οι πληθυσμοί που τρέφονται για παράδειγμα στον καπνό μπορούν να διαχωριστούν από αυτούς που προέρχονται από άλλους ξενιστές. Αυτό μπορεί να γίνει με τη μέθοδο της σωματομετρίας ή με τεχνικές ηλεκτροφόρησης (Blackman 1987, Blackman & Spence 1992, Margaritopoulos et al. 2000). Ο Blackman το 1987 περιέγραψε τη μορφή που τρέφεται στον καπνό ως καινούριο είδος, το *Myzus nicotianae* Blackman (Hemiptera: Aphididae). Γινόταν αποδεκτό, ότι οι συγκεκριμένοι πληθυσμοί ήταν κυρίως παρθενογενετικοί και συνεπώς δεν μπορούσαν να υβριδισθούν με το *M. persicae*. Όμως, ο βιολογικός κύκλος του *M. nicotianae* παρουσιάζει πολυμορφισμό. Σε πολλές περιοχές που καλλιεργείται ο καπνός δεν έχει αναφερθεί σεξουαλική αναπαραγωγή. Αντίθετα, στην Ιαπωνία, στην Κεντρική Ασία και το Καζακστάν βρέθηκαν ανδροκυκλικό πληθυσμοί του συμπλόκου *M. persicae* που τρέφονται σε καπνό. Στην Ελλάδα παρθενογενετικές σειρές που τρέφονται σε καπνό, βρέθηκαν να μεταναστεύουν από τη ροδακινιά στον καπνό. Επίσης στη Βόρεια Ελλάδα, στις κύριες περιοχές που καλλιεργείται η ροδακινιά, ένα υψηλό ποσοστό παρθενογενετικών σειρών που τρέφεται στον καπνό και άλλους ξενιστές έχουν την ικανότητα σεξουαλικής αναπαραγωγής (Margaritopoulos et al. 2002).

Σε μελέτη που έγινε, με τη μέθοδο της RAPD-PCR, χρησιμοποιήθηκαν 63 τυχαίοι primers, για να διαχωρίσουν παρθενογενετικές σειρές *M. persicae*, που προέρχονταν από τον καπνό και άλλα φυτά ξενιστές. Και οι 63 primers που χρησιμοποιήθηκαν απέτυχαν να ανιχνεύσουν κάποια σταθερή διαφορά στο πρότυπο ζωνών μεταξύ των ομάδων. Μόνο ένας primer (OPA-18) έδωσε ένα σημαντικό πολυμορφισμό σε σχέση με το φυτό ξενιστή. Τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν, ότι το *M. nicotianae* δεν πρέπει να θεωρείται διαφορετικό είδος από το *M. persicae*. Ωστόσο, οι αφίδες που αποικίζουν τον καπνό αποτελούν ξεχωριστή φυλή προσαρμοσμένη στο συγκεκριμένο ξενιστή (Margaritopoulos et al. 1998).

Η δημιουργία ειδών μπορεί να είναι αλλοπατρική, δηλαδή πληθυσμοί από ένα προγονικό είδος απομακρύνθηκαν κι απομονώθηκαν γεωγραφικά ζώντας στο ίδιο φυτό-ξενιστή ή μπορεί να είναι συμπατρική, δηλαδή όταν ανεξάρτητα άτομα διαφορετικών πληθυσμών μετακινηθούν σε ένα νέο φυτό-ξενιστή σε μια περιοχή όπου υπάρχει προγονικός πληθυσμός (Bush 1975, Brooks & McLennan 1991). Το γεγονός ότι υπάρχουν μορφολογικά παρόμοια υποείδη, φυλές και βιότυποι αφίδων που διαφέρουν μόνο στη χρήση φυτών-ξενιστών έχει οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η συμπατρική δημιουργία ειδών είναι εφικτή στις αφίδες (Müller 1971a, 1985, Guldmond 1990a, 1990b, Ward 1991b, Guldmond & MacKenzie 1994, MacKenzie & Guldmond 1994). Πράγματι, αυτή η πληροφορία είναι η μεγαλύτερη απόδειξη που υπάρχει για τη δημιουργία ειδών διαμέσου της εναλλαγής ξενιστών (Brooks & McLennan, 1991).

Δημιουργία ειδών μπορεί να έχουμε σε δύο περιπτώσεις, εξαιτίας της μετακίνησης των αφίδων σε φυτά ξενιστές. Στην πρώτη περίπτωση η σεξουαλική αναπαραγωγή γίνεται σε άλλο φυτό-ξενιστή. Αυτό συμβαίνει όταν ένα μονόοικο είδος μετακινηθεί σε ένα άλλο φυτό-ξενιστή ή όταν ένας νέος πρωτεύοντας ξενιστής, όπου γίνεται σεξουαλική αναπαραγωγή, αποικίζεται από ένα ετερόοικο είδος. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι μονόοικες φυλές ξενιστών του *Acyrtosiphon pelargonii* (Kaltenbach) (Müller 1983), *A. solani* Kaltenbach (Müller 1976), *A. pisum* (Müller 1971a, 1980) και *Uroleucon jaceae* (L.) και *U. cichorii* (Koch) (Hemiptera: Aphididae) (Mosbacher 1963). Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε μετακίνηση σε ένα καινούριο δευτερεύοντα ξενιστή ενώ διατηρείται ο πρωτεύοντας ξενιστής, στον οποίο γίνεται η σεξουαλική αναπαραγωγή τόσο των προγονικών όσο και των νέων πληθυσμών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η πιθανότητα ροής γονιδίων ανάμεσα στους δυο πληθυσμούς είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με την πρώτη.

Παραδείγματα βρέθηκαν στην αφίδα *Dysaphis crataegi* (Kaltenbach) (Stroyan 1958), *A. fabae* (Müller 1982) και *Aphis frangulae* Kaltenbach (Hemiptera: Aphididae) (Thomas 1968).

Όσον αφορά τα παραπάνω, υπάρχουν δύο εξαιρέσεις. Είναι πιθανό να υπάρξει μετάλλαξη στην αναγνώριση του ξενιστή και στην αναπαραγωγική δραστηριότητα, γεγονός που καθιστά τον προγονικό ξενιστή λιγότερο αναγνωρίσιμο ή κατάλληλο και να έχουμε ξαφνική μετακίνηση του πληθυσμού σε καινούριο φυτό ξενιστή. Επίσης, είναι δυνατό μια προοδευτική, σταδιακή διαδικασία επιλογής να οδηγήσει σε προσαρμογή σε ένα νέο ξενιστή. Το μοντέλο της ξαφνικής μετακίνησης σε ένα νέο φυτό-ξενιστή είναι απαραίτητα στο μοντέλο διαμόρφωσης της συμπατρικής φυλής ξενιστή του Bush (1975). Δεν υπάρχει αυστηρός διαχωρισμός ανάμεσα στις δυο διαδικασίες ενώ και οι δυο μπορούν να γίνουν ταυτόχρονα.

Οι αφίδες θεωρούνται ιδανικά έντομα για συμπατρική δημιουργία ειδών γιατί παρουσιάζουν: 1) εξειδίκευση ξενιστή, 2) το μηχανισμό της κυκλικής παρθενογένεσης, 3) επαγωγή, 4) εναλλαγή ξενιστή 5) παραγωγή σεξουαλικών θηλυκών και 6) παραγωγή άπτερων αρσενικών

Είναι δυνατό από μια μεταλλαγμένη αφίδα, που έχει αποικίσει ένα καινούριο φυτό ξενιστή, να δημιουργηθεί ένας νεοσχηματισμένος πληθυσμός, που θα αποτελείται από πανομοιότυπα θηλυκά μέσω της κυκλικής παρθενογένεσης.

Ο Lamarck (1809) με τη σειρά του πρότεινε πρώτος ότι μια αλλαγή στο φυσικό περιβάλλον μπορεί να δώσει έναυσμα για μια βαθιά εξελικτική αλλαγή (επαγωγή). Στις αφίδες, για παράδειγμα, μια μεγάλη αφίδα *M. persicae* η οποία εκτράφηκε σε ένα υψηλής ποιότητας φυτό, αποδέχεται έναν χαμηλής ποιότητας ξενιστή δυσκολότερα από ό,τι ένα μικρό άτομο. Αυτό θα μπορούσε να συμβάλλει στη διατήρηση του πολυμορφισμού που βασίζεται στην επιλογή ξενιστή. Έχει αναφερθεί ότι στις αφίδες πραγματοποιούνται αλλαγές προκαλούμενες από κληρονομικούς παράγοντες, οι οποίες δίνουν "ιθαγενείς" φαινοτύπους με καλή ανταγωνιστική ικανότητα. Τέτοιες αλλαγές έχουν αναφερθεί στην αφίδα *Dysaphis anthrisci* Börner (Hemiptera: Aphididae), η οποία μετά από μια περίοδο οκτώ γενεών σε ένα φυτό μη ξενιστή, *Chaerophyllum bulbosum* L. (Apiaceae), μπόρεσε να μεταφερθεί με επιτυχία στο *C. maculatum* Wild. (Apiaceae), το οποίο πριν ήταν μη αποδεκτό. Η αλλαγή στην αφίδα συμπεριλάμβανε επίσης αλλαγές στη μορφολογία (Shaposhnikov 1985). Ομοίως, εκτρέφοντας τις αφίδες *A. pisum* και *M. persicae* σε φυτά μη ξενιστές για επτά γενεές είχε ως αποτέλεσμα να αναπτύσσονται καλύτερα στο μη-ξενιστή

(Markkula & Roukka 1970, Lowe 1973). Τόσο στην αφίδα *M. persicae* όσο και στην *A. fabae*, που εκτράφηκαν σε υποβαθμισμένης ποιότητας ξενιστές, αυξήθηκε η γονιμότητα μετά από τρεις γενιές (Mackenzie 1992).

Περίπου το 10% των ειδών παρουσιάζουν εποχική μετακίνηση από τον αρχικό ξενιστή στον εναλλακτικό ξενιστή. Η απώλεια αυτού του τρόπου ζωής θεωρήθηκε ένας σημαντικός τρόπος δημιουργίας ειδών (Hille Ris Lambers 1950). Στην αφίδα *C. galeopsidis* η τάση της εναλλαγής ξενιστή καθορίζεται από ένα γονίδιο. Αν αυτό ίσχυε γενικά, με μία απλή μετάλλαξη θα διευκολυνόταν η αλλαγή σε μονόουικη μορφή με διαχωρισμό κατά τη διάρκεια της σύζευξης μεταξύ συγγενικών ατόμων σε ένα νέο δευτερεύοντα ξενιστή (Guldmond 1990 a, 1990b), πράγμα που μπορεί να οδηγήσει στην ακαριαία δημιουργία είδους.

Το σενάριο που έχει επικρατήσει για τη συμπατρική δημιουργία ειδών είναι εκείνο σύμφωνα με το οποίο ο νέος πληθυσμός δεν εγκαθίσταται στο φυσικό περιβάλλον (σε φυτό-ξενιστή), το οποίο αμέσως το απομονώνει από τη ροή γονιδίων του γονικού πληθυσμού. Αυτό περιλαμβάνει δυο βήματα: 1) Ύπαρξη πολυμορφισμού στους δυο πληθυσμούς, που αναπτύσσονται σε διαφορετικά φυτά-ξενιστές σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι λάθος ξενιστές είναι ακατάλληλοι για την επιβίωση των ατόμων κάθε πληθυσμού που επέλεξαν λάθος ξενιστή, και 2) Η επιλογή κατά των ενδιάμεσων, ετεροζυγωτών απογόνων που προκύπτει μετά τη σύζευξη δυο ομοζυγωτών γενοτύπων πρέπει να έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή των αρνητικών συνεπειών του υβριδισμού. Αυστηρή επιλογή κατά των υβριδίων θεωρείται απαραίτητη, όμως παρεμποδίζεται από δυο διαδικασίες: τον ανασυνδυασμό και τη ροή γονιδίων.

Σε κάποια είδη αφίδων υπάρχουν υποείδη που προκύπτουν συμπατρικά, τα οποία διαφέρουν ως προς τον τρόπο που χρησιμοποιούν τα φυτά-ξενιστές. Πολλά χαρακτηριστικά της βιολογίας των αφίδων έχουν ως αποτέλεσμα στις αφίδες να υφίστανται τη συμπατρική δημιουργία ειδών. Επιπλέον, κάποια από τα υποείδη παράγουν τα έμφυλα άτομά τους σε διαφορετικό χρόνο ή ζευγαρώνουν σε διαφορετικές ώρες της ημέρας, πράγμα που υποστηρίζει την αναπαραγωγική απομόνωση.

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ

ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

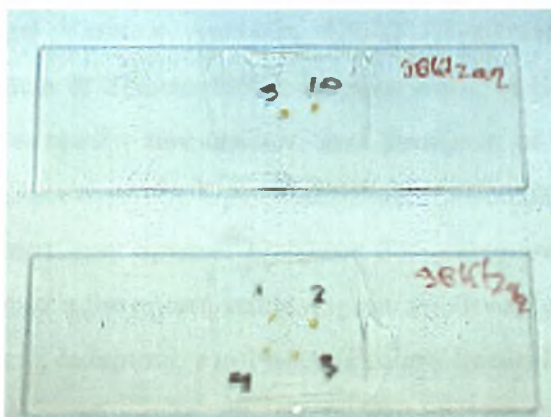
α) ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ

Αν λάβουμε υπόψη μας τις ζημιές που προκαλούν οι αφίδες στις καλλιέργειες καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι είναι ένας πολύ σοβαρός εχθρός που επιβάλλεται να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά. Για την σωστή αντιμετώπισή του λοιπόν είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τη φυσιολογία, βιολογία και μορφολογία του, δηλαδή να είναι πλήρως προσδιορισμένη η ταξινόμησή του, ώστε να εφαρμοστούν τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης.

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού έχουν επινοηθεί πολλές τεχνικές, όμως οι περισσότερες απαιτούν τη χρήση ειδικών μεθόδων για τη διατήρηση και το χειρισμό των δειγμάτων, γεγονός που είναι δύσκολο να εφαρμοστεί. Η μελέτη της εξωτερικής μορφολογίας είναι το αρχικό κριτήριο, για να εξάγει κανείς συμπεράσματα, για το αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ειδών ή όχι. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή μελετώνται: το σχήμα, η υφή, το χρώμα του σώματος, τα σχέδια που πιθανόν να υπάρχουν κ.α. χαρακτηριστικά του εντόμου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση της μελέτης των αφίδων, η μέθοδος αυτή δεν είναι εύχρηστη, εξαιτίας του μικρού μεγέθους του εντόμου. Ακόμη, δεν είναι δυνατό να εντοπιστούν διαφορές ανάμεσα σε είδη που μοιάζουν αρκετά μεταξύ τους ή σε άτομα του ίδιου είδους, κατά αυτό τον τρόπο. Σαν αποτέλεσμα όλων αυτών χρησιμοποιείται η μέθοδος της μορφομετρίας-σωματομετρίας.

Σύμφωνα με τη μέθοδο της σωματομετρίας γίνεται μέτρηση ορισμένων μορφολογικών χαρακτηριστικών του εντόμου και κατόπιν στατιστική ανάλυση των τιμών που προκύπτουν από τη μέτρηση. Αρχικά φτιάχνονται μόνιμα παρασκευάσματα (slides) (Εικόνα 4) με το προς εξέταση έντομο, ενώ η μέτρηση των προς μελέτη χαρακτηριστικών γίνεται σε μικροσκόπιο αντίθεσης φάσης, στο οποίο υπάρχει μικρομετρική κλίμακα. Όσον αφορά τις αφίδες, ορισμένα από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται συνήθως είναι: το μήκος κάποιου άρθρου της κεραίας π.χ. του 3^{ου} (ant III), το μήκος του βασικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας (base VI), το μήκος του τελικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας (pt), το μήκος του τελευταίου άρθρου του ρύγχους (urs), το μήκος του μηρού (hf), το μήκος της κνήμης (ht), το μήκος του δεύτερου

ταρσομερούς (ht_2), το μήκος των σιφωνίων (ls), το μέγιστο πλάτος των σιφωνίων (mws), το μήκος της ουράς (lc). (Iliarco and van Harten 1987)



Εικόνα 4. Μόνιμα παρασκευάσματα (slides) αφίδων για μέτρηση μορφολογικών χαρακτηριστικών.

Βασικός στόχος της σωματομετρίας είναι να εντοπίσει την παραλλακτικότητα στα μορφολογικά χαρακτηριστικά ανάμεσα στα άτομα ενός δείγματος. Η ύπαρξη παραλλακτικότητας συμβάλλει στο διαχωρισμό και προσδιορισμό των διαφορετικών ειδών που πιθανόν να υπάρχουν στο συγκεκριμένο δείγμα ή την τοποθέτηση των ατόμων του δείγματος σε διαφορετικές ταξινομικές ομάδες (taxa).

Για την επεξεργασία των δεδομένων που προκύπτουν από τη σωματομετρία, χρησιμοποιούνται ποικίλες, πολύπλοκες ή απλές μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης. Η πιο απλή περιλαμβάνει τον έλεγχο μη επεξεργασμένων δεδομένων και τον προσδιορισμό απλών στατιστικών παραμέτρων, όπως μέσοι όροι και τυπικά σφάλματα. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε μορφομετρικές μελέτες είναι:

α) Η μέθοδος της Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών (Canonical Variates Analysis, CVA) (Krzanowski 1990).

β) Η μέθοδος της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Components Analysis PCA).

γ) Η μέθοδος της Διαφοροποιούσας Ανάλυσης (Discriminant Analysis).

δ) Η μέθοδος "μη παραμετρικά δέντρα ταξινόμησης".

Η ταξινόμηση των ατομικών αφίδων σε παρθενογενετικές σειρές (κλώνοι) και ο διαχωρισμός τους σε ομάδες ξενιστών (φυτικά είδη), που βασίζεται στα ατομικά

μορφολογικά χαρακτηριστικά τους (μεταβλητές), εφαρμόζονται με συμβατικές μεθόδους ανάλυσης πολλαπλών μεταβλητών, όπως η ανάλυση γραμμικής διάκρισης του Fisher (Fisher's linear discriminant analysis) και η ανάλυση κανονικών μεταβλητών (Canonical Variates Analysis, CVA) (Blackman 1987, Lazzari & Voegtlin 1993, Blackman & Spence 1994). Παρόλα αυτά, οι Blackman και Spence (1992) έδειξαν ότι η κατάταξη των αφίδων, που βασίζεται σε βιοχημικές τεχνικές μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική. Όμως απαιτείται εξειδικευμένος εξοπλισμός και χρήση χημικών που κοστίζουν αρκετά. Επιπλέον δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία βάσει των οποίων θα γίνει η βιοχημική κατάταξη των παρθενογενετικών σειρών.

Η ανάλυση γραμμικής διάκρισης του Fisher (Fisher's linear discriminant analysis, LDF) τοποθετεί μια ατομική αφίδα σε μια ομάδα με βάση τις μεταβλητές που μετρήθηκαν στη συγκεκριμένη ατομική αφίδα, έτσι ώστε η συνάρτηση πυκνότητας να μεγιστοποιηθεί (Krzanowski 1990). Η ανάλυση κανονικών μεταβλητών (CVA) παρέχει απεικόνιση σε δυο ή τρεις διαστάσεις των παρθενογενετικών σειρών των αφίδων με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους (μεταβλητές). Η συγκεκριμένη μέθοδος εξετάζει διαχωρισμό ανάμεσα σε ένα σύνολο από ομάδες π.χ. αφίδων (Digby & Kempton 1994), που σχετίζεται με την παραλλακτικότητα εντός των ομάδων. Τελευταία προτάθηκε η εφαρμογή μιας καινούριας μεθόδου κατάταξης (Zintzaras et al. 1994) για την κατάταξη των αφίδων, η οποία ονομάζεται "μη παραμετρικά δέντρα ταξινόμησης". Έχει τη μορφή ενός δέντρου που διακλαδίζεται σε ενδιάμεσους και τελικούς κλάδους. Χρησιμοποιώντας τις μετρούμενες μεταβλητές για κάθε ατομική αφίδα, κάθε διαίρεση ενός κλάδου δημιουργεί υποκλάδους, που είναι καθαρότεροι από το μητρικό κλάδο. Αυτό σημαίνει ότι χρησιμοποιεί ως κριτήριο διαχωρισμού (splitting criterion) την αύξηση της καθαρότητας (purity), όταν ένας κλάδος διαχωρίζεται σε επιμέρους κλάδους και το μέγεθος του δέντρου ελέγχεται από μια οριακή, προκαθορισμένη τιμή του ποσοστού μη ταξινομημένων ατόμων (apparent misclassification rate, AMR) μετά από κάθε διαίρεση ενός κλάδου. Αυτή η προσέγγιση καθιστά την κατασκευή του δέντρου απλή και επομένως γρηγορότερη από την ελάττωση του μεγέθους της πολυπλοκότητας της συγκεκριμένης λειτουργίας (Breiman et al. 1984). Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει την οπτική έρευνα της κατασκευής των δεδομένων σε οποιοδήποτε στάδιο αύξησης του δέντρου.

Το 1987 ο Blackman πραγματοποίησε μορφομετρικές μελέτες σε ένα μεγάλο αριθμό δειγμάτων της αφίδας *M. Persicae*, που συλλέχθηκαν από διαφορετικούς ξενιστές από τέσσερις ηπείρους. Έδειξε ότι οι αφίδες του είδους *M. persicae* που

τρέφονται στον καπνό (*Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae)) μπορούν να διαχωριστούν με τη χρήση της ανάλυσης πολλαπλών μεταβλητών. Τελικά οι αφίδες του καπνού παρουσίασαν μορφολογική διαφοροποίηση και διαχωρίστηκαν από εκείνες που προέρχονται από άλλα φυτά-ξενιστές, γιατί αντιπροσώπευαν μια διαφορετική ομάδα γενοτύπων προσαρμοσμένη σε συγκεκριμένο φυτό-ξενιστή (Blackman 1987, Blackman & Spence 1992, Field et al. 1994, Margaritopoulos et al. 1998). Οι Margaritopoulos et al. (1998), προκειμένου να καταλήξουν στο παραπάνω συμπέρασμα, χρησιμοποίησαν (εκτός από τη μέθοδο Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών) και τη μέθοδο "μη παραμετρικά δέντρα ταξινόμησης". Η τελευταία κατέταξε τις αφίδες σε παρθενογενετικές σειρές (κλώνους) και διαχώρισε τους κλώνους που προέρχονται από διαφορετικά φυτά-ξενιστές. Η ποιότητα των αποτελεσμάτων της νέας αυτής μεθόδου εκτιμήθηκε συγκρινόμενη με συμβατικές μεθόδους, όπως είναι η LDF του Fisher και η CVA. Τα αποτελέσματα που έδωσε η μέθοδος των "μη παραμετρικών δέντρων ταξινόμησης" συμφωνούσαν απόλυτα με εκείνα που προέκυψαν με τη χρήση των συμβατικών μεθόδων ανάλυσης.

Πολλές φορές, προκειμένου να εξετασθούν οι σχέσεις ανάμεσα σε μια ομάδα συσχετιζόμενων μεταβλητών, είναι χρήσιμο να μετασχηματισθεί η αρχική ομάδα των μεταβλητών σε μια νέα ομάδα από μη συσχετιζόμενες μεταβλητές που ονομάζονται κύριες συνιστώσες. Αυτές οι νέες μεταβλητές είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών και κατατάσσονται με φθίνουσα σειρά σημαντικότητας έτσι ώστε, για παράδειγμα, η πρώτη κύρια συνιστώσα να υπολογίζει όσο το δυνατόν περισσότερη από την παραλλακτικότητα των αρχικών δεδομένων. Η τεχνική που εφαρμόζει την παραπάνω διαδικασία ονομάζεται Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA). Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι κατάλληλη στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαρτημένη μεταβλητή που να εξαρτάται από κάποιες ανεξάρτητες μεταβλητές, όπως συμβαίνει με την πολλαπλή παλινδρόμηση. Ο αντικειμενικός σκοπός της είναι να δει αν ένας συγκεκριμένος αριθμός από τις πρώτες συνιστώσες υπολογίζει το μεγαλύτερο μέρος της παραλλακτικότητας των αρχικών δεδομένων.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί ότι η σωματομετρία, ως μέθοδος, μπορεί να βοηθήσει στο διαχωρισμό συγγενών ειδών και φυλών αφίδων και στην επίλυση ταξινομικών προβλημάτων. Η εφαρμογή της όμως παρουσιάζει περιορισμούς σχετικά με το διαχωρισμό σε επίπεδο ατόμου. Είναι λοιπόν σκόπιμο η σωματομετρία σε πληθυσμιακές μελέτες και μελέτες συστηματικής να συνοδεύεται από άλλες

μεθόδους όπως π. χ. ανάλυση του DNA, ενζυμικές μελέτες, κατηγορία βιολογικού κύκλου κι επιλογή φυτού-ξενιστή.

β) ΜΟΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η παραπάνω μέθοδος της σωματομετρίας που αναπτύχθηκε, δεν μπορεί να μας δώσει πάντα ακριβή αποτελέσματα, ειδικά όταν θέλουμε να προσδιορίσουμε ενδοειδικά στοιχεία. Για αυτόν το λόγο, τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται μοριακές τεχνικές που στηρίζονται στην ανάλυση του DNA προκειμένου να γίνει συστηματική κατάταξη των αφίδων. Με την ανάλυση του μιτοχονδριακού DNA μπορούν να διαφοροποιηθούν συγγενικά είδη (Footit & Bonen 1990), βιότυποι (Powers et al. 1989) και παρθενογενετικές σειρές του ίδιου είδους (Martinez et al. 1992), όπως και με το μικροδορυφορικό DNA (micro satellite DNA Analysis) (Llewellyn et al. 1997).

Τα τελευταία χρόνια ευρεία διάδοση παρουσιάζει και η μέθοδος RAPD-PCR (τυχαία πολλαπλασιαζόμενο πολυμορφικό DNA-Αλυσιδωτή Αντίδραση Πολυμεράσης). Ο αριθμός και το μέγεθος των πολλαπλασιαζόμενων τμημάτων DNA εξαρτάται από το μήκος και την αλληλουχία των βάσεων της απλής αλυσίδας συνθετικών ολιγονουκλεοτιδίων που χρησιμοποιούνται ως εκκινητές (RAPD-primers). Οι εκκινητές προσκολλώνται σε τυχαίες θέσεις στο γονιδίωμα κι ο πολυμορφισμός σ' αυτές τις θέσεις ανιχνεύεται στα παραγόμενα προϊόντα με την παρουσία ή απουσία ενός ή περισσότερων τμημάτων. Με τη μέθοδο RAPD-PCR μελετάται η παραλλακτικότητα του γενόματος χωρίς να είναι γνωστή η αλληλουχία του DNA (Williams et al. 1990, Welsh & Mc Clelland 1990, Hadrys 1992).

Μια επίσης διαδεδομένη μοριακή μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η μέθοδος RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism). Η ανάλυση RFLP παρέχει τη δυνατότητα διάκρισης δειγμάτων σε επίπεδο είδους ή σε επίπεδο κλώνου. Το εξαγόμενο από την αφίδα πυρηνικό DNA τεμαχίζεται χρησιμοποιώντας ένζυμα περιορισμού. Τα προκύπτοντα τμήματα περιορισμού διαχωρίζονται σύμφωνα με το μέγεθός τους με ηλεκτροφόρηση. Σε κάποιες περιπτώσεις αποκαλύπτονται διαγνωστικοί πολυμορφισμοί, καθώς γίνονται ορατά ευδιάκριτα τεμάχια DNA. Όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις τα προϊόντα της πέψης φαίνονται σαν μια κηλίδα που αποτελείται από τεμάχια DNA μεγέθους 25 kb περίπου. Το μιτοχονδριακό DNA (mt DNA) και το rDNA, περιέχουν διατηρημένες περιοχές, αλλά είναι πολύ μεγαλύτερο (περίπου 20-170 kb) και παρουσιάζουν εκτεταμένες περιοχές μεταβλητής διαδοχής-

αλληλουχίας. Η πέψη του mt DNA με ενδονουκλεάσες συνήθως έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σχετικά μεγάλου αριθμού τεμαχίων (10-25). Το μέγεθος του μιτοχondριακού γενώματος κι ο συνδυασμός διατηρημένων και μεταβλητών περιοχών συχνά το καθιστά χρήσιμο για την εκτίμηση της παραλλακτικότητας ανάμεσα σε δυο είδη. Αναλύοντας τα αποτελέσματα της RFLP, συχνά είναι απαραίτητο να γίνουν οπτικές συγκρίσεις των παραγόμενων τμημάτων για να επιβεβαιωθεί η ταυτότητα των ειδών. Όπου γίνονται πολλαπλές συγκρίσεις είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν υπολογιστικά προγράμματα.

Τέλος, σε πολλές περιπτώσεις γίνεται ανάλυση της αλληλουχίας του DNA. Το ριβοσωμικό DNA (r DNA) κατευθύνει τη σύνθεση του ριβοσωμικού RNA (rRNA) και βρίσκεται σε ένα ή περισσότερα χρωμοσώματα σαν μακριές, η μια πίσω από την άλλη, επαναλαμβανόμενες γονιδιακές μονάδες. Οι τρεις μεγαλύτερες rRNA γονιδιακές μονάδες διαχωρίζονται από αντιγραμμένες ή μη αντιγραμμένες περιοχές (internal transcribed spacer (ITS 1 και 2) και intergenic spacer (IGS)). Τα ριβοσωμικά RNA διατηρούνται λειτουργικά κι εξελικτικά, συναντώνται παγκοσμίως στους ζώντες οργανισμούς σε πολλαπλά αντίγραφα και γι' αυτό αποτελούν ένα δυναμικό ταξινομικό δείκτη. Τα πολλαπλά αντίγραφα της επαναλαμβανόμενης μονάδας φαίνονται να εξελίσσονται στον ίδιο βαθμό οπότε συμπεριφέρονται σαν απλό γονιδιακό αντίγραφο. Τα καλώς διατηρημένα rRNA γονίδια εξελίσσονται αργά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για φυλογενετικές μελέτες σε επίπεδο κλάσης (Forster et al. 1990). Η απόκλιση στην αλληλουχία είναι υψηλή εντός των ITS και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το διαχωρισμό ειδών.

Οι τεχνικές που περιγράφηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση δειγμάτων αφίδων σε επίπεδο είδους ή ενδοειδικό επίπεδο. Είναι γρήγορες, αξιόπιστες κι ανιχνεύουν την ύπαρξη γενετικού πολυμορφισμού. Σε πολλές περιπτώσεις οι μοριακές τεχνικές που στηρίζονται στην ανάλυση DNA μπορούν να διαφοροποιήσουν είδη τα οποία δε μπορούν να διαχωριστούν με άλλο τρόπο.

Παρόλα αυτά, οι συγκεκριμένες τεχνικές είναι υψηλής ευαισθησίας, απαιτούν καλά εξοπλισμένα εργαστήρια, ειδικευμένο προσωπικό, προσεκτικούς, λεπτούς χειρισμούς και έχουν υψηλό κόστος.

5. *Myzus persicae* (Sulzer)

Ταξινομική θέση: Το είδος *Myzus persicae* (Sulzer) ανήκει στο Ζωικό Βασίλειο, στην κλάση: Hexapoda, υπόκλαση: Εξωπτερυγωτά, τάξη: Homoptera, υπερικογένεια Aphidoidea, και οικογένεια Aphididae. Το κοινό όνομα του *M. persicae* είναι πράσινη αφίδα της ροδακινιάς.

Περιγραφή: Το άπτερο ενήλικο παρθενογενετικό θηλυκό του *M. persicae* έχει σώμα σχετικά λεπτό με μικρό ως μέτριο μέγεθος. Το μέγεθος στα άπτερα και πτερωτά θηλυκά κυμαίνεται από 1,2 έως 2,3 mm. Το άπτερο έχει ομοιόμορφο χρωματισμό με διάφορες αποχρώσεις του πράσινου και του κόκκινου (πράσινο, ανοικτό κιτρινοπράσινο, πρασινοκίτρινο, κίτρινο, κόκκινο ή ρόδινο). Τα πτερωτά θηλυκά είναι πράσινου χρώματος και φέρουν μια μαύρη περιοχή επί του νωτιαίου μέρους της κοιλιάς. Τα ενήλικα ωτόκα θηλυκά έχουν συνήθως πορφυρό κόκκινο χρώμα (πιο σκούρα απόχρωση στους κόκκινους κλώνους) και διακρίνεται ένα σκούρο τμήμα στη ραχιαία περιοχή της κοιλιάς. Στα θηλυτόκα των πράσινων κλώνων, τα ανήλικα στάδια έχουν πράσινη απόχρωση, που συνήθως προοδευτικά γίνεται ρόδινη. Στους κόκκινους ή ρόδινους κλώνους το χρώμα παραμένει το ίδιο.

Ξενιστές: Είναι εξαιρετικά πολυφάγο είδος και προσβάλλει περισσότερα από 400 είδη φυτών, σε όλες τις ηπείρους. Από τα καλλιεργούμενα προσβάλλει είδη των οικογενειών Rosaceae, Solanaceae, Malvaceae, Compositae, Chenopodiaceae, Umbelliferae, Papilionaceae, Cruciferae. Μερικές από τις καλλιέργειες που προσβάλλει είναι: καπνός, πατάτα, τομάτα, μαρούλι, καρότο, κουκιά, τεύτλα, σπανάκι, λάχανο κ.α. Τα χειμερινά ωά γεννιούνται κυρίως στη ροδακινιά *Prunus persica* L. και μερικές φορές σε άλλα πυρηνόκαρπα (*P. nigra*, *P. tanella*, *P. serotina* και υβρίδια ροδακινιάς και αμυγδαλιάς).

Γεωγραφική εξάπλωση: Πιθανώς προέρχεται από την Ασία, όπως και ο πρωτεύων ξενιστής του η ροδακινιά. Σήμερα έχει εξαπλωθεί σε όλες τις ηπείρους.

Βιολογία: Έχει περισσότερες από πέντε γενεές το έτος. Σε περιοχές με σχετικά ψυχρό χειμώνα το είδος διαχειμάζει ως χειμερινό ωό στο φλοιό των κύριων ξενιστών (ροδακινιάς ή άλλων πυρηνόκαρπων). Τα χειμερινά ωά, συνήθως 4-6 ανά θηλυκό, βρίσκονται στους οφθαλμούς ή σε εσοχές αδρών μερών του φλοιού. Στο τέλος του χειμώνα με αρχές ανοίξεως τα ωά εκκολάπτονται και δίνουν άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά, τα θεμελιωτικά. Ακολουθεί μικρός αριθμός παρθενογενετικών γενεών στη ροδακινιά και έπειτα πτερωτά άτομα μεταναστεύουν σε ποώδη φυτά (δευτερεύοντες

ξενιστές), όπου η μία παρθενογενετική γενιά διαδέχεται την άλλη. Το φθινόπωρο παράγονται στα ποώδη φυτά πτερωτά θηλυτόκα και αρσενικά τα οποία μεταναστεύουν στον πρωτεύοντα ξενιστή. Εκεί τα θηλυτόκα γεννούν τα ωοτόκα, τα οποία εναποθέτουν τα χειμερινά ωά, μετά από σύζευξη με τα αρσενικά. Σε περιοχές με σχετικά ζεστό χειμώνα, πληθυσμοί του εντόμου αναπαράγονται παρθενογενετικά όλες τις εποχές του έτους. Το φθινόπωρο οι ανδροκυκλικοί κλώνοι παράγουν παρθενογενετικές μορφές, που θα διαχειμάσουν σε αυτοφυή φυτά ή χειμερινές καλλιέργειες και αρσενικά που συμμετέχουν στη σεξουαλική φάση του είδους (Müller 1954, 1958, Waldhauer 1953, 1957, van Emden *et al.* 1969, Blackman 1971, 1974). Οι ενδιάμεσοι κλώνοι γεννούν την ίδια εποχή πολλά άπτερα και πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά και λίγα αρσενικά και «ενδιάμεσα» πτερωτά. Τα «ενδιάμεσα» πτερωτά παράγουν κυρίως παρθενογενετικές μορφές και αριθμό ωοτόκων θηλυκών (Blackman 1971, 1972). Στην Ελλάδα το είδος παρουσιάζει και τις τέσσερις κατηγορίες βιολογικού κύκλου που έχουν περιγραφεί. Βρέθηκε μεγάλη γεωγραφική παραλλακτικότητα που σχετίζεται με την αφθονία του πρωτεύοντος ξενιστή, τη ροδακινιά. Στις περιοχές της Μακεδονίας, όπου καλλιεργείται εκτεταμένα η ροδακινιά, το ποσοστό των ολοκυκλικών γενοτύπων κυμάνθηκε κυρίως πάνω από το 50% και σε ορισμένες περιόδους έφτασε το 100%. Αντίθετα, στις άλλες περιοχές κυμάνθηκε από 0% έως 31%. Το φθινόπωρο το ποσοστό των ολοκυκλικών κλώνων μειώθηκε καθώς αρχίζει η μετανάστευση των θηλυτόκων προς τη ροδακινιά. Οι ανδροκυκλικοί κλώνοι βρέθηκαν σε σχετικά υψηλό ποσοστό (57% των εξεταζόμενων ανολοκυκλικών κλώνων) και αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα δημιουργίας νέων γενοτύπων. Αντίθετα, οι ενδιάμεσοι κλώνοι βρέθηκαν σε πολύ μικρό ποσοστό (2,9% του συνόλου των εξεταζόμενων κλώνων ή 5,7% των μη ολοκυκλικών κλώνων) (Μαργαριτόπουλος 2001).

Το είδος είναι ανθεκτικό στο κρύο και μπορεί να αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 5°C και 30°C. Στους 25°C τα θηλυκά ζουν κατά μέσο όρο 25 ημέρες και γεννούν 60 νύμφες (Rivnay 1962).

Ζημιές: Προσβάλλει κατά προτίμηση τις κορυφές τρυφερών βλαστών και τρυφερά φύλλα, που συστρέφονται από την προσβολή. Επίσης τα μελιτώδη απεκκρίματα του ρυπαίνουν το φύλλωμα και τους καρπούς. Εκτός από την αξιόλογη άμεση ζημιά που προκαλεί στα φυτά, θεωρείται ο πιο σοβαρός φορέας ιών, αφού μπορεί να μεταδώσει αποτελεσματικά περισσότερους από 100 ιούς φυτών (Kennedy *et al.* 1962). Μερικοί από τους έμμοιους ιούς που μεταδίδει είναι ο ιός του ήπιου κίτρινίσματος των



τεύτλων (BMY), της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού (TVD), του καρουλιάσματος των φύλλων του μπιζελιού (PLR) και του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας (PLRV) (Blackman & Eastop 1984). Επίσης το είδος μεταδίδει αποτελεσματικά και πολλούς μη έμμοιους ιούς. Μερικοί από τους οποίους είναι: ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV), ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV), ο ιός της κίτρινης στιγματώσης της κολοκυθιάς (ZYFV), ο ιός του Υ της πατάτας (PVY), ο ιός του Α της πατάτας (PVA), ο ιός του μωσαϊκού της μηδικής (AMV) (Brunt *et al.* 1996).

Πίνακας 1. Συνώνυμα ονόματα του είδους *Myzus persicae* (Sulzer) (Remaudiere and Remaudiere 1997).

| |
|------------------------------------------------------------------|
| <i>Siphonophora achyrantes</i> Monell in Riley & Monell (1879) |
| <i>Rhopalosiphum betae</i> Theobald (1913) |
| <i>Myzus callae</i> Koch (1854) |
| <i>Siphonophora calendulella</i> Monell in Riley & Monell (1879) |
| <i>Aphis consors</i> Walker (1848) |
| <i>Aphis cymbalariae</i> Schouteden (1900) |
| <i>Aphis cynoglossi</i> Williams (1911) |
| <i>Aphis deposita</i> Walker (1848) |
| <i>Aphis derelicta</i> Walker (1849) |
| <i>Aphis dianthi</i> Schrank (1801) |
| <i>Aphis dubia</i> Curtis (1842) |
| <i>Aphis egressa</i> Walker (1849) |
| <i>Rhopalosiphum galeactitis</i> Macchiati (1883) |
| <i>Rhopalosiphum lactucellum</i> Theobald (1914) |
| <i>Macrosiphum lophospermum</i> Theobald (1914) |
| <i>Macrosiphum lycopersicella</i> Theobald (1914) |
| <i>Myzus malvae</i> Oestlund (1886) |
| <i>Siphonophora nasturtii</i> Koch (1855) |
| <i>Myzus nicotianae</i> Blackman (1987) |
| <i>Aphis particeps</i> Walker (1845) |
| <i>Myzus pergandii</i> Sanderson (1901) |

| |
|--------------------------------------------------------------------|
| <i>Aphis persicae</i> Morren (1836) |
| <i>Myzus persicae</i> subsp. <i>dyslycialis</i> F.P. Møller (1955) |
| <i>Myzus persicae</i> var. <i>portulacella</i> Theobald (1926) |
| <i>Myzus persicae</i> var. <i>Sanguisorbiella</i> Theobald (1926) |
| <i>Myzus persicae</i> var. <i>tuberoscellae</i> Theobald (1922) |
| <i>Aphis persicophila</i> Rondani (1860) |
| <i>Aphis persola</i> Walker (1848) |
| <i>Aphis rapae</i> Curtis (1842) |
| <i>Aphis redundans</i> Walker (1849) |
| <i>Myzodes tabaci</i> Mordvilko (1914) |
| <i>Rhopalosiphum trilineatum</i> Guercio (1920) |
| <i>Rhopalosiphum tulipae</i> Thomas (1879) |
| <i>Aphis vastator</i> Smee (1846) |
| <i>Aphis vulgaris</i> Kyber (1815) |

6. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών από παρθενογενετικές σειρές *M. persicae*, οι οποίοι συλλέχθηκαν από καλλιέργεια καπνού της περιοχής Kastaga της Ζιμπάμπουε, καθώς και του βιολογικού τους κύκλου σε συγκεκριμένες συνθήκες.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των μορφολογικών στοιχείων θα διευρύνουν τις γνώσεις μας για το συγκεκριμένο είδος αφίδας, θα δώσουν πληροφορίες για πληθυσμούς *M. persicae* από καπνό στη συγκεκριμένη χώρα και συγκρινόμενα με τα ήδη γνωστά δεδομένα από αρκετές ευρωπαϊκές χώρες, είναι δυνατό να παρατηρήσουμε ή όχι διαφορές και να διεξάγουμε συμπεράσματα.

Επίσης, μετά τη μελέτη του βιολογικού κύκλου των ίδιων κλώνων προκύπτουν εξίσου σημαντικά συμπεράσματα για την αναπαραγωγή τους. Πιο συγκεκριμένα, θα παρατηρηθεί αν υπάρχει ικανότητα για σεξουαλική αναπαραγωγή.

B. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πράσινη αφίδα της ροδακινιάς *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) είναι έντομο μεγάλης οικονομικής σημασίας, καθώς προκαλεί σημαντικές ζημιές άμεσα με τη μύζηση χυμών και έμμεσα ως φορέας ιώσεων (Blackman & Eastop 1984). Είναι εξαιρετικά πολυφάγο είδος, προσβάλλοντας περισσότερα από 400 είδη φυτών μεταξύ των οποίων και ο καπνός, που είναι από τις σημαντικότερες καλλιέργειες στην Ελλάδα.

Το *M. persicae* αποτελεί ένα τυπικό ετερόοικο είδος που παρουσιάζει παραλλακτικότητα στο βιολογικό του κύκλο, ο οποίος παρουσιάζει τέσσερις κατηγορίες, τον ολοκυκλικό, τον ανολοκυκλικό, τον ανδροκυκλικό και τους ενδιάμεσους. Το φθινόπωρο, καθώς η διάρκεια της ημέρας μειώνεται, οι ολοκυκλικοί γενότυποι παράγουν στους ποώδης ξενιστές πτερωτά αρσενικά και θηλυτόκα, που μεταναστεύουν στον πρωτεύοντα ξενιστή, τη ροδακινιά (*Prunus persica* L.). Εκεί τα θηλυτόκα γεννούν ωτόκα θηλυκά, που εναποθέτουν τα διαπαύοντα ωά μετά από σύζευξη με τα αρσενικά. Επίσης, υπάρχουν ανολοκυκλικοί γενότυποι που έχουν χάσει την ικανότητα παραγωγής σεξουαλικών μορφών, αναπαράγονται όλο το έτος παρθενογενετικά και διαχειμάζουν σε αυτοφυή φυτά ή χειμερινές καλλιέργειες. Ορισμένοι έχουν την ικανότητα παραγωγής αρσενικών κατά το φθινόπωρο (ανδροκυκλικοί γενότυποι) που συμμετέχουν στη σεξουαλική αναπαραγωγή του είδους. Έχουν αναγνωριστεί και ενδιάμεσοι γενότυποι οι οποίοι ακολουθούν, όπως και οι ανδροκυκλικοί, δύο στρατηγικές διαχείμασης. Σε συνθήκες μικρής ημέρας εκτός από άπτερες και πτερωτές παρθενογενετικές μορφές, παράγουν μικρό αριθμό αρσενικών και «ενδιάμεσων» πτερωτών. Τα τελευταία γενούν τόσο ωτόκα όσο και παρθενογενετικά θηλυκά (van Emden *et al.* 1969, Blackman 1971, 1972). Αυτές οι στρατηγικές διαχείμασης έχουν ως αποτέλεσμα την επιβίωση, εξάπλωση και την ικανότητα προσαρμογής του είδους σε διάφορες κλιματικές συνθήκες.

Ο Blackman το 1974 διαπίστωσε ότι η αφίδα *M. persicae* διατηρεί την ικανότητά της να αναπαράγεται σεξουαλικά και παρθενογενετικά σε όλο το εύρος της εξάπλωσής της. Επίσης, υποστήριξε ότι αυτή η παραλλακτικότητα του βιολογικού της κύκλου εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, σε περιοχές με ήπιο χειμώνα συναντά κανείς ταυτόχρονα την ολοκυκλική, ανολοκυκλική και την

ανδροκυκλική μορφή, ενώ σε περιοχές όπου επικρατούν θερμοκρασίες πάνω από 24°C δεν εμφανίζεται η σεξουαλική μορφή.

Το 1987 ανακοινώθηκε ότι πληθυσμοί του συμπλόκου *M. persicae*, που τρέφονται στο καπνό, διαφέρουν μορφολογικά από πληθυσμούς που τρέφονται σε άλλους δευτερεύοντες ξενιστές και αποτελούν ξεχωριστό είδος, το *Myzus nicotianae* Blackman, γενετικά απομονωμένο από το *M. persicae* από το οποίο προήλθε. Η γενετική ανάλυση με την μέθοδο της RAPD-PCR κλώνων, που συλλέχθηκαν από καπνό και άλλους ξενιστές, έδειξε ότι τα *M. persicae* (Sulzer) (1998) και *M. nicotianae* Blackman δεν αποτελούν διαφορετικά είδη, αλλά οι αφίδες του καπνού αποτελούν ξεχωριστή φυλή προσαρμοσμένη στο συγκεκριμένο φυτό-ξενιστή. Το παραπάνω υποστηρίζει επίσης η μορφολογική παραλλακτικότητα πληθυσμών της Ελλάδας, που σχετίζεται με τον ξενιστή πάνω στον οποίο συλλέχθηκαν οι αφίδες (Margaritopoulos et al. 1998).

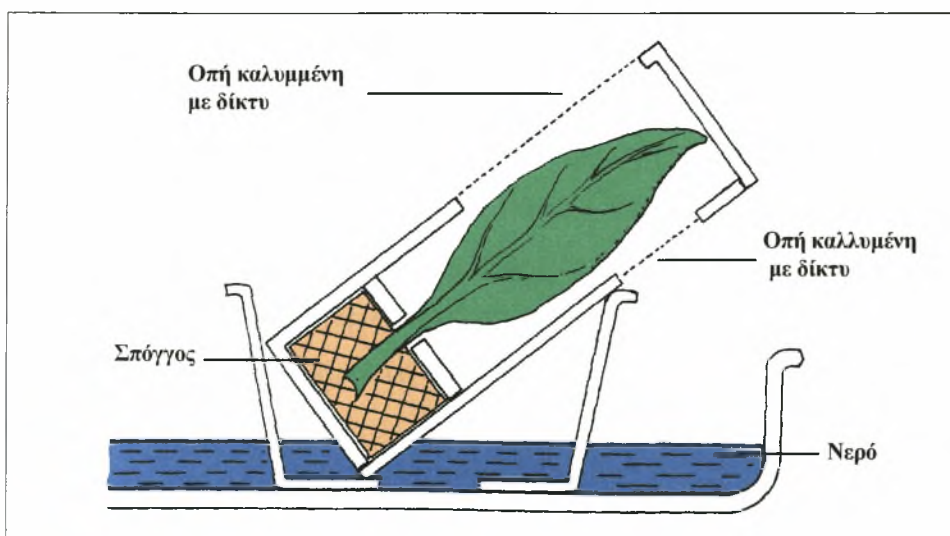
Κλώνοι συλλέχθηκαν από διάφορους ξενιστές και περιοχές της Ελλάδας, τόσο Βόρεια, όπου μεγάλο μέρος του πληθυσμού αναπαράγεται σεξουαλικά το φθινόπωρο τη ροδακινιά (*P. persica* L.) σε περιοχές όπου καλλιεργείται, όσο και Νότια, όπου το είδος αναπαράγεται όλο το έτος σχεδόν παρθενογενετικά και όπου η ροδακινιά δεν καλλιεργείται. Μετά από πειράματα βρέθηκε μορφολογική παραλλακτικότητα που συνδέεται με τον ξενιστή, από όπου συλλέχθηκαν οι κλώνοι. Διαχωρίστηκαν οι κλώνοι που αποικίζουν τον καπνό από αυτούς που συλλέχθηκαν από άλλους δευτερεύοντες ξενιστές. Σε περιοχές όπου καλλιεργείται ο καπνός, στους ανοιξιάτικους πληθυσμούς στη ροδακινιά κυριαρχεί η μορφή του καπνού και μερικές φορές βρίσκεται και σε άλλους εκτός του καπνού δευτερεύοντες ξενιστές. Οι πληθυσμοί του καπνού, που συλλέχθηκαν στην πιο νοτιοανατολική περιοχή έδειξαν σχετικά μεγάλη φαινοτυπική απόσταση από αυτούς που συλλέχθηκαν από βορειότερες και δυτικότερες περιοχές. Επίσης βρέθηκε, ότι το είδος του φυτού ξενιστή και η μακράς διάρκειας παρθενογένεση επιδρούν στον φαινότυπο των αφίδων. Ανεξάρτητα από τους προηγούμενους παράγοντες, η μορφή του καπνού διαχωρίστηκε σε όλες τις περιπτώσεις, δείχνοντας ότι οι μορφολογικές διαφορές πρέπει να οφείλονται σε διαφορετικό γενότυπο. Σε ξεχωριστή ανάλυση των κλώνων που συλλέχθηκαν από δευτερεύοντες ξενιστές δεν βρέθηκε συσχέτιση μεταξύ παραλλακτικότητας στα μορφολογικά χαρακτηριστικά και κατηγορίας βιολογικού κύκλου ή χρώματος (Μαργαριτόπουλος 2001).

Το είδος της καλλιέργειας φαίνεται να αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στην οικολογία και στη γενετική δομή των πληθυσμών του *M. persicae* στην Ελλάδα. Η πίεση επιλογής στους πληθυσμούς, που αποικίζουν τον καπνό, έχει οδηγήσει στη γενετική διαφοροποίησή τους. Σε περιοχές, όπου καλλιεργείται ο καπνός, συναντάται η φυλή που τον αποικίζει όχι όμως και σε περιοχές, όπου η καλλιέργεια του καπνού δεν είναι διαδομένη (Margaritopoulos et al. 2002).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 17 παρθενογενετικές σειρές του *M. persicae*. Και οι 17 παρθενογενετικές σειρές συλλέχθηκαν από καλλιέργεια καπνού από την περιοχή Kastaga της Ζιμπάμπουε, από τον Dr. Κοτρέλ, το έτος 2001. Τηρήθηκαν όλες οι απαραίτητες διαδικασίες, ώστε το προς μελέτη υλικό να μεταφερθεί από τη χώρα του στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, όπου και πραγματοποιήθηκε η μελέτη κατά τη χρονική περίοδο Οκτώβρης 2003-Ιούνιος 2004.

Οι κλώνοι διατηρήθηκαν σε συνθήκες μεγάλης ημέρας (L16:D8) στους 17°C σε ειδικά κουτιά εκτροφής αφίδων τύπου Blackman, διαστάσεων 7,7 cm x 4,5 cm x 2 cm (Blackman 1971) (Εικόνα 5) και τράφηκαν με φύλλα πατάτας.





Εικόνα 5. Πλαστικό κουτί εκτροφής αφίδων, διαστάσεων 7,7cm x 4,5cm x 2cm (Blackman 1971).

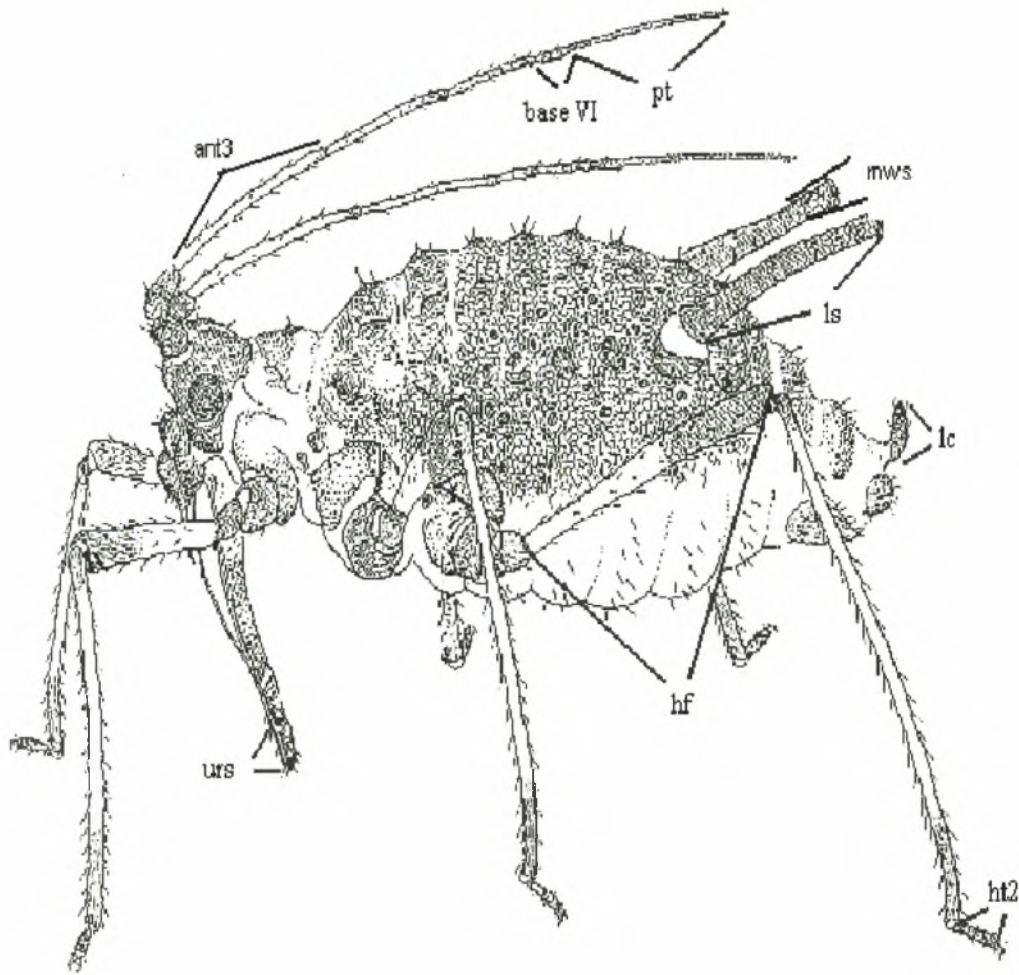
Στη συνέχεια, από κάθε κλώνο συλλέχθηκαν περίπου 30 ενήλικα άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά και διατηρήθηκαν σε πλαστικό φιαλίδιο με διάλυμα 1:3 γαλακτικού οξέος (75% w/w) και αλκοόλης (95%) έως ότου γίνουν μόνιμα παρασκευάσματα, ενώ οι αποικίες συνέχισαν να συντηρούνται, ώστε να μελετηθεί ο βιολογικός τους κύκλος.

Τα μόνιμα παρασκευάσματα έγιναν με τη μέθοδο των Blackman & Eastop (2000). Οι αφίδες παρέμειναν για μια ώρα σε υδατόλουτρο στους 80°C μέσα σε γυάλινο δοκιμαστικό σωλήνα με το υγρό διατήρησης. Στη συνέχεια αφαιρέθηκε από το δοκιμαστικό σωλήνα το υγρό διατήρησης και προστέθηκε διάλυμα αλκοόλης ενώ ο σωλήνας τοποθετήθηκε για τρία λεπτά σε σκεύος με νερό που έβραζε. Κατόπιν αφαιρέθηκε το διάλυμα αλκοόλης και τοποθετήθηκε διάλυμα καυστικού καλίου (10%) ενώ ο σωλήνας τοποθετήθηκε για τέσσερα λεπτά σε σκεύος με νερό που έβραζε. Έπειτα έγιναν δύο πλυσίματα με απεσταγμένο νερό συνολικής διάρκειας 10 λεπτών. Τέλος, στο δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετήθηκε άνυδρο οξικό οξύ για οκτώ λεπτά και κατόπιν γαρυφαλέλαιο για 20 λεπτά. Σε αντικειμενοφόρο πλάκα τοποθετήθηκαν 4 αφίδες σε 1–2 σταγόνες Entellan (οίκου MERCK, Γερμανίας) και σκεπάστηκαν με καλυπτρίδα. Κατόπιν, τα παρασκευάσματα (Εικόνα 6) παρέμειναν για 3-4 εβδομάδες σε κλίβανο θερμοκρασίας 38°C, ώστε να είναι έτοιμα για τη σωματομέτρηση.



Εικόνα 6. Μόνιμο παρασκευάσμα άπτερου παρθενογενετικού θηλυκού *M. persicae*.

Συνολικά σωματομετρήθηκαν 17 παρθενογενετικές σειρές (170 άτομα) από καπνό από την περιοχή Katsaga από τη Zimbabwe. Μετρήθηκαν συνολικά εννέα μορφολογικά χαρακτηριστικά (Εικόνα 7) σύμφωνα με τη μέθοδο των Parco & van Harten (1987). Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν: 1) το μήκος του τελευταίου άρθρου του ρύγχους (urs), 2) το μήκος του βασικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας (base VI), 3) το μήκος του τελικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας (pt), 4) το μήκος του τρίτου άρθρου της κεραίας (ant3), 5) το πλάτος του σιφωνίου (mws), 6) το μήκος του σιφωνίου (ls), 7) το μήκος της ουράς (lc), 8) το μήκος του μηρού του πίσω ποδιού (hf), 9) το μήκος ταρσού του πίσω ποδιού (ht2).



Εικόνα 7. Πλευρική όψη άπτερης αφίδας (τροποποιημένο από Miyazaki 1987), όπου φαίνονται τα εννέα μορφολογικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν. urs: μήκος του τελευταίου άρθρου του ρύγχους, base VI: μήκος του βασικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας, ant 3: μήκος του τρίτου άρθρου της κεραίας, pt: μήκος του τελικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας, lcs: μήκος ουράς, ls: μήκος σιφωνίου, mws: πλάτος σιφωνίου, hf: μήκος του μηρού του πίσω ποδιού, ht2: μήκος ταρσού του πίσω ποδιού.

Οι μετρήσεις έγιναν σε μικροσκόπιο με δυνατότητα αντίθεσης φάσης (Leica DRMB) σε μεγέθυνση 200 και 100 X (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Μικροσκόπιο αντίθεσης φάσης (Leica DRMB) για μέτρηση μορφολογικών χαρακτηριστικών.

Για την μελέτη του βιολογικού κύκλου ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

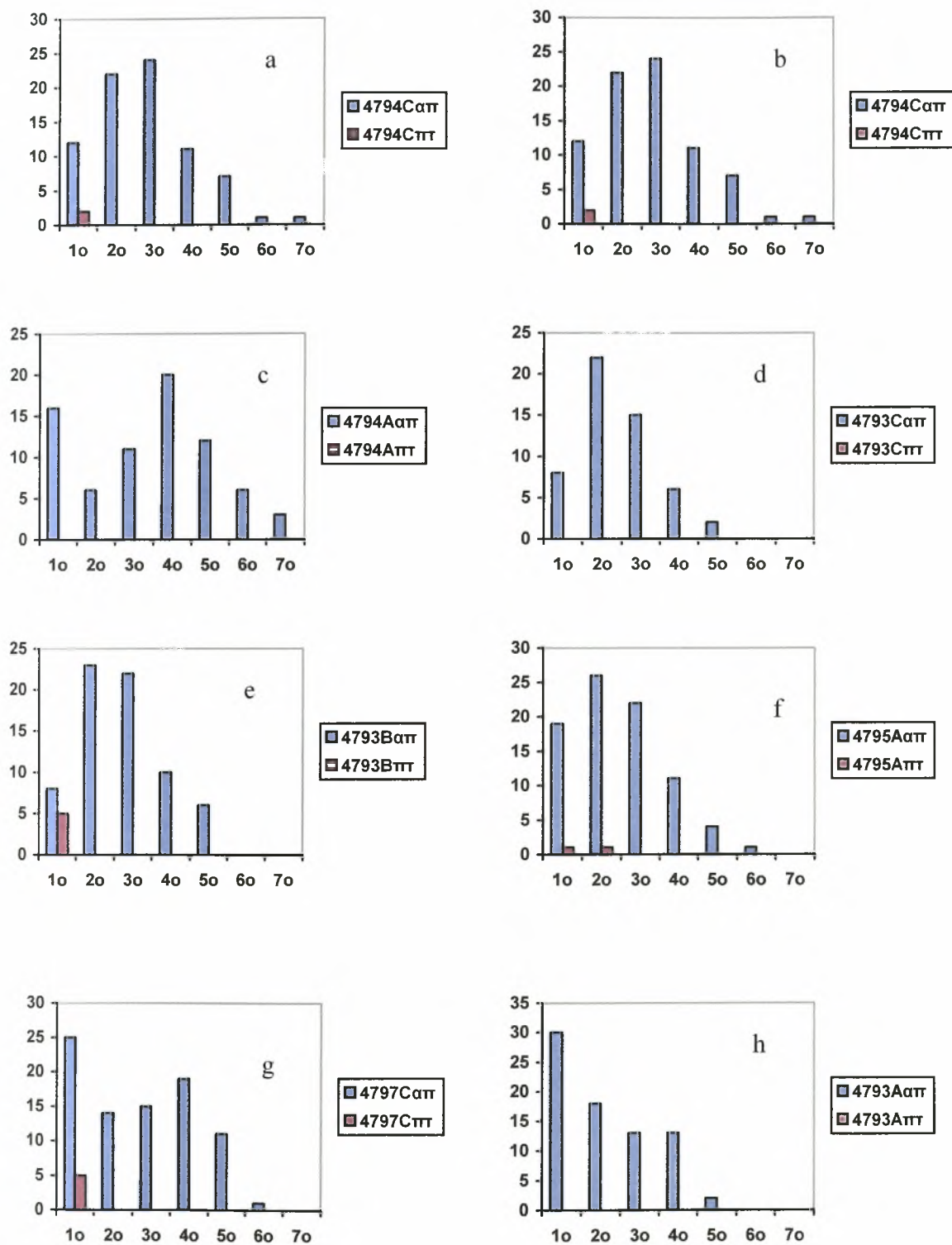
Από τις 17 αρχικές αποικίες μελετήθηκαν οι 16 (ο ένας κλώνος πέθανε πριν την έναρξη του πειράματος), που συντηρούνται σε συνθήκες μακράς ημέρας στα ειδικά κουτιά εκτροφής αφίδων με φύλλα πατάτας. Ενήλικα θηλυκά (3 από κάθε σειρά, που αποτελούν την G_0 γενιά) τοποθετήθηκαν σε συνθήκες μικρής ημέρας (L10:D14) και 17°C . Μετά από μερικές ημέρες γεννήθηκαν οι απόγονοι της G_1 γενιάς. Από κάθε σειρά αυτής συλλέχθηκαν τρία ενήλικα θηλυκά και τοποθετήθηκαν σε τρία διαφορετικά κουτιά σε συνθήκες μικρής ημέρας. Στη συνέχεια, όταν γεννήθηκαν οι απόγονοι της G_2 γενιάς, μεταφέρονταν τα θηλυκά της G_1 γενιάς σε άλλα καινούρια κουτιά κάθε τετραήμερο. Η διαδικασία αυτή συνεχίστηκε (σε συνθήκες μικρής ημέρας και στους 17°C) μέχρι να πεθάνουν τα θηλυκά της G_1 γενιάς.

Κατόπιν, μελετήθηκαν τα άτομα της G_2 γενιάς. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκε ο αριθμός των ατόμων που γεννήθηκε ανά τετραήμερο, καθώς επίσης αν αυτά ήταν άπτερα ή πτερωτά. Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στα πτερωτά, που μεταφέρθηκαν σε κουτιά Blackman, ώστε να παρατηρηθούν οι απόγονοί τους. Αν ήταν θηλυτόκα (gynoparae), θα γεννούσαν ωτόκα (ονίparae) και θα αποδεικνύονταν ο τύπος του βιολογικού κύκλου (ολοκυκλικός).

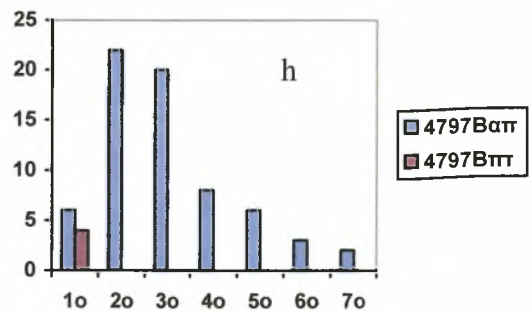
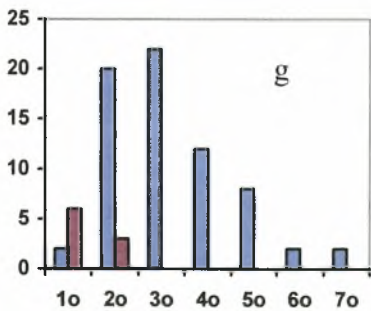
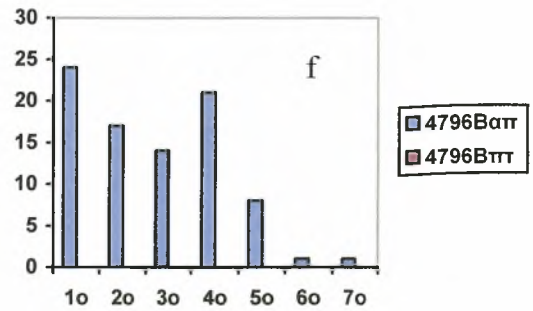
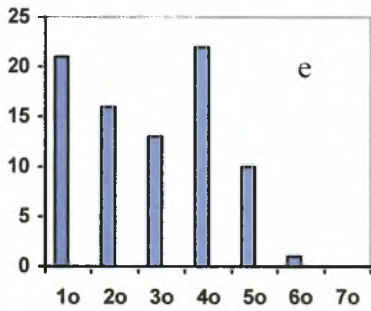
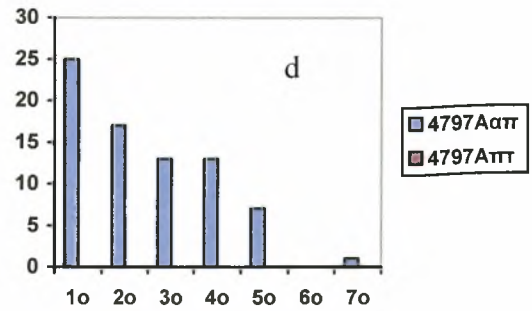
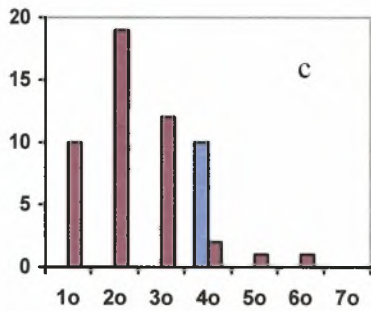
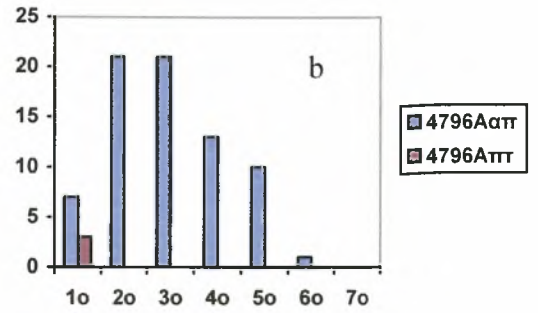
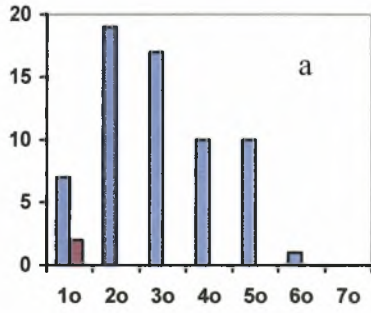
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης του βιολογικού κύκλου παρουσιάζονται στα διαγράμματα 1 και 2. Οι αφίδες από την ημέρα που ενηλικιώθηκαν έζησαν για 36-40 ημέρες και από τα διαγράμματα φαίνεται ότι οι περισσότερες έδιναν απογόνους μέχρι την 24^η και κάποιες μέχρι την 28^η. Επίσης, είναι ευδιάκριτο πως οι περισσότερες παρθενογενετικές σειρές έδωσαν άπτερα άτομα. Διαπιστώνεται, ότι το μέγιστο των γεννήσεων των απτέρων στις περισσότερες περιπτώσεις σημειώθηκε κατά τις πρώτες 12 ημέρες, ενώ τα ελάχιστα πτερωτά εμφανίζονται κατά τις πρώτες 4 ημέρες. Στην περίπτωση της παρθενογενετικής σειράς 4798C, που γέννησε πτερωτά ως και την 24^η ημέρα, το μέγιστο αυτών παρουσιάζεται στο δεύτερο τετραήμερο.

Τα πτερωτά μελετήθηκαν και συγκεκριμένα οι απόγονοί τους, οι οποίοι ήταν όλοι άπτεροι. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι κάθε μορφής απογόνων που έδωσαν οι κλώνοι και των τριών πειραμάτων συνολικά. Επίσης, δίνονται πληροφορίες για το χρώμα και την ανθεκτικότητα που παρουσιάζουν στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα. Όπου S, δείχνει κλώνους με ευαισθησία στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, όπου R1, R2, δείχνουν κλώνους με μέτρια ανθεκτικότητα και non-mace, κλώνους με μη τροποποιημένη ακετυλοχολινεστεράση.



Διάγραμμα 1 : Μέσος όρος των διαφορετικών μορφών απογόνων, που παρήγαγαν άπτερα θηλυκά της G_1 γενιάς σε συνθήκες μικρής ημέρας (L10:D14) και 17°C. (απ: άπτερα, πτ: πτερωτά, ο αριθμός που εμφανίζεται πριν από τα σύμβολα αυτά είναι ο κωδικός για κάθε μία από τις 17 παρθενογενετικές σειρές)



Διάγραμμα 2 : Μέσος όρος των διαφορετικών μορφών απογόνων, που παρήγαγαν άπτερα θηλυκά της G₁ γενιάς σε συνθήκες μικρής ημέρας (L10:D14) και 17°C. (απ: άπτερα, πτ: πτερωτά, ο αριθμός που εμφανίζεται πριν από τα σύμβολα αυτά είναι ο κωδικός για κάθε μία από τις 17 παρθενογενετικές σειρές)

Πίνακας 1: Μέσος όρος των άπτερων (Απ) και πτερωτών (Πτ) απογόνων διάφορων κλώνων, το χρώμα και η ανθεκτικότητά τους στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, (οι αριθμοί στην παρένθεση υποδηλώνουν την τυπική απόκλιση). Οι κλώνοι συλλέχθηκαν το 2001 από την Ν. Αφρική από την περιοχή Katsaga των Zimbabwe από φυτά καπνού και εξετάστηκαν σε φωτοπερίοδο L10:D14 στους 17°C.

| Κλώνος | Απ | Πτ | Χρώμα | Ανθεκτικότητα σε * οργανοφωσφορικά |
|--------|------------|------------|---------|-----------------------------------------|
| 4793A | 76 (6) | 0 (0) | Κόκκινο | R ₁ /R ₂ non-mace |
| 4793B | 71 (7) | 5 (3) | Κόκκινο | R ₁ /R ₂ non-mace |
| 4793C | 52 (13) | 0 (0) | Κόκκινο | R ₁ /R ₂ non-mace |
| 4794A | 74 (2) | 0 (0) | Κόκκινο | R ₁ /R ₂ non-mace |
| 4794C | 77 (5) | 2 (3) | Κόκκινο | R ₁ /R ₂ non-mace |
| 4795A | 73 (2) | 2 (2) | Κόκκινο | R ₁ /R ₂ non-mace |
| 4795B | 77 (9) | 0 (0) | Κόκκινο | R ₁ /R ₂ non-mace |
| 4795C | 64 (2) | 2 (3) | Κόκκινο | R ₁ /R ₂ non-mace |
| 4796A | 74 (10) | 4 (3) | Πράσινο | S non-mace |
| 4796B | 85 (13) | 1 (0) | Πράσινο | S non-mace |
| 4796C | 67 (15) | 10 (7) | Πράσινο | S non-mace |
| 4797A | 76 (9) | 0 (0) | Πράσινο | S non-mace |
| 4797B | 66 (10) | 4 (3) | Πράσινο | S non-mace |
| 4797C | 85 (9) | 0 (0) | Πράσινο | S non-mace |
| 4798B | 83 (7) | 0 (0) | Πράσινο | S non-mace |
| 4798C | 10 (4) | 45 (15) | Πράσινο | R ₂ non-mace |
| Σύνολα | 69 (8) | 5 (2) | | |

* Στοιχεία από IACR του Rothamsted, U. K.

Για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων από τη σωματομετρία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών (Canonical Variates Analysis CVA). Οι 17 παρθενογενετικές σειρές εξετάστηκαν ταυτόχρονα με σειρές που συλλέχθηκαν από ροδακινίες στα Λεχώνια, από καπνό στο Ναύπλιο (όπου δεν υπήρχαν ροδάκινα κοντά), από καπνό και ροδάκινα από την Caserta της Ιταλίας. Στο Σχήμα 1 φαίνονται οι μέσες τιμές (scores) των δυο πρώτων κανονικών μεταβλητών (CVs ή KM) που μαζί εξηγούν το 57,4% της συνολικής παραλλακτικότητας των δεδομένων. Η πρώτη κανονική μεταβλητή (KM1) εκφράζεται από την εξίσωση: $KM1 = -1.1 \times ant3 + 30.7 \times base\ VI + 0.9 \times pt + 293.9 \times urs + (-7) \times hf + (-63) \times ht2 + 2.8 \times ls + (-53.1) \times mws + 5 \times lc$ ενώ η δεύτερη κανονική μεταβλητή (KM2) εκφράζεται ως εξής: $KM2 = 23.8 \times ant3 + 32.3 \times base\ VI + 0.1 \times pt + (-23.9) \times urs + 3.3 \times hf + 1.5 \times ht2 + (-0.1) \times ls + 85.2 \times mws + (-3.8) \times lc$. Από το Σχήμα 1 είναι φανερό η διαφοροποίηση των παρθενογενετικών σειρών σε δυο ομάδες, την ομάδα του καπνού και την ομάδα των ροδακινιών. Αυτός ο διαχωρισμός οφείλεται κυρίως στην πρώτη κανονική μεταβλητή (KM1) (Πίνακα 2) που εξηγεί το 37,4% της παραλλακτικότητας και είναι υπεύθυνη για τη διάκριση των δυο ομάδων.

Από τον Πίνακα 3 φαίνεται, ότι το μορφολογικό χαρακτηριστικό που παρουσίασε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την KM1 ήταν το μήκος του τελευταίου άρθρου του ρύγχους (urs). Επιπλέον, το μήκος του τρίτου άρθρου της κεραίας (ant 3) παρουσίασε μεγάλη συσχέτιση με την KM2.

Από τον Πίνακα 1, φαίνεται ότι οι πληθυσμοί από τη Ν. Αφρική αποτελούνται από 4 διαφορετικούς γενότυπους. Από το γενότυπο, που προσδίδει στα άτομα κόκκινο χρώμα, από αυτόν που προσδίδει πράσινο χρώμα, από τον γενότυπο που έχει ως αποτέλεσμα την ανθεκτικότητα στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα και από εκείνον που τα καθιστά ευαίσθητα σε αυτά. Επίσης, όλα τα άτομα δεν παρουσίασαν τροποποιημένη ακετυλοχολινεσταράση, όσον αφορά τα καρβαμικά εντομοκτόνα (pirimicarb, triazamate). Τα παραπάνω αποτελέσματα έχουν προκύψει με βιοχημικές μεθόδους από την Diana Cox, που πραγματοποιήθηκαν στο Institute of Arable Crop Research (IACR, U. K.).

Πίνακας 2. Παραλλακτικότητα των δεδομένων που εξηγούν οι διάφορες κανονικές μεταβλητές στην αφίδα *Myzus persicae*.

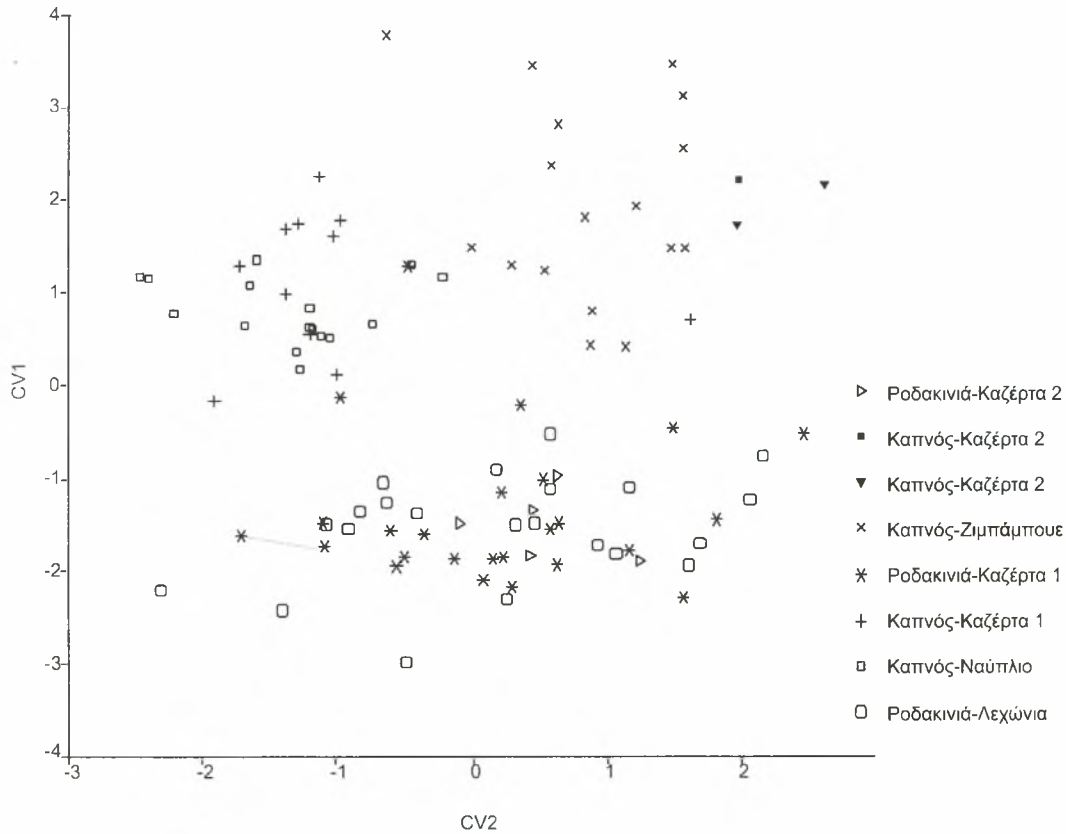
| Κανονικές μεταβλητές | Παραλλακτικότητα (%) | Παραλλακτικότητα αθροιστικά (%) | Συσχέτιση ΚΜ με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά |
|----------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|
| ΚΜ 1 | 37,4 | 37,4 | 0,868 |
| ΚΜ 2 | 20 | 57,4 | 0,788 |
| ΚΜ 3 | 11,9 | 69,3 | 0,702 |
| ΚΜ 4 | 10 | 79,3 | 0,671 |
| ΚΜ 5 | 7,2 | 86,5 | 0,609 |
| ΚΜ 6 | 5,2 | 91,7 | 0,548 |
| ΚΜ 7 | 4,6 | 96,3 | 0,521 |
| ΚΜ 8 | 2,4 | 98,7 | 0,407 |
| ΚΜ 9 | 1,3 | 100 | 0,309 |

Πίνακας 3. Συσχέτιση μορφολογικών χαρακτηριστικών (MX) και σταθερών συντελεστών των κανονικών μεταβλητών στην αφίδα *Myzus persicae*.

| MX | Κανονικές μεταβλητές | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| URS [#] | 0,777* | 0,323 | 0,408 | 0,028 | 0,141 | 0,296 | 0,096 | 0,088 | -0,031 |
| ANT3 | 0,093 | 0,914* | 0,120 | 0,010 | 0,011 | -0,082 | -0,250 | -0,264 | -0,053 |
| HF | -0,053 | 0,737* | 0,133 | 0,275 | 0,244 | 0,210 | -0,312 | 0,396 | -0,062 |
| LS | 0,073 | 0,653* | -0,363 | 0,195 | 0,165 | 0,487 | -0,235 | -0,280 | 0,018 |
| BASE VI | 0,210 | 0,623* | -0,243 | 0,527 | 0,033 | -0,235 | 0,404 | 0,097 | -0,040 |
| MWS | -0,105 | 0,571* | -0,162 | -0,494 | 0,030 | 0,350 | 0,428 | 0,278 | 0,089 |
| HT2 | -0,276 | 0,359 | 0,576* | 0,323 | 0,279 | 0,296 | 0,317 | -0,234 | 0,194 |
| LC | 0,030 | 0,597 | -0,107 | -0,094 | 0,778* | -0,026 | -0,071 | -0,107 | -0,020 |
| PT | 0,154 | 0,074 | -0,074 | 0,027 | -0,039 | -0,118 | -0,148 | 0,100 | 0,958* |

1. [#] Για ονομασία μορφολογικών χαρακτηριστικών βλέπε εικόνα 7.

2. * μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ μορφολογικού χαρακτηριστικού και κανονικής μεταβλητής.



Σχήμα 1. Τιμές των δυο πρώτων κανονικών μεταβλητών για εννέα μορφολογικά χαρακτηριστικά 17 παρθενογενετικών σειρών του *Myzus persicae*, που συλλέχθηκαν στη Ζιμπάμπουε. Στο σχήμα φαίνεται πως οι σειρές από καπνό διαφοροποιούνται από αυτές των ροδακινίων. Τα αποτελέσματα προέκυψαν ύστερα από ταυτόχρονη στατιστική επεξεργασία των σειρών από Ζιμπάμπουε με άλλες σειρές καπνού από Ναύπλιο και Ιταλία, καθώς και με σειρές ροδακινίων από Λεχώνια και από Ιταλία. Γραμμές που συνδέουν δείγματα παρθενογενετικών σειρών που εξετάστηκαν μετά από σύντομη και μακράς διάρκειας παρθενογενετικής εκτροφής στο εργαστήριο (Ροδακινιά-Καζέρτα 1: συλλογή 2001, Ροδακινιά-Καζέρτα 2: συλλογή 2002, Καπνός-Καζέρτα 1: παρθενογενετικές σειρές, Καπνός-Καζέρτα 2: δείγματα αγρού).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μορφολογική και γενετική διαφοροποίηση των γενοτύπων του *M. persicae*, που αποικίζουν τον καπνό και άλλους ξενιστές έχει μελετηθεί διεξοδικά στην Ελλάδα. Ο συνδυασμός μοριακών (Blackman *et al.*, submitted), βιολογικών (Margaritoroulos *et al.*, 2002) και μορφολογικών (Margaritoroulos *et al.*, 2000) μελετών έδειξε ότι στη Βόρεια Ελλάδα οι αφίδες από καπνό, που βρίσκεται σε περιοχές με καλλιέργειες ροδακίνων, παρουσιάζουν ικανότητα σεξουαλικής αναπαραγωγής. Αντίθετα, σε περιοχές που δεν καλλιεργείται ροδακινιά, οι πληθυσμοί στον καπνό έχουν χάσει μερικώς ή ολικώς την ικανότητα σεξουαλικής αναπαραγωγής. Επίσης, έχει βρεθεί γενετική και μορφολογική διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών σε περιοχές που καλλιεργείται ο καπνός και σε περιοχές όπου δεν καλλιεργείται.

Οι παρθενογενετικές σειρές που συλλέχθηκαν από καπνό στη Ν. Αφρική, μετά από τη μελέτη της κατηγορίας του βιολογικού τους κύκλου, βρέθηκε ότι είναι ανολοκυκλικές. Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή που αποτρέπουν την επικράτηση γενοτύπων με ικανότητα σεξουαλικής αναπαραγωγής. Επίσης, στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και ο Blackman (1975), λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες θερμοκρασίας της περιοχής. Συγκεκριμένα, σε περιοχές όπου η θερμοκρασία ξεπερνά τους 24°C, οι αφίδες δεν μπορούν να αναπαραχθούν σεξουαλικά.

Όσον αφορά τη μορφολογία τους, μετά από ταυτόχρονη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της σωματομετρίας των παρθενογενετικών σειρών από Ν. Αφρική με σειρές καπνού από Ναύπλιο (Ν. Ελλάδα) και Ιταλία, καθώς και με σειρές ροδακίνων από Λεχώνια (ανατολική, κεντρική Ελλάδα) και Ιταλία, παρατηρήθηκε διαφοροποίηση σε δύο ομάδες, στην ομάδα του καπνού και στην ομάδα των ροδακίνων. Η διαφοροποίηση έγινε με βάση τις δύο πρώτες κανονικές μεταβλητές. Ο διαχωρισμός της μορφής του καπνού από τη μορφή που αποικίζει άλλους ξενιστές δείχνει μορφολογικές διαφορές που οφείλονται σε διαφορετικό γενότυπο.

Οι σειρές από την Ν. Αφρική δεν αναπαράγονται σεξουαλικά και οι πληθυσμοί αποτελούνται πιθανώς από λίγους γενότυπους. Στη συγκεκριμένη μελέτη, σύμφωνα με τον Πίνακα 1, οι πληθυσμοί από Ν. Αφρική αποτελούνται το λιγότερο από τέσσερις διαφορετικούς γενότυπους. Από τον κόκκινο γενότυπο, από τον πράσινο γενότυπο, από τον ανθεκτικό γενότυπο στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα και από τον ευαίσθητο. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των γενοτύπων

στην υπο εξέταση περιοχή μπορεί να δώσουν σύγχρονες μοριακές μέθοδοι. Παρόλα αυτά φαίνεται ότι ακόμη και σε περιοχές όπου το είδος αναπαράγεται παρθενογενετικά, έχει γενετική παραλλακτικότητα (διαφορές στη μορφολογία μεταξύ των σειρών στην παρούσα μελέτη και έλεγχος μηχανισμών ανθεκτικότητας- στοιχεία Diana Cox) που μπορεί να το βοηθήσει στην αντιμετώπιση ετερογενών περιβαλλοντικών συνθηκών.

Το 1987 ο Blackman σε μορφομετρικές μελέτες πληθυσμών του συμπλόκου *M. persicae*, που συλλέχθηκαν από διάφορους ξενιστές και περιοχές της Αμερικής, Ευρώπης, Αφρικής και Ασίας, έδειξε ότι οι κλώνοι από τον καπνό (*Nicotiana tabacum* L.) μπορούν να διακριθούν από αυτούς των άλλων ξενιστών με τη χρήση της Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών (canonical variate analysis). Η μορφολογική διαφορά των αφίδων του καπνού βρέθηκε ότι είναι σταθερή και υπόκειται σε πολυγονιδιακό έλεγχο.

Σε μελέτες που έγιναν σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας (Margaritoroulos *et al.*, 2002), βρέθηκαν μορφολογικές διαφορές μεταξύ ολοκυκλικών παρθενογενετικών σειρών που συλλέχθηκαν από καπνό και άλλους δευτερεύοντες ξενιστές, οι οποίες σχετίζονται με το φυτό ξενιστή από όπου συλλέχθηκαν. Με τη χρήση της Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών οι κλώνοι που τρέφονται στον καπνό, ανεξάρτητα από το βιολογικό κύκλο, την περιοχή συλλογής και το χρώμα, διαχωρίστηκαν με σχετικά ικανοποιητική ακρίβεια από αυτούς που αποικίζουν άλλους δευτερεύοντες ξενιστές.

Το ερώτημα που τίθεται συχνά στις μορφολογικές μελέτες των αφίδων είναι κατά πόσο οι διαφορές που ανιχνεύονται αντικατοπτρίζουν γενετικές διαφορές ή οφείλονται κυρίως στην επίδραση του περιβάλλοντος και ειδικότερα του φυτού ξενιστή στον οποίο τρέφονται.

Στη μελέτη του Μαργαριτόπουλου (2001) όλες οι παρθενογενετικές σειρές του συμπλόκου *M. persicae* εκτράφηκαν στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας, φωτοπεριόδου και στον ίδιο ξενιστή για 1-3 γενιές πριν σωματομετρηθούν. Οι παρθενογενετικές σειρές από τον καπνό και τη ροδακινιά (από περιοχές που δεν καλλιεργείται καπνός), που διατηρήθηκαν για 1-3 χρόνια στο εργαστήριο και εκτράφηκαν σε διάφορους ξενιστές πριν σωματομετρηθούν διατήρησαν τη χαρακτηριστική τους μορφολογία και χαρακτηρίστηκαν ότι ανήκουν στη φυλή που αποικίζει τον καπνό ή τους άλλους ξενιστές αντίστοιχα. Επίσης, παρθενογενετικές σειρές της φυλής του καπνού βρέθηκαν στη ροδακινιά όπου λαμβάνει χώρα η σεξουαλική αναπαραγωγή του είδους. Συνεπώς, οι μορφολογικές διαφορές που

βρέθηκαν φαίνεται ότι είναι σταθερές και οφείλονται στο διαφορετικό γενότυπο των σειρών. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε ο Blackman (1987) σωματομετρώντας μια παρθενογενετική σειρά που συλλέχθηκε από καπνό και εκτράφηκε για περισσότερο από επτά χρόνια σε λάχανο και παρέθεσε την άποψη ότι οι κλώνοι της μορφής του καπνού μοιράζονται ένα σύνθετο μορφολογικό χαρακτηριστικό, αρκετά σταθερό, που πιθανώς ελέγχεται από πολλά γονίδια.

Στην παρούσα μελέτη, η μέτρηση των μορφολογικών χαρακτηριστικών παρθενογενετικών σειρών του *M. persicae* από την Ν. Αφρική και η σύγκρισή τους με σειρές από την περιοχή της Μεσογείου, έδειξε ότι οι σειρές που προέρχονται από την Αφρική διαφοροποιούνται από αυτές των περιοχών της Μεσογείου. Φαίνεται πως οι περιβαλλοντικές συνθήκες στην Ελλάδα και γενικότερα στις περιοχές της Μεσογείου οδηγούν στην επικράτηση διαφορετικών γενοτύπων. Οι παρθενογενετικές σειρές από τη Zimbabwe διατήρησαν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά αυτών του καπνού, παρά το ότι βρίσκονταν σε τροπικό περιβάλλον, γεγονός που ενισχύει την άποψη της γενετικής διαφοροποίησης του υποείδους *M. persicae nicotianae*. Διαφορές, επίσης έχουν βρεθεί σε σειρές μεταξύ διαφόρων περιοχών της Ελλάδας και περιοχών της δυτικής Ευρώπης, όπως Ισπανία, Γαλλία και Γερμανία (Kerhalogianni *et al.* 2002), όπου παρατηρήθηκε μορφολογική παραλλακτικότητα, εξαιτίας γενετικών διαφορών, αφού όλες οι αφίδες διατηρήθηκαν σε κοινές περιβαλλοντικές συνθήκες. Φαίνεται συνεπώς, ότι το *M. persicae* είναι είδος με μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα που του επιτρέπει να προσαρμόζεται σε διάφορα περιβάλλοντα.

Η σωματομετρία ως μέθοδος μπορεί να βοηθήσει στο διαχωρισμό συγγενών ειδών και φυλών αφίδων και στην επίλυση ταξινομικών προβλημάτων (Blackman *et al.* 1977, Blackman 1987, Blackman & Eastop 1987, Lazzari & Voegtlin 1993). Αλλά η εφαρμογή της παρουσιάζει περιορισμούς και δεν μπορεί να δώσει ευκρινείς πληροφορίες σχετικά με τη γενετική δομή των πληθυσμών. Γι αυτό, είναι σκόπιμο η μορφομετρική μελέτη που έγινε σε αυτή την εργασία να συμπληρωθεί με μοριακές μεθόδους, όπως η ανάλυση μικροδορυφορικού DNA.

BIBΛIOΓPAΦIA

- Aoki, S. 1977b.** On the biters of *Astegopteryx styracicola* (Homoptera, Aphidoidea). *Kontyû*. **45**, 563-570.
- Aoki, S. 1982a.** Pseudoscorpion-like second instar larvae of *Pseudoregma shitosanensis* (Homoptera, Aphidoidea) found on its primary host. *Kontyû*. **50**, 445-453.
- Aoki, S and Miyazaki, M. 1978.** Notes on the pseudoscorpion-like larvae of *Pseudoregma alexanderi* (Homoptera, Aphidoidea). *Kontyû*. **46**, 433-438.
- Blackman, R. L. 1972.** The inheritance of life-cycle differences in *Myzus persicae* (Sulz.) (Hem., Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*. **62**, 281-294.
- Blackman, R.L.** (1971) Variation in the photoperiodic response within natural populations of *Myzus persicae* (Sulzer). *Bulletin of Entomological Research*, **60**, 533-546.
- Blackman, R. L. 1974.** Life cycle variation of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hom., Aphididae) in different parts of the world, in relation to genotype and environment. *Bulletin of Entomological Research*. **63**, 595-607.
- Blackman, R.L.** (1980) Chromosomes and parthenogenesis in aphids. pp. 133-148. In Blackman, R.L., Hewitt, G.M. & Ashburner, M. (Eds), *Insect Cytogenetics*. Blackwell, Oxford:
- Blackman, R.L.** (1987) Morphological discrimination of a tobacco-feeding form from *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) and a key to New World *Myzus* (*Nectarosiphon*) species. *Bulletin of Entomological Research*, **77**, 713-730.
- Blackman, R.L. & Spence, J.M.** (1992) Electrophoretic distinction between the peach-potato aphid *Myzus persicae* and the tobacco aphid *Myzus nicotianae* (Homoptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, **82**, 161-165.
- Blackman, R.L Spence, J.M.** (1994) The effects of temperature on aphid morphology, using a multivariate approach. *European Journal of Entomology*, **91**, 7-22.
- Blackman, R. L. and V. F. Eastop, 1984.** Aphids of the World's Crops: An Identification and Information Guide. John Wiley & Sons Publications, London.

- Blackman R.L & Eastop V.F** (2000) *Aphids on the World's Crops. An Identification And Formation Guide. Second Edition.* John Wiley & Sons, London.
- Brooks, D.R. & McLennan, D.A.** (1991) *Phylogeny, Ecology and Behaviour.* University of Chicago Press, Chicago.
- Brunt A.A., K. Crabtree, M. J. Dallwitz, A. J. Gibbs and L. Watson.** 1996. Viruses of plants. Descriptions and Lists from the VIDE Database. Cab International.
- Bonnet, C.** 1745. *Traité d'Insectologie au observations sur les Pucerons.* Paris : Chez Durand.
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olson, R.A., & Stone, C.J.** (1984) *Classification and Regression Trees.* Wadsworth, Belmont, CA.
- Brooks, D.R. & McLennan, D.A.** (1991) *Phylogeny, Ecology and Behaviour.* University of Chicago Press, Chicago.
- Bush, G.L.** (1975) Sympatric speciation in phytophagous parasite insects. pp. 187-206. *In Price, P.W. (Eds), Evolutionary Strategies of Parasitic Insects and Mites.* Plenum, New York.
- Caillaud, C. M.** (1999) Behavioral correlates of genetic divergence due to host specialization in the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **91**, 227-232.
- Digby, P.G.N. & Kempton, R.A.** (1994) *Multivariate Analysis of Ecological Communities.* Chapman and Hall, London.
- Dixon, A. F. G.** 1998. *Aphid Ecology.* Second Edition. Chapman and Hall, London, U.K., 300 pp.
- Field, L.M., Javed N., Stribley M.F. & Devonshire A.L.** (1994) The peach-potato aphid *Myzus persicae* and the potato aphid *Myzus nicotianae* have the same esterase-based mechanisms of insecticide resistance. *Insect Molecular Biology*, **3**, 143-148.
- Forster C, Ott G, Forchhammer K & Sprinzl M.** (1990) Interaction of a selenocysteine-incorporating transfer-RNA with elongation factor-TU from *Escherichia coli*. *Nucleic Acids Research*, **18**, 487-491.
- Footit, R.C. & Bonen L.** (1990) Analysis of aphid species using mitochondrial DNA techniques. *In Peters, D.C., Webster, J.A. & Chlouber, C.S. (Eds).* *Proceedings, aphid-plan interactions: populations to molecules.* Oklahoma

State University, Stillwater.

- Guldemon, J.A.** (1990a) *On aphids, their host plants and speciations*. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- Guldemon, J.A.** (1990b) Choice of host plant as a factor in reproductive isolation of the aphid genus *Cryptomyzus* (Homoptera: Aphididae). *Ecological Entomology*, **15**, 43-51.
- Hardys H., Balick M., and Scierwater B.** (1992). Applications of random amplified polymorphic DNA (RAPD) in molecular ecology. *Molecular Ecology*, **1**, 55-63.
- Heie, O. E.** 1980. The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. II. The Family Drepanosiphidae. Scandinavian Science Press, Klampenborg, 176pp.
- Hille Ris Lambers, D.** (1950) Host plants and aphid classification. In *Proceedings of the 8th International Congress in Entomology*, 1948, Stockholm. pp. 141-148.
- Hille Ris Lambers, D.,** 1960. Some notes on morph determination in aphids. *Entomological Berichten*, **20**, 110-113.
- Ilarco, F. A. and A. van Harten.** 1987. Systematics. pp. 51-77. in Minks, A.K. & Harrewijn, P. (Eds). *Aphids. Their Biology, Natural Enemies and Control*. Volume A. Amsterdam, Elsevier.
- Johnson, B. and P. R. Birks.** 1960. Studies on wing polymorphism in aphids. 1. The developmental process involved in the production of the different forms. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. **3**, 327-339.
- Kephalogianni, T. E., Tsitsipis, J. A., Margaritopoulos, J. T., Zintzaras, E., Delon, R., Blanco Martin, I. and Schwaer, W.,** 2002. Variation in life cycle and morphology of the tobacco host-race of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) in relation to its geographical distribution. *Bulletin of Entomological Research* **92**, 301-307.
- Kennedy, J.S., M.F. Day, and V.F. Eastop.** 1962. *A Conspectus of Aphids as Vectors of Plant Viruses*. Commonwealth Institute of Entomology, London, 114pp.
- Krzanowski, W.J.** (1990) *Principles of Multivariate Analysis*. Clarendon Press, Oxford.
- Lamarck, J.B.** (1809) *Philosophie Zoologique* (1984 Translation, Trans.). Chicago University Press, Chicago.

- Lampel, G. 1968.** Die Biologie des Blattlaus-Generationswechsels, mit besonderer Berücksichtigung terminologischer Aspekte. Gustav Fisher Verlag, Jena, 264 pp., 33 pls.
- Lazzari S.M.N & Voegtlin, D.J (1993)** Morphological variation in *Rhopalosiphum padi* and *R. insertum* (Homoptera: Aphididae) related to host-plant and temperature. *Annals of the Entomological Society of America*, **86**, 26-36.
- 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. (1966)** The control of polymorphism in aphids. *Advances in Insect Physiology*, **3**, 207-277.
- Llewellyn, k.S., Brookes, S.P., Harrington, R., Loxdale, H.D., Sunnucks, P. & Edwards, K. (1997)** Using microsatellite DNA to study aphid genetic heterogeneity in UK. In *Abstract Volume of Fifth International Symposium of Aphids*. Leon University, Leon, Spain.
- Lowe, H.B.J. (1973)** Variation in *Myzus persicae* (Sulz) (Hemiptera, Aphididae) reared on different host-plants. *Bulletin of Entomological Research*, **62**, 549-556.
- Mackenzie, A. (1992)** The evolutionary significance of host-mediated conditioning. *Antenna*, **16**, 141-150.
- Mackenzie, A. & Guldmond, J.A. (1994)** Sympatric speciation in aphids. II. Host race formation in the face of gene flow. pp. 379-396. In Leather, S.R., Watt, A.D., Mills, N.J. & Walters, K.F.A. (Eds). *Individuals, Populations and Patterns in Ecology*. Intercept, Andover.
- Μαργαριτόπουλος Ι. Τ. (2001).** Μελέτη της βιολογίας πληθυσμών του συμπλόκου είδους *Myzus persicae*. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Margaritopoulos, J.T., Mamuris, Z. & Tsitsipis, J.A. (1998).** Attempted Discrimination of *Myzus persicae* (Sulzer) and *Myzus nicotianae* Blackman (Homoptera: Aphididae) by Random Amplified Polymorphic DNA Polymerase Chain Reaction Technique. *Annals of the Entomological Society of America*, **91**, 602-607.
- Margaritopoulos J.T., Tsitsipis J.A., Zintzaras E. & Blackman R.L. (2000)** Host-correlated morphological variation of *Myzus persicae* (Hemiptera:

- Aphididae) population in Greece. *Bulletin of Entomological Research* (2000), **90**, 233-244.
- Margaritopoulos, J.T., Tsitsipis, J.A., Goundoudaki, S. & Blackman, R.L.** (2002) Life cycle variation of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) in Greece. *Bulletin of Entomological Research*, **92**, 309-320.
- Markkula, M. & Roukka, K.** (1970) Resistance of plants to the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* Harris (Hom.m Aphididae). *Annales Agriculturae Fenniae*, **9**, 127-132.
- Martinez D, Moya A, Latorre A, et al.** (1992) Mitochondrial DNA variation in *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) populations from 4 spanish localities. *Annals of the Entomological Society Ameica*, **85**, 241-246
- Masaki, S.** 1980. Summer diapause. *Annual Review of Entomology*, **25**, 1-25.
- Mosbacher, G.C.** (1963) Über die Nahrungswall bei *Dactynotus* RaF. (Aphididae) I. Die Wirtspektren der Gruppe *D. jacae* (L.) s. lat. und *D. cichorii* (Koch) s. lat. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, **51**, 378-428.
- Müller, F.P.** (1971) Isolationmechanismen zwischen sympatrischen bionomischen Rassen am Beispiel der Erbsenblattlaus *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae). *Zoologisches Jahrbuch Abteilung Systematik und Oecologische Geographie der Tiere*, **98**, 131-152.
- Müller, F.P.** (1976) Host and non-host in subspecies of *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) and intraspecific hybridizations (Homoptera: Aphididae). *Symposium Biologia Hungarica*, **16**, 187-190.
- Müller, F.P.** (1980) Wirtzpflanzen, Generationsfolge und Reproduktive Isolationintraspezifiker Formen von *Acyrtosiphon pisum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **28**, 145-157.
- Müller, F.P.** (1982) Das Problem *Aphis fabae*. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, **94**, 432-446.
- Müller, F.P.** (1983) Untersuchungen zur Blattläuse der Gruppe *Acyrtosiphon pelargonii* im Freiland-Insektarium. *Zeitschrift für Angewandte Zoologie*, **70**, 351-367.
- Müller, F. P** 1961a. Holozyklie und Anoholozyklie bei der grünen Pfirsich-blattlaus *Myzodes persicae* (Sulzer). *Zeitschrift für Angewandte Entomology*, **36**, 369-380.
- Powers, T.O., Jensen S.G, Kindler S.D, Strycker C.J. & Sandall, L.J.** (1989)

Mitochondrial-DNA divergence among Greenbug (Homoptera: Aphididae) biotypes. *Annals of Entomological Society of America*, **82**, 298-302

- Richards, O.W.** (1961) An introduction to the study of polymorphism in insects. In Kennedy, J.S. (Ed.). *Insect Polymorphism. Symposia of the Royal Entomological Society of London*.
- Rivnay, E.** 1962. Field Crop Pests in the Near East. W. Junk, Den Haag, 450pp.
- Shaposhnikov, G.K.H.** (1985) The main features of the evolution of aphids. In *Proceedings of the International Aphidological Symposium at Jablonna*, pp. 19-99. Warsaw: Polska Akademia Nauk, Instytut Zoologii.
- Simon, C., R. L. Blackman and J. F. Le Gallic.** 1991. Local variability in the life cycle of the birth cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum pomi* (Homoptera: Aphididae) in western France. *Bulletin of Entomological Research*. **81**, 315-322.
- Stroyan, H.L.G.** (1958) Contribution to the taxonomy of some British species of *Sappaphis* Matsumura 1918 (Homoptera, Aphidoidea). *Journal of the Linnean Society*, **43**, 644-713.
- Sunnucks P, Driver F, Brown WV, Carver M, Hales DF & Milne WM** (1997) Biological and genetic characterization of morphologically similar *Therioaphis trifolii* (Hemiptera: Aphididae) with different host utilization. *Bulletin of Entomological Research*, **87**, 425-436.
- Thomas, K.H.** (1968) Die Blattläuse aus der engere Verwandtschaft von *Aphis gossypii* Glover und *A. frangulae* Kaltenbach unter besonderer Berücksichtigung ihres Vorkommens an Kartoffel. *Entomologische Abhandlungen staatliches Museum für Tierkunde in Dresden*, **35**, 337-389.
- Τζανακάκης Μ.Ε.** (1980) *Μαθήματα Εφαρμοσμένης Εντομολογίας. Ειδικό μέρος.* Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη.
- Tomiuk, J.** (1990) Genetic stability in aphid clones and its implication for host-plant interactions. pp. 273-288. In Campbell, R.K. & Eikenbary, R. D. (Eds). *Aphid-Plant Genotype Interactions*. Amsterdam: Elsevier Press.
- Τσιτσιπής, Ι.Α.** (1996) *Εφαρμοσμένη Εντομολογία*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- 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. In Eds. J. M. Nieto Nafzia and A. F. G. Dixon, "Aphids in natural and managed ecosystems",

- Universidad de Leon (Secretariado de Publicaciones), Leon, Spain. p. 495-501.
- van Emden, H. F., V. F. Eastop, R. D. Hughes & M. J. Way. 1969.** The ecology of *Myzus persicae*. *Annual Review of Entomology*, **14**, 197-270.
- Waldhauer, W. 1953.** Über Rassendifferenzierung im Formenkreis der Grünen Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae* Sulzer). *Nachrichteublatt der Deutschen Pflanzenschutzdienst, Berlin*, **7**, 95-99.
- Waldhauer, W. 1957.** Untersuchungen an Klonen der Grünen Pfirsichblattlaus *Myzodes persicae* (Sulzer) zur Frage ihrer virginogenen Überwinterung. (Inaug. Diss.) 115 pp. Bonn, Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae* Sulzer) Rheinische Friedrich Wilhelms-Universität.
- Ward, S.A. (1991)** Theoretical perspectives on sympatric speciation in aphids (Homoptera: Aphidinea: Aphididae). *Entomologia Generalis*, **16**, 177-192.
- Welsh J., & McClelland. M. (1990)** Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Research*, **18**, 7212-7218
- Williams, J.G.K., Kubelik, A.R., Livak K.J., Rafalski, J.A, & Tingey S.V. (1990)** DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research*, **18**, 6531-6535.
- Zintzaras E., Brown N.P. & Kowald A. (1994).** Growing a classification tree using the apparent misclassification rate. *Computer Applications in the Biosciences*, **10**, 263-271.

Abstract

The purpose of the present study was the investigation of the morphometric variation of parthenogenetic lineages of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), which were collected on tobacco from South Africa (Katsaga, Zimbabwe) and their kind of biological cycle.

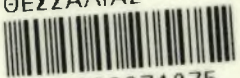
Seventeen parthenogenetic lineages were collected on tobacco in Zimbabwe and reared on pepper under long day conditions L16:D8 at 17°C. Ten adult wingless parthenogenetic females, from every parthenogenetic lineage, were preserved in small plastic bottles until measurements. Afterwards, they were mounted on permanent slides.

Nine morphological characteristics were measured according to the method of Ilarco & Van Harten (1987). The data were submitted to a Canonical Variates Analysis (CVA) in order to examine possible differences among the parthenogenetic lineages from South Africa and lineages from Lechonia and Caserta, which are collected on peach and also lineages from Nafplio and Caserta, which were collected on tobacco. CVA showed that the parthenogenetic lines were located in two groups. In one group there are aphids collected on tobacco and in the other are aphids collected on peach.

For the study of category of the biological cycle, aphids reared on potato under short day conditions L10:D14 at 17°C. Most of the aphids of G₂ generation were wingless and those that were not, gave wingless aphids in G₃ generation. As a result of all those, it was found that the lineages were all non-holocyclic.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074275