

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Διατριβή
Τσαμαντάνη Κυβέλη



«Προκαταρκτική μελέτη της επίδρασης εντομοκτόνων στη
συμμετρία των άκρων του σώματος της αφίδας *Myzus persicae*
(Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)»

Νέα Ιωνία Μαγνησίας, 2005



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

Αριθ. Εισ.: 4891/2

Ημερ. Εισ.: 7/9/2006

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιδετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ

2005

ΤΣΑ

**Προκαταρκτική μελέτη της επίδρασης εντομοκτόνων στη
συμμετρία των άκρων του σώματος της αφίδας *Myzus
persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ι. Α. ΤΣΙΤΣΙΠΗΣ, Επιβλέπων Καθηγητής
Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και
Αγροτικού Περιβάλλοντος

Π. ΛΟΛΑΣ, Μέλος
Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και
Αγροτικού Περιβάλλοντος

Ν. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Μέλος
Επίκουρος καθηγητής Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και
Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα διατριβή γίνεται μια προκαταρκτική μελέτη της επίδρασης εντομοκτόνων στη συμμετρία των άκρων του σώματος ενηλίκων ατόμων της αφίδας *Myzus persicae*. Οι κλώνοι που μελετήθηκαν προέρχονται από καλλιέργειες και σπορεία καπνού .

Η διατριβή αποτελείται από δύο μέρη. Στο γενικό μέρος παρατίθενται γενικές πληροφορίες για τις αφίδες, τη βιολογία τους, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της *M. persicae*, η έννοια και ο ορισμός της ασυμμετρίας και η χρήση εντομοκτόνων με τις επιδράσεις τους γενικά στα ζώα. Στο ειδικό μέρος, παρουσιάζονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν για τη διεκπεραίωση του πειράματος. Επίσης παρατίθενται τα αποτελέσματα που διεξήχθησαν, η συζήτηση και τα συμπεράσματα της όλης διαδικασίας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε χάρη στη συμβολή και τη συμπαράσταση ορισμένων ανθρώπων, που με τις γνώσεις και την υπομονή τους, συμμετείχαν ενεργά στην ολοκλήρωσή της, τους οποίους και θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερω και ονομαστικά.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα Καθηγητή μου Ι. Α. Τσιτσιπή για την υπόδειξη του θέματος της πτυχιακής διατριβής μου, τις γνώσεις και τη βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκειά της.

Ευχαριστώ το Διδάκτορα Ι. Μαργαριτόπουλο για το ενδιαφέρον του, την καθοδήγηση και τη συνεργασία του.

Επίσης ευχαριστώ τον Υποψήφιο Διδάκτορα κ. Ζάρπα για την πολύτιμη βοήθεια και συνεργασία του.

Ευχαριστώ το μεταπτυχιακό φοιτητή Π. Σκούρα για την συνεργασία και το χρόνο που διέθεσε στη πραγματοποίηση των στατιστικών αναλύσεων.

Τέλος ευχαριστώ τη φίλη γεωπόνο Μ. Τζώρτζη καθώς και όλα τα μέλη του εργαστηρίου για τις υποδείξεις, τη συμπαράσταση και τη βοήθεια κατά τη διάρκεια της εργασίας μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|----|
| Πρόλογος | 4 |
| Ευχαριστίες | 5 |
| Περίληψη | 7 |
| Σκοπός μελέτης | 8 |
| | |
| A. Γενικό μέρος | 9 |
| 1. Εισαγωγή | 9 |
| 2. Στοιχεία βιολογίας αφίδων | 11 |
| 3. Μέθοδος μελέτης γενετικού πολυμορφισμού στις αφίδες : Σωματομετρία | 13 |
| 4. <i>Myzus persicae</i> (Sulzer) | 17 |
| 5. Ασυμμετρία | 20 |
| 6. Εντομοκτόνα | 26 |
| | |
| B. Ειδικό μέρος | 32 |
| 1. Εισαγωγή | 32 |
| 2. Υλικά και μέθοδοι | 33 |
| 3. Αποτελέσματα | 39 |
| 4. Συζήτηση | 49 |
| 5. Βιβλιογραφία | 52 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διεξαγωγή του πειράματος για τη μελέτη της επίδρασης εντομοκτόνων στη συμμετρία των άκρων του σώματος της αφίδας *Myzus persicae* βασίστηκε στη συλλογή δειγμάτων που βρέθηκαν σε καπνόφυτα. Δημιουργήθηκαν παρθενογενετικές σειρές από έντομα που συλλέχθηκαν στον αγρό. Οι σειρές εκτράφηκαν σε φύλλα καπνού στους 23°C και L16: D8.

Περίπου δώδεκα ενήλικα, άπτερα, παρθενογενετικά, θηλυκά άτομα από κάθε παρθενογενετική σειρά έγιναν μόνιμα παρασκευάσματα (slides). Σε κάθε άτομο μετρήθηκαν είκοσι δύο χαρακτηριστικά, έντεκα σε κάθε πλευρά του σώματός του. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν δύο κλώνοι, οι οποίοι εκτέθηκαν σε διάφορες συγκεντρώσεις των εντομοκτόνων Confidor (δ.ο:imidacloprid) και Hostaquick (δ.ο. heptenophos) από το πρώτο νυμφικό στάδιο και από τα ενήλικα που επέζησαν έγιναν μόνιμα παρασκευάσματα τα οποία σωματομετρήθηκαν με την ίδια μέθοδο. Η απόκλιση του μεγέθους του σώματός τους από τα δεδομένα του μάρτυρα απαίτησε και τη ζύγιση αυτών, ώστε να συγκριθεί η ύπαρξη ή μη ισόποσης αύξησης του μεγέθους και του βάρους τους.

ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση ύπαρξης ασυμμετρίας μεταξύ πληθυσμών της αφίδας *Myzus persicae* (Sulzer) που συλλέχθηκαν από καλλιέργειες και σπορεία καπνού (*Nicotiana tabacum*) από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Το πείραμα βασίστηκε σε δύο μεταχειρίσεις των παρθενογενετικών σειρών που δημιουργήθηκαν στο εργαστήριο. Αρχικά, στη διατήρησή τους σε σταθερές, ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος, και κατόπιν στην εφαρμογή υποθανατηφόρων δόσεων εντομοκτόνων ουσιών.

Η σωματομέτρηση των ατόμων, η σύγκριση και η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων θα δώσει πληροφορίες για την ύπαρξη ή μη ασυμμετρίας στους πληθυσμούς των παρθενογενετικών σειρών των αφίδων και την επίδραση χημικών ουσιών στην ανάπτυξη και την εξέλιξή τους.

Η μελέτη αυτή θα αποτελέσει την απαρχή για περαιτέρω έρευνες στους παράγοντες που ευθύνονται για την εμφάνιση ασυμμετρίας ή μη στους πληθυσμούς των αφίδων, τόσο των περιβαλλοντικών, όσο και αντιδράσεων του νευρικού συστήματος των ατόμων ως αντίδραση στα εξωτερικά ερεθίσματα.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αφίδες είναι έντομα γνωστά με τα κοινά ονόματα μελίγκρα, ψείρα, μέλουρα και φυτόψειρα. Ξεχωρίζουν από τα άλλα φυτοφάγα έντομα λόγω: α) των αποτελεσματικών μηχανισμών διασποράς και εύρεσης ξενιστή, β) της χρησιμοποίησης, του φυτικού χυμού ως πηγή τροφής και γ) της παρθενογένεσης. Ανήκουν στην υπεροικογένεια Aphidoidea στη σειρά Sternorrhyncha της τάξης Hemiptera και έχουν περιγραφεί περίπου 4000 είδη. Ο μεγαλύτερος αριθμός ειδών αφίδων απαντάται στις εύκρατες περιοχές και εκεί το 25% των φυτικών ειδών προσβάλλονται από αφίδες. Υπάρχουν για σχεδόν 280 εκατομμύρια χρόνια και από την αρχή είχαν μικρό μέγεθος και αναπαράγονταν παρθενογενετικά (Dixon 1998).

Είναι μικρόσωμα έντομα μήκους συνήθως 1-7 mm. Έχουν συνήθως μακριά πόδια με διάρθρους ταρσούς, μακρύ ρύγχος και κεραίες που αποτελούνται από ένα έως έξι άρθρα. Το σώμα τους είναι συνήθως μαλακό. Οι πτερωτές μορφές έχουν δύο ζεύγη διαφανών πτερύγων. Τα περισσότερα είδη είναι πολυμορφικά. Εκτός από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της υπεροικογένειας στην οποία ανήκουν, οι πιο πολλές αφίδες έχουν στο νωτιαίο τεργίτη του πέμπτου κοιλιακού δακτυλίου ένα ζεύγος σωληνόμορφων αποφύσεων, που ονομάζονται σιφώνια ή κεράτια και στην άκρη της κοιλιάς 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 ατόμων 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, 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. Πολλά είδη δημιουργούν πυκνές αποικίες και την άνοιξη μπορεί να σκεπάσουν ολόκληρο το κορυφαίο μέρος

των νέων βλαστών ορισμένων φυτών. Είναι έντομα στρατηγικής "r" γι' αυτό αποικίζουν γρήγορα και αποτελεσματικά τους ξενιστές τους. Τα θηλυκά των παρθενογενετικών γενεών είναι στις περισσότερες αφίδες ζωοτόκα, ενώ της γενιάς που αναπαράγεται εγγενώς είναι ωοτόκα.

Οι αφίδες είναι μυζητικά έντομα και τρέφονται σχεδόν συνεχώς καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Αφαιρούν μεγάλη ποσότητα χυμού από τα φυτά και το νύγμα πολλών ειδών προκαλεί συστροφή 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. Σε πολλά είδη έχουν αναπτυχθεί σχέσεις συμβίωσης με μυρμήγκια, τα οποία συλλέγουν τα μελιτώδη απεκκρίματα προστατεύοντας τις αφίδες από διάφορους εχθρούς (Dixon 1973).

Οι αφίδες είναι από τις κυριότερες κατηγορίες εντόμων που μεταδίδουν στα φυτά παθογόνους ιούς. Ορισμένα είδη είναι φορείς πολλών ιών και προκαλούν σοβαρές ζημιές στα καλλιεργούμενα φυτά. 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.

Οι αφίδες είναι άφθονες κυρίως την άνοιξη και το φθινόπωρο και γενικά σε μετρίως θερμό και υγρό καιρό. 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 περιορίζονται σημαντικά. Στην Ελλάδα το μέγιστο του αριθμού των ειδών αφίδων όπως και των πληθυσμών τους παρατηρείται κατά το μήνα Μάιο (Τσιτσιπής et al. 1998). Οι αφίδες έχουν ένα μεγάλο αριθμό φυσικών εχθρών που συμβάλλουν στον έλεγχο των πληθυσμών τους. Μεταξύ των φυσικών εχθρών τους οι σπουδαιότεροι είναι έντομα. Μεταξύ αυτών υπάρχουν είδη Διπτέρων (Syrphidae, Cecidomyiidae), Νευροπτέρων (Chrysopidae, Hemerobiidae), Κολεοπτέρων (Coccinellidae, Carabidae, Staphyllinidae), Υμενοπτέρων (Proctotrupidae, Chalcididae, Braconidae, Aphidiidae). Επιπλέον υπάρχουν αρπακτικά είδη που ανήκουν στα αραχνοειδή καθώς και σε taxa μυκήτων. Επίσης είδη μυκήτων των γενών *Empusa*, *Entomophthora* και *Verticillium*, τα οποία έχουν χαρακτηριστεί ως παθογόνα.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΦΙΔΩΝ

Στα ετερόοικα (μεταναστευτικά) είδη αφίδων τα χειμερινά ωά γεννιούνται στο φλοιό του κορμού του κύριου ξενιστή το φθινόπωρο. Η εκκόλαψη των ωών γίνεται την άνοιξη και προκύπτουν άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά, που λέγονται θεμελιωτικά ή ιδρυτικά άτομα (*fundatrix*). Τα άπτερα αναπαράγονται παρθενογενετικά και τα άτομα επακόλουθων παρθενογενετικών γενεών παρουσιάζουν προοδευτικές μορφολογικές μεταβολές (Lees 1966). Μετά από ένα αριθμό γενεών γεννιούνται τα πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά (*alatae fundatrigeniae*), που διασκορπίζονται σε φυτά που ανήκουν στο ίδιο είδος με τον κύριο ξενιστή, ή μεταναστεύουν σε δευτερεύοντες ποώδεις ξενιστές. Εκεί, την άνοιξη και το καλοκαίρι η μια παρθενογενετική γενιά διαδέχεται την άλλη. Όμως, εκτός από άπτερες μορφές παράγονται και πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά (*alatae alienicolae*) που διασπείρονται σε άλλα φυτά κι εκεί συνεχίζουν την παρθενογενετική αναπαραγωγή. Στα Aphididae παράγονται στο δευτερεύοντα ξενιστή πτερωτά θηλυτόκα (*gynoparae*) και αρσενικά κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου. Αυτά θα μεταναστεύσουν στον κύριο ξενιστή όπου τα θηλυτόκα θα γεννήσουν τα έμφυλα ωοτόκα θηλυκά (*oviparae*), τα οποία συζευγνύονται με τα αρσενικά και εναποθέτουν τα χειμερινά ωά. Στα Pemphigidae παράγεται στους δευτερεύοντες ξενιστές μόνο μια μεταναστευτική μορφή, τα πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά, που λέγονται φυλογόνα (*sexuparae*). Αυτά γεννούν στον πρωτεύοντα ξενιστή άπτερα αρσενικά και έμφυλα ωοτόκα θηλυκά. Τα θηλυκά που επιστρέφουν στον πρωτεύοντα ξενιστή πολλές φορές παρουσιάζουν μορφολογικές διαφορές από αυτά που μεταναστεύουν την άνοιξη στους δευτερεύοντες ξενιστές (Blackman & Eastop 2000).

Στα μονόοικα (μη μεταναστευτικές αφίδες) είδη, π.χ. *Aphis rumicis* L. (Hemiptera: Aphididae) ο ετήσιος κύκλος πραγματοποιείται στο ίδιο φυτό ή σε φυτά του ίδιου είδους. Το φθινόπωρο άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά (φυλογόνα) θα γεννήσουν ωοτόκα και αρσενικά, που είναι συνήθως άπτερα αφού δε χρειάζεται να μεταναστεύσουν για να συμπληρωθεί ο βιολογικός τους κύκλος. Τα περισσότερα μονόοικα είδη που αποικίζουν ποώδη φυτά πιστεύεται ότι εξελίχθηκαν μέσα από την

ετεροοικία, ενώ αρκετά από αυτά παρουσιάζουν μεγάλη συγγένεια με ετερόοικα είδη που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο ποώδες φυτό ως δευτερεύοντα ξενιστή (Dixon 1998).

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των αφίδων είναι η τηλεσκόπηση των γεννών, δηλαδή, η ανάπτυξη του εμβρύου αρχίζει πριν ακόμη γεννηθεί η μητέρα του, ενώ με την ενηλικίωσή της το έντομο είναι έτοιμο να γεννηθεί. Η τηλεσκόπηση σε συνδυασμό με τη ζωοτοκία επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων πληθυσμών, ενώ παράλληλα οδηγεί στη μείωση της μέσης διάρκειας γενιάς των αφίδων, με αποτέλεσμα τη γρήγορη αύξηση των πληθυσμών τους. Επίσης, το χαρακτηριστικό της τηλεπισκόπησης έχει ως αποτέλεσμα οι αφίδες να συμπληρώνουν την ανάπτυξή τους σε χρόνο τρεις φορές μικρότερο από άλλα ισομεγέθη έντομα και οι πληθυσμοί τους να επιτυγχάνουν ρυθμούς αύξησης όμοιους με αυτούς μικρότερων ζώων, όπως π.χ. τα ακάρεα (Dixon 1998).

Συχνά, κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των αφίδων εμφανίζεται το φαινόμενο της ανολοκυκλικότητας, δηλαδή έλλειψη της ικανότητας για σεξουαλική αναπαραγωγή. Έχουν βρεθεί είδη αφίδων, που είναι αποκλειστικά ανολοκυκλικά και αναπαράγονται όλο το χρόνο παρθενογενετικά. Επιπλέον, υπάρχουν είδη μερικώς ανολοκυκλικά. Στα μερικώς ανολοκυκλικά είδη, οι ανολοκυκλικοί γενότυποι είτε βρίσκονται στην ίδια περιοχή μαζί με ολοκυκλικούς είτε σε άλλες περιοχές του εύρους εξάπλωσης του είδους (Blackman & Eastop 2000). Αν και οι ανολοκυκλικοί γενότυποι έχουν την ικανότητα να αποκτήσουν ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα, να αποικίσουν ανθεκτικές ποικιλίες και να παρουσιάσουν υψηλότερο ρυθμό αύξησης από ότι οι αντίστοιχοι ολοκυκλικοί, μόνο το 3% των ειδών είναι αποκλειστικά ανολοκυκλικά (Blackman 1980). Από την άλλη πλευρά, φαίνεται, ότι η σεξουαλική αναπαραγωγή προσδίδει σημαντικές δυνατότητες προσαρμογής και επιβίωσης στις αφίδες. Ανεξάρτητα από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του ενός ή του άλλου τρόπου αναπαραγωγής, φαίνεται ότι ο πολυμορφισμός που παρουσιάζουν διάφορα είδη αφίδων προσδίδει σε αυτές μια μεγαλύτερη ικανότητα επιβίωσης, καθώς μπορούν και προσαρμόζονται σε διάφορα περιβάλλοντα.

Ένας μεγάλος αριθμός ειδών αφίδων είναι εξειδικευμένος σε ένα φυτό ξενιστή και ορισμένα είδη, που είναι οικονομικώς σημαντικά, είναι εξαιρετικά πολυφάγα. Η ανάπτυξη φυλών προσαρμοσμένων σε ένα ξενιστή είναι μια διαδικασία φυσικής επιλογής, όπου, νέοι πληθυσμοί αφίδων ξεπερνούν τους μηχανισμούς αντίστασης των φυτών και προσαρμόζονται σε συγκεκριμένα φυτά ξενιστές. Χαρακτηριστικά, η

Myzus persicae (Sulzer) (Hemiptera : Aphididae) προσαρμόζεται σε συγκεκριμένα φυτά ξενιστές και έτσι μπορεί να γίνει διαχωρισμός ανάμεσα σε πληθυσμούς που τρέφονται στον καπνό (*Nicotiana tabacum*) και σε εκείνους που προέρχονται από άλλους ξενιστές. Παράγοντες που καθορίζουν την τάση για εποικισμό των ατόμων είναι τα χαρακτηριστικά του φυτού ξενιστή, η χημική του σύσταση, η μορφολογία του, ο ανταγωνισμός με άλλα φυτοφάγα είδη, οι φυσικοί εχθροί και οι ενδοειδικές αλληλεπιδράσεις.

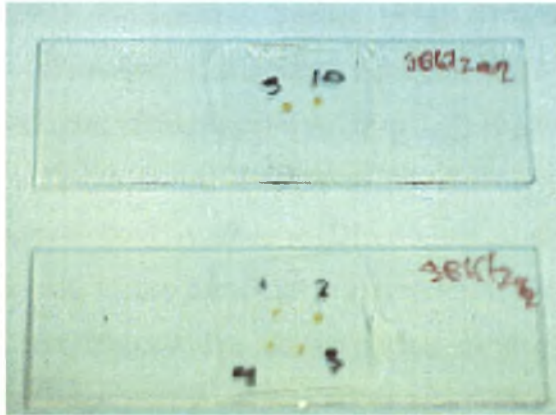
ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΠΟΛΥΜΟΡΦΙΣΜΟΥ ΣΤΙΣ ΑΦΙΔΕΣ

ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ

Η σωστή διάκριση ειδών που αποτελούν σημαντικούς εχθρούς για τις καλλιέργειες συμβάλλει στον αποτελεσματικό έλεγχο τους. Στις μέρες μας, έχουν επινοηθεί πολυάριθμες τεχνικές για τον ακριβή χαρακτηρισμό και τον ουσιώδη προσδιορισμό διάφορων σημαντικών εχθρών των καλλιεργειών. Όμως, οι περισσότερες από αυτές απαιτούν τη χρήση ειδικών μεθόδων για τη διατήρηση και το χειρισμό των δειγμάτων, πράγμα που πολλές φορές είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί. Η εξωτερική μορφολογία είναι, ίσως, το βασικότερο κριτήριο προκειμένου να αποφανθεί κανείς αν υπάρχουν επαρκείς διαφορές μεταξύ των ειδών. Όμως, η μέθοδος παρατήρησης της εξωτερικής μορφολογίας (σχήμα, υφή, χρώμα του σώματος, σχέδια που πιθανόν να υπάρχουν κ.α.) του εντόμου δεν είναι εύχρηστη για τα μικρού μεγέθους έντομα όπως π.χ. οι αφίδες. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή δεν δύναται να εντοπίσει τις διαφορές ανάμεσα σε είδη που μοιάζουν αρκετά μεταξύ τους ή σε άτομα του ίδιου είδους. Για τους παραπάνω λόγους, χρησιμοποιείται ευρέως η

τεχνική της σωματομετρίας.

Η σωματομετρία, ως τεχνική, περιλαμβάνει τη μέτρηση ορισμένων μορφολογικών χαρακτηριστικών του εντόμου και κατόπιν τη στατιστική ανάλυση των τιμών που προκύπτουν μετά τη μέτρηση. Αυτό προϋποθέτει τη δημιουργία μόνιμων



Εικόνα 1. Μόνιμα παρασκευάσματα (slides) αφίδων για μέτρηση μορφολογικών χαρακτηριστικών.

παρασκευασμάτων (slides) (εικόνα 1) με το προς εξέταση έντομο, ενώ η μέτρηση των 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 (ht₂), το μήκος των σιφωνίων (ls), το μέγιστο πλάτος των σιφωνίων (mws), το μήκος της ουράς (lc) (Parco, 1987).

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 ομάδες με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Οι μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι πολύπλοκες ή σχετικά απλές. Η πιο απλή περιλαμβάνει τον προσδιορισμό απλών στατιστικών παραμέτρων, όπως μέσοι όροι και τυπικά σφάλματα. Οι πιο σύγχρονες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε μορφομετρικές μελέτες είναι: α) Η μέθοδος της Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών (Canonical Variates Analysis, CVA) (Blackman 1987, Lazzari & Voegtlin 1993, Blackman & Spence 1994). β) Η μέθοδος της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA). γ) Η μέθοδος της Διαφοροποιούσας Ανάλυσης (Discriminant Analysis). δ) Η μέθοδος "μη παραμετρικά δέντρα ταξινόμησης". (Zintzaras et al. 1994) .

Η μέθοδος Διαφοροποιούσας Ανάλυσης (Discriminal Analysis) με τη χρήση των γραμμικών εξισώσεων του Fisher 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 και ότι αποτελούν διαφορετικό είδος. Οι αφίδες του καπνού παρουσιάζουν μορφολογική διαφοροποίηση και διαχωρίζονται από εκείνες που προέρχονται από άλλα φυτά-ξενιστές, γιατί αντιπροσώπευαν μια διαφορετική ομάδα γενοτύπων προσαρμοσμένη σε συγκεκριμένο φυτό-ξενιστή (Field et al. 1994, Margaritopoulos et al. 1998). Οι Margaritopoulos et al. (2000), προκειμένου να καταλήξουν στο παραπάνω συμπέρασμα, χρησιμοποίησαν, εκτός από τη μέθοδο Ανάλυσης Κανονικών Μεταβλητών) και τη μέθοδο "μη παραμετρικά δέντρα ταξινόμησης".

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). Ο αντικειμενικός σκοπός της είναι να δει αν ένας συγκεκριμένος αριθμός από τις πρώτες συνιστώσες υπολογίζει το μεγαλύτερο μέρος της παραλλακτικότητας των αρχικών δεδομένων.

Αναμφισβήτητα, οι προαναφερθείσες στατιστικές τεχνικές συμβάλλουν σημαντικά στη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της σωματομετρίας για την ανίχνευση μορφολογικής παραλλακτικότητας. Παραπάνω, έγινε μια σύντομη περιγραφή των χρησιμοποιούμενων στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση των δεδομένων της σωματομετρίας. Άλλωστε, σκοπός της παρούσας εργασίας δεν είναι η εκτεταμένη περιγραφή των χρησιμοποιούμενων σε πειράματα σωματομετρίας στατιστικών τεχνικών, αλλά η έμφαση της χρησιμότητας και της αξίας τους σε πειράματα και μελέτες ενδοειδικής μορφολογικής παραλλακτικότητας.

Η τεχνική που περιγράφηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση δειγμάτων αφίδων σε επίπεδο είδους ή ενδοειδικό επίπεδο. Είναι αξιόπιστη κι ανιχνεύει σε ικανοποιητικό χρονικό διάστημα την ύπαρξη γενετικού πολυμορφισμού. Είναι τεχνική υψηλής ευαισθησίας, απαιτεί καλά εξοπλισμένα εργαστήρια, ειδικευμένο προσωπικό, και προσεκτικούς, λεπτούς χειρισμούς. 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. Αξίζει να σημειωθεί ότι δε χρησιμοποιείται αποκλειστικά και μόνο στις αφίδες αλλά και σε διάφορα άλλα έντομα και οργανισμούς.

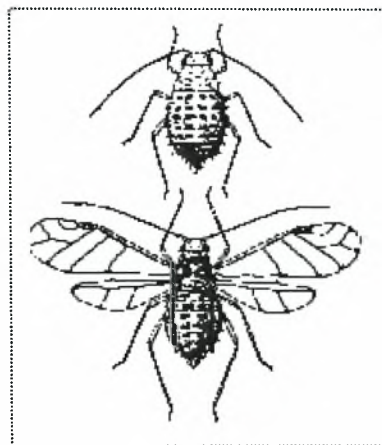
Myzus persicae (Sulzer)

Ταξινομική θέση. Το είδος *Myzus persicae* (Sulzer) ανήκει στο Ζωικό Βασίλειο, στην κλάση: Insecta, υπόκλαση: Εξωπτερυγωτά, τάξη: Homoptera, υπεροικογένεια 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 (εικόνα 2). 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 ωστόκα 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 αυγά γεννιούνται κυρίως στη ροδακινιά *Prunus persica* L. και μερικές φορές σε άλλα πυρηνόκαρπα (*P. nigra*, *P. tanella*, *P. serotina* και υβρίδια ροδακινιάς και αμυγδαλιάς).



Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση αφίδας σε άπτερη και πτερωτή μορφή.

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 πυρηνοκάρπων). 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 λεγόμενα 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 το έντομο αναπαράγεται παρθενογενετικά όλες τις εποχές του έτους. Επίσης υπάρχουν γενότυποι που χρησιμοποιούν και τις δυο στρατηγικές διαχείμασης. 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).

Το είδος είναι σχετικά ανθεκτικό στο κρύο και μπορεί να αναπτύσσεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 5°C και 30°C.



Εικόνα 3: Ενήλικο άτομο *Myzus persicae* (Sulzer).

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 έμμοτους ιούς που μεταδίδει είναι ο ιός του ήπιου κιτρινίσματος των τεύτλων (BMY), της παραμόρφωσης των νεύρων του καπνού (TVN), 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 έμμοτους ιούς. Μερικοί από αυτούς είναι: ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV), ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV), ο ιός της κίτρινης στιγμάτωσης της κολοκυθιάς (ZFYV), ο ιός Y

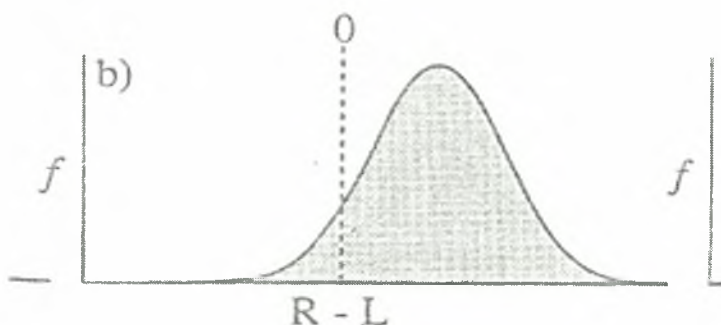
της πατάτας (PVY), ο ιός του Α της πατάτας (PVA), ο ιός του μωσαϊκού της μηδικής (AMV) (Brunt *et al.* 1996).

ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΑ

Με τον όρο ασυμμετρία ορίζεται κάθε μικρή, τυχαία απόκλιση από την τέλεια αμφίπλευρη συμμετρία (Palmer & Strobeck, 1986) μεταξύ χαρακτηριστικών της αριστερής και της δεξιάς πλευράς $|R-L|$ του σώματος των ατόμων σε ποικίλους ζωικούς οργανισμούς (Van Valen, 1962; Leary & Allendorf, 1989; Markow, 1995).

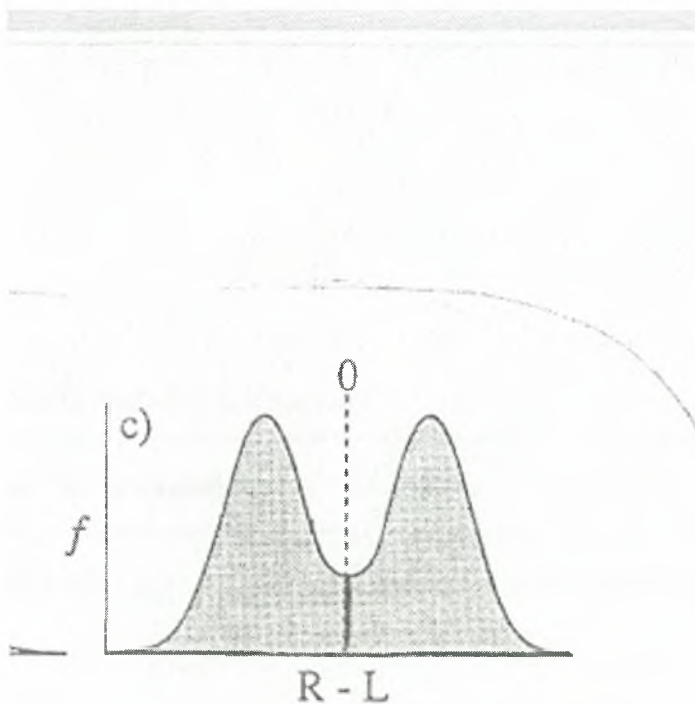
Αναγνωρίζονται τρία είδη ασυμμετρίας και διακρίνονται βάσει των σχέσεών τους ανάμεσα στο μέσο όρο και την παραλλακτικότητα της κατανομής των μορφομετρικών διαφορών, μεταξύ αριστερής και δεξιάς πλευράς :

- i) Η κατευθυντική ασυμμετρία (Directional asymmetry): είναι ένα μοντέλο αμφίπλευρης παραλλακτικότητας σε ένα δείγμα ατόμων, όπου υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών του σώματος του ατόμου, αλλά η πλευρά που είναι μεγαλύτερη είναι, ως επί το πλείστον, η ίδια. Στη γραφική παράσταση των δεδομένων (σχήμα 1) παριστάνεται μια κανονική κατανομή, όπου ο μέσος όρος αποκλίνει από το μηδέν προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά ανάλογα με το αν είναι μεγαλύτερα τα χαρακτηριστικά της δεξιάς ή της αριστερής πλευράς του σώματος των δειγμάτων, αντίστοιχα ($|R-L| > 0$).



Σχήμα 1: Απεικόνιση γραφικής παράστασης από δείγμα ατόμων που εμφανίζει κατευθυντική ασυμμετρία.

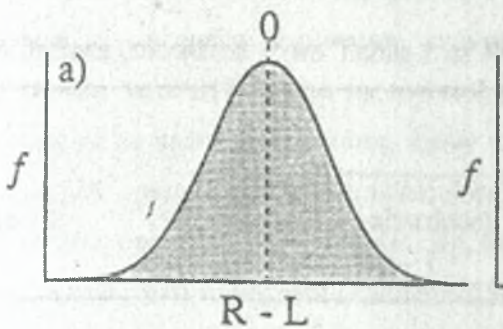
- ii) Η αντισυμμετρία (Antisymmetry) : είναι ένα μοντέλο αμφίπλευρης παραλλακτικότητας σε ένα δείγμα ατόμων, όπου παρατηρείται μια στατιστικά ειδοποιός διαφορά ανάμεσα στις δύο πλευρές του σώματος του ατόμου. Η πλευρά που είναι μεγαλύτερη ποικίλει τυχαία μεταξύ των ατόμων. Η καμπύλη των αποτελεσμάτων (σχήμα 2) παρουσιάζεται ως κανονική κατανομή με δύο κορυφές με μέσο όρο περίπου μηδέν (Van Valen, 1962). Πρακτικά, σημαίνει ότι στο δείγμα ένα μέρος των ατόμων έχει τη δεξιά πλευρά μεγαλύτερη από την αριστερή, ενώ τα υπόλοιπα άτομα έχουν την αριστερή πλευρά μεγαλύτερη από τη δεξιά ($|R-L|=0$).



Σχήμα 2: Απεικόνιση γραφικής παράστασης από δείγμα ατόμων που εμφανίζει αντισυμμετρία.

- iii) Η κυμαινόμενη ασυμμετρία (Fluctuating Asymmetry-FA) είναι ένα μοντέλο αμφίπλευρης παραλλακτικότητας σε ένα δείγμα ατόμων, όπου ο μέσος όρος που προκύπτει από τη διαφορά $|R-L|$ είναι ίσος με το μηδέν, ακολουθεί δηλαδή κανονική

κατανομή (σχήμα 3) (Palmer, A.R., 1994). Σύμφωνα με μελέτες οι αποκλίσεις από τη συμμετρία σε ένα άτομο δεν είναι κληρονομήσιμες (Palmer & Strobeck, 1992). Έχει χρησιμοποιηθεί ωστόσο ως δείκτης ανάπτυξης και σταθερότητας σε πολλά είδη, π.χ. στα φυσικώς σχηματιζόμενα υβρίδια δύο ειδών μυρμηγκιού: *Solenopsis invicta* & *Solenopsis richteri* (Hymenoptera : Formicidae) (Ross and Robertson 1990).



Σχήμα 3: Απεικόνιση γραφικής παράστασης από δείγμα ατόμων που εμφανίζει κυμαινόμενη ασυμμετρία.

Μελέτες της γενετικής επιστήμης βεβαιώνουν ότι όπου υπάρχουν μικρές, τυχαίες αποκλίσεις από την αμφίπλευρη συμμετρία, οι αποκλίσεις προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση εμφανίζουν μικρή ή μη υπολογίσιμη κληρονομικότητα (Collins 1969; Leamy 1984; Leary et al. 1985; Maynard Smith and Sondhi 1960; Potter et al. 1976; Punell et al. 1973; Summer and Huestis 1921). Η γενετική βάση της αμφίπλευρης συμμετρίας φαίνεται να διαφέρει ριζικά από εκείνη άλλων μορφολογικών χαρακτηριστικών.

Η ύπαρξη κυμαινόμενης ασυμμετρίας (FA) αποτελεί ενδιαφέρον θέμα προς μελέτη για τους εξής λόγους : α) τη σχέση της με το μεγάλο και άλυτο πρόβλημα της βιολογίας, την έκφραση δηλαδή των γενοτύπων ως σύμπλεγμα. Η κυμαινόμενη ασυμμετρία παρέχει ένα μέτρο για τον αναπτυξιακό θόρυβο ή μικρές, περιβαλλοντικά τεχνητές αποκλίσεις από κάποιο "ιδανικό" πρόγραμμα ανάπτυξης (Waddington

1957), β) αν και οι αποκλίσεις από τη συμμετρία ενός συμμετρικού χαρακτηριστικού έχουν ελάχιστη έως μηδαμινή κληρονομική βάση, το άτομο που αποκλίνει από την αμφίπλευρη συμμετρία και ο βαθμός απόκλισης, φαίνεται να έχουν γενετική βάση (Hagen 1973; Leamy and Atchley 1985; Mackay 1980; Mather 1953; McGrath et al. 1984; Reeve 1960; Bailit et al. 1970; Leary 1985; Mason et al. 1976; Summer and Huestis 1921), γ) τη στατιστικά αξιολογημένη σχέση της κυμαινόμενης ασυμμετρίας με την πρωτεϊνική ετεροζυγωτία (Palmer & Strobeck 1986). Δηλαδή, όσο πιο ετεροζύγωτο εμφανίζεται ένα άτομο (Leary et al. 1983, 1984) ή ένας πληθυσμός (Biemont 1983; Kat 1982; Leary et al. 1985; Leary et al. 1985; Soule 1979; Vrijenhoek and Lerman 1982) τόσο πιο χαμηλή είναι η κυμαινόμενη ασυμμετρία. Με άλλα λόγια, για μη ξεκάθαρους λόγους, η αυξημένη ετεροζυγωτία φαίνεται να παρουσιάζει αυξημένη αντίσταση ενάντια στην περιβαλλοντικά προκληθείσα αναστάτωση κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης (Lerner 1954; Mitton and Grant 1984), δ) σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, έχουν σημειωθεί αυξημένες τιμές κυμαινόμενης ασυμμετρίας, μεταξύ των ειδών, υβρίδια σε σύγκριση με τις τιμές της κυμαινόμενης ασυμμετρίας στα αντίστοιχα μητρικά είδη, αν και τα υβρίδια είχαν μεγαλύτερο βαθμό ετεροζυγωτίας από τα μητρικά (Zakharov 1981; Graham and Felley 1985).

Η κυμαινόμενη ασυμμετρία μπορεί να αυξηθεί λόγω της αύξησης του αναπτυξιακού θορύβου ή της μείωσης της αναπτυξιακής σταθερότητας (Mather 1953; Van Valen 1962; Palmer & Strobeck 1992). Οι διαφορές στην κυμαινόμενη ασυμμετρία ανάμεσα στα δείγματα μπορούν να προκύψουν λόγω της μεταβολής του ενός ή του άλλου ή και των δύο φαινομένων ταυτόχρονα, οι διαφορές δεν μπορούν από μόνες τους να περιγράψουν λεπτομερώς τη σχετική τους συμβολή. Το αποτέλεσμα αυτών των διαδικασιών επιδρά στην εξελικτική ή οικολογική σταθεροτητα, σε κλίμακα μεγαλύτερη από ένα μεμονωμένο άτομο, δηλαδή, στην εξελικτική ισορροπία στο χρόνο ή στη σταθεροποιημένη ροή ανάπτυξης (Waddington 1957; Zakharov 1992).

Οι λεπτές, μη διευθυντικές διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ χαρακτηριστικών, που βρίσκονται στη δεξιά και την αριστερή πλευρά του σώματος ενός ατόμου, φαίνεται να είναι αποτέλεσμα μη γενετικού αναπτυξιακού θορύβου (Waddington 1957; Palmer & Strobeck 1986; Palmer et al. 1993). Συνεπώς, οι δύο πλευρές του συμμετρικού σώματος ενός ατόμου, ελέγχονται από το ίδιο σύνολο γονιδίων. Δεν υπάρχουν, δηλαδή, επιπλέον γονίδια στη μια πλευρά που να διαταράσσουν την ισορροπία στην αύξηση του σώματος. Οι σύγχρονες προσεγγίσεις

για τη χρήση της κυμαινόμενης ασυμμετρίας ως δείκτη της ολικής γενετικής ποιότητας ενός ατόμου και ως πιθανού στόχου για φυσική και φυλετική επιλογή, βασίζονται στη λογική ότι, η κυμαινόμενη ασυμμετρία αποτελεί μια ποσοτική έκφραση αναπτυξιακής αστάθειας (DI), η οποία κληρονομείται (Moller 1993a,b; Moller & Swaddle 1998).

Η ιδέα της κληρονομικότητας της κυμαινόμενης ασυμμετρίας δεν είναι καινούρια (Mather 1953; Reeve 1960). Πληθώρα εργασιών καταδεικνύουν ότι για την κυμαινόμενη ασυμμετρία υπάρχει μια μικρή γενετική βάση όπου ο βαθμός κληρονομικότητας είναι μικρότερος από 0.1 (Whitlock & Fowler 1997; Gangestad & Thornhill 1999; Van Dongen 2000; Van Dongen & Lens 2000). Ωστόσο, είναι δύσκολη η χρήση της κυμαινόμενης ασυμμετρίας για την εκτίμηση της αναπτυξιακής αστάθειας ενός ατόμου για να διαχωριστεί ο φαινότυπός του από τις γενετικές και περιβαλλοντικές διαταραχές, γιατί σε οργανισμούς με έναν άξονα συμμετρίας η παραλλακτικότητα από την κυμαινόμενη ασυμμετρία στον πληθυσμό πιθανώς να οφείλεται σε αναπτυξιακό θόρυβο κάτι που δεν είναι πλήρως κατανοητό.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι αν και μπορεί να υπάρχει ένα μικρό ποσοστό κληρονομικότητας της κυμαινόμενης ασυμμετρίας, δεν μπορούμε να μιλήσουμε για κληρονομήσιμη παραλλακτικότητα που ελέγχει συγκεκριμένα ένα χαρακτηριστικό.

Μεταξύ ειδών, γενικά, τα υβρίδια παρουσιάζουν μεγαλύτερη κυμαινόμενη ασυμμετρία απ' ό,τι τα μέλη των μητρικών πληθυσμών, παρά την αντίστροφη σχέση μεταξύ του βαθμού κυμαινόμενης ασυμμετρίας και του ποσοστού της πρωτεϊνικής ετεροζυγωτίας και τα υψηλότερα επίπεδα ετεροζυγωτίας των, μεταξύ των ειδών, υβριδίων (Palmer & Strobeck 1986).

Στη μελέτη για τη διερεύνηση της ύπαρξης κυμαινόμενης ασυμμετρίας πάνω στο άκαρι *Ixodes scapularis*, το οποίο απαντάται ως εκτοπαράσιτο σε μεγάλο αριθμό θηλαστικών αμφιβίων και πουλιών σε διάφορες πολιτείες των ΗΠΑ, η ανάλυση είχε σκοπό τη διαπίστωση της ύπαρξης διαφορετικών, γεωγραφικά απομακρυσμένων ειδών και κατέδειξε ότι σε πέντε χαρακτηριστικά υπήρξε ασυμμετρία. Η αρχική υπόθεση της ύπαρξης διαφορετικών ειδών σε κάθε περιοχή, θα έδινε σημαντικά αποτελέσματα κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε γεωγραφικά ενδιάμεσους πληθυσμούς ή στους απογόνους προερχόμενους από διασταυρώσεις μεταξύ ατόμων από τις δύο γεωγραφικά ακραίες περιοχές. Αντίθετα αν το *I. scapularis* είναι ουσιαστικά ένα είδος που οι διασταυρώσεις μεταξύ των ατόμων διαφόρων πληθυσμών προκαλούν συνεχείς

μορφολογικές μεταβολές σε μία ή περισσότερες ζώνες σταδιακής ανάμειξης, θα περίμενε κανείς να βρει ελάχιστη ή καθόλου κυμαινόμενη ασυμμετρία. Από τα πέντε χαρακτηριστικά, το ισχίο των αρσενικών είναι το μόνο που μπορεί κανείς να βασιστεί για να υποστηρίξει την ύπαρξη κυμαινόμενης ασυμμετρίας. Ωστόσο, και στην περίπτωση αυτή, η ασυμμετρία εμφανίζεται σε περιορισμένο βαθμό και μπορεί να οφείλεται καθαρά και μόνο σε φυλετική επιλογή (Watson & Thornhill 1994). Αν και θα περίμενε κανείς την ύπαρξη ασυμμετρίας, θεωρώντας δεδομένη την ύπαρξη δύο διαφορετικών ειδών σε βορρά και νότο, η μη ύπαρξη ασυμμετρίας ανατρέπει αυτή τη θεωρία.

Η ασυμμετρία είναι χαρακτηριστικό που μπορεί να μελετηθεί και σε άλλες τάξεις και οικογένειες του ζωικού βασιλείου. Η παρούσα εργασία προσανατολίζεται στη μελέτη και έρευνα της αφίδας *M. persicae*, της αφίδας της ροδακινιάς, για την ύπαρξη ή μη ασυμμετρίας σε ένα μεγάλο αριθμό χαρακτηριστικών του σώματος του εντόμου. Η ύπαρξη ασυμμετρίας που μπορεί να οφείλεται τόσο σε φυσικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, όσο και σε χημικούς (π.χ. χημικές ουσίες) διαπιστώνεται και αναλύεται με τη χρήση στατιστικών μεταβλητών και αναλύσεων και μπορεί να καταδείξει την αντίδραση του εντόμου απέναντι στο περιβάλλον με την παραγωγή και τη δράση ενζύμων, την προδιάθεσή του για μετάλλαξη και προσαρμογή σε νέες συνθήκες ή τυχόν δυσλειτουργίες του οργανισμού του.

ENTOMOKTONA

Η συνεχής χρήση εντομοκτόνων προκαλεί μεταβολές στο αγροοικοσύστημα και επηρεάζει τόσο το περιβάλλον, όσο και τα έντομα , που εκτός από το τελικό στάδιο, δηλαδή , την εξόντωσή τους , ευθύνονται για ένα μεγάλο αριθμό επιδράσεων κυρίως σε μορφολογικά τους χαρακτηριστικά. Ωστόσο, τα είδη αντιδρούν στην επίδραση των εντομοκτόνων, τείνοντας να εξελιχθούν σωματικά και να αποκτήσουν ανθεκτικότητα στις τοξικές ουσίες.

Η επίδραση των εντομοκτόνων και η τοξική δράση τους είναι εμφανής και στο υδάτινο περιβάλλον με σημαντικότατο παράδειγμα τη μόλυνση του νερού, πρόβλημα το οποίο απαιτεί την ύπαρξη ευαίσθητων και αξιόπιστων βιοδεικτών για έλεγχο της ποιότητάς του (Johnson et al. 1993; Clarke 1994).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ως παράδειγμα ένα πείραμα , που αναλύει την επίδραση του carbaryl στο τελευταίο νυμφικό στάδιο του αρθρόποδου *Xanthocnemis zealandica* (Zygoptera: Coenagrionidae) και τα συμπεράσματα των αποτελεσμάτων αυτών στα ενήλικα άτομα.

Η εκτίμηση της κυμαινόμενης ασυμμετρίας (Fluctuating asymmetry, FA), ένα μέτρο για την αναπτυξιακή σταθερότητα , προτείνεται σαν εργαλείο που επισημαίνει την εμφάνιση περιβαλλοντικής μόλυνσης (Zakharov 1992; Graham et al. 1993a; Clarke 1994). Η έρευνα στις μορφολογικές επιδράσεις της μεταβατικής μόλυνσης παρέχει, επίσης, ένα εργαλείο, που διασαφηνίζει το χρόνο και τη διάρκεια για τον προσδιορισμό της κυμαινόμενης ασυμμετρίας στον αναπτυσσόμενο οργανισμό. Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε για να ελέγξει αν η έκθεση των νυμφικών σταδίων του αρθρόποδου *Xanthocnemis zealandica* σε διαφορετικά επίπεδα εντομοκτόνου δράσης έχει ως αποτέλεσμα διαφορετικά επίπεδα κυμαινόμενης ασυμμετρίας στις πτέρυγες των ενηλίκων εντόμων αν και η εμφάνιση των ενηλίκων μεταβάλλεται υπό την επίδραση διαφορετικών συγκεντρώσεων φαρμάκου.

Για το πείραμα επιλέχθηκαν τρεις συγκεντρώσεις του carbaryl (40ppb, 2ppb, 0.1ppb) και ένας μάρτυρας. Η επιτυχής εμφάνιση των νεαρών ατόμων δεν επηρεάστηκε από οποιαδήποτε μεταχείριση. Ο ρυθμός αναπαραγωγής, δηλαδή, των ατόμων συνεχίστηκε κανονικά. Ωστόσο, το εντομοκτόνο παρουσίασε μια διεγερτική επίδραση στην εμφανιζόμενη νύμφη όσον αφορά την εμφάνιση ασυμμετρίας. Έκθεση

της νύμφης τελευταίου σταδίου στη δόση των 40ppb carbaryl δεν είχε καμία επίδραση στην κυμαινόμενη ασυμμετρία στα μετρικά χαρακτηριστικά και αύξησε την κυμαινόμενη ασυμμετρία στα μεριστικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με το μάρτυρα. Ο φυλετικός διαχωρισμός, των ενηλίκων που προέκυψαν, σε δύο ομάδες αποκάλυψε περισσότερες λεπτομέρειες για το παράθυρο ευκαιρίας στα μεριστικά χαρακτηριστικά. Νύμφες που είχαν συμπληρώσει περισσότερο από το μισό της ανάπτυξής τους, όταν τέθηκε το πείραμα σε εφαρμογή, δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές στο επίπεδο της κυμαινόμενης ασυμμετρίας. Αντιθέτως, νεαρά άτομα που εκτέθηκαν στο εντομοκτόνο για περισσότερα από το μισά νυμφικά τους στάδια, έδειξαν, ξεκάθαρα, διαφορές στα επίπεδα της κυμαινόμενης ασυμμετρίας τους. Η μεγαλύτερη διαφορά στη δεύτερη ομάδα, προκλήθηκε, κυρίως, από μια μείωση της κυμαινόμενης ασυμμετρίας στους μάρτυρες παρά από αύξηση στη μεταχείριση.

Οι μελέτες που αναφέρονται στην οντογενετική απαρχή της κυμαινόμενης ασυμμετρίας θεωρούν ότι η ασυμμετρία (ειδικά στα μεριστικά χαρακτηριστικά) είναι καθορισμένη από τα πρωταρχικά στάδια της ζωής του ατόμου (Chippindale & Palmer 1993 Bonn et al. 1996), ωστόσο δεν υπάρχουν σαφή στοιχεία που να υποστηρίζουν αυτή την υπόθεση. Οι Pickup & Thomson (1990) έδειξαν ότι η διάρκεια των δύο τελευταίων νυμφικών σταδίων (instars) ήταν μεγαλύτερη, σε σύγκριση με αυτή των πρώτων σταδίων και υποτέθηκε ότι αυτό οφειλόταν στην αυξημένη ενέργεια που απαιτείται για τη μετάβαση (μεταμόρφωση) από νύμφη σε τέλειο άτομο. Εισηγήθηκαν ότι το μεγαλύτερο τμήμα των μεταμορφολογικών αλλαγών συμβαίνει κατά τα δύο τελευταία νυμφικά στάδια. Τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στο πείραμα που αναφέρεται ως παράδειγμα υποδηλώνουν ότι το επίπεδο κυμαινόμενης ασυμμετρίας στα μεριστικά χαρακτηριστικά μπορεί να μεταβληθεί ακόμη και στο τελευταίο νυμφικό στάδιο της *X. zealandica*. Η βασική μορφή των περύγων του ατόμου φαίνεται ότι ολοκληρώνεται μόνο στο δεύτερο μισό του τελευταίου νυμφικού σταδίου.

Με τα πειράματα στο εργαστήριο (Valentine & Soule 1973; Clarke & Ridsdill-Smith 1990; Graham et al. 1993b), τον αγρό και την αξιολόγησή τους έχει εξεταστεί η εγκυρότητα (Clarke 1993; Clarke et al. 1994; Rahmel & Ruf 1994) και η πρακτικότητα της κυμαινόμενης ασυμμετρίας ως περιβαλλοντικός δείκτης. Πολλές από τις μελέτες αυτές καταδεικνύουν τα αυξημένα επίπεδα κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε σχέση με τα αυξημένα επίπεδα μόλυνσης.

Η κυμαινόμενη ασυμμετρία χαρακτηρίζεται από μικρές, μη διευθυντικές

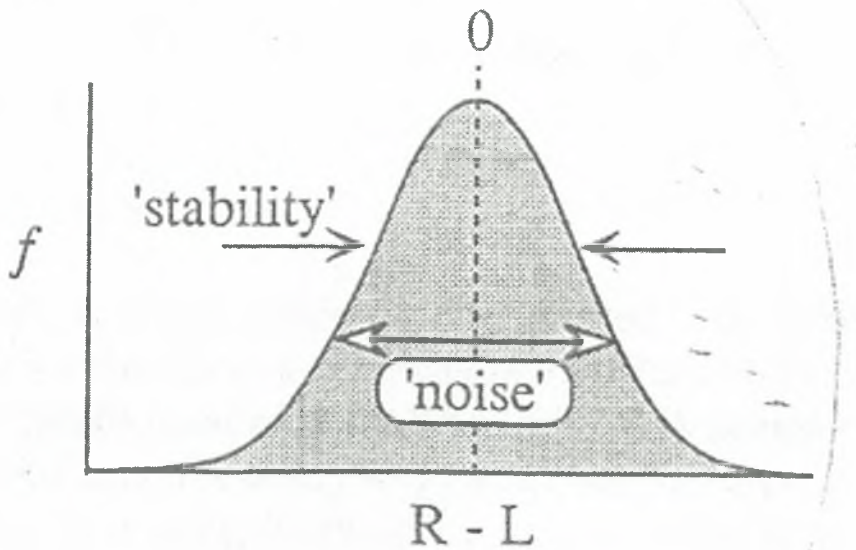
αποκλίσεις της αμφίπλευρης συμμετρίας (Palmer & Strobeck 1986) και αποτελεί δείκτη πίεσης (Leary & Allendorf 1989; Parsons 1992). Χρησιμοποιείται επιτυχώς ως μέθοδος που προειδοποιεί για την ύπαρξη υποθανατηφόρων δόσεων φαρμάκου, ικανό να προκαλέσει μόλυνση (Zakharov 1992; Graham et al. 1993a; Clarke 1994). Η σχέση κυμαινόμενης ασυμμετρίας και μόλυνσης έχει μελετηθεί σε ποικίλα συστήματα. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η μόλυνση αυξάνει τα επίπεδα κυμαινόμενης ασυμμετρίας (Valentine & Soulé 1973; Clarke & Ridsdill-Smith 1990; Clarke et al. 1994; Rahmel & Ruf 1994; Gileva & Kosareva 1994)τα οποία εξαρτώνται άμεσα από τις δόσεις των φαρμάκων (Valentine & Soulé 1973; Graham et al. 1993b).

Η κυμαινόμενη ασυμμετρία ως υπόδειγμα της παραλλακτικότητας μεταξύ των δύο πλευρών σε ένα δείγμα ατόμων προκύπτει από δύο διαδικασίες (σχήμα 4) (Emlen et al. 1993; Palmer 1996):

- α) αναπτυξιακός θόρυβος
- β) αναπτυξιακή σταθερότητα.

Ο αναπτυξιακός θόρυβος ή διαφορετικά αναπτυξιακή αστάθεια είναι μια σειρά, αλληλουχία λειτουργιών που τείνει να διαταράξει την ακριβή ανάπτυξη της σωματικής κατασκευής ενός ατόμου, όπως : α) μικρές, τυχαίες διαφορές στο ρυθμό της κυτταρικής διαίρεσης, της κυτταρικής αύξησης και της αλλαγής του σχήματος των κυττάρων, β) επίδραση του "θερμικού θορύβου" στις ενζυματικές λειτουργίες, γ) μικρές, τυχαίες διαφορές στο ρυθμό των φυσιολογικών λειτουργιών μεταξύ των κυττάρων.

Η αναπτυξιακή σταθερότητα είναι μια σειρά λειτουργιών που στόχο έχει να μην επιτρέψει τη διατάραξη της ακριβούς ανάπτυξης της σωματικής κατασκευής ενός ατόμου, όπως : α) negative feedback : ρυθμίζει την ενζυμική δραστηριότητα (συγκέντρωση και καταλυτική δράση) στο εσωτερικό και μεταξύ των κυττάρων, β) τον κεντρικό ορμονικό συντονισμό των μη εφραπτόμενων δομών, ή γ) τον ορμονικό συντονισμό των μη εφραπτόμενων δομών . Είναι δηλαδή η ικανότητα του οργανισμού να παράγει μια "ιδανική" μορφή κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (Zakharov 1992). Μείωση της σταθερότητας προκαλεί αύξηση της απόκλισης από την "ιδανική" μορφή.



Σχήμα 4: Η σπουδαιότητα της κυμαινόμενης ασυμμετρίας επιδεικνύει ένα συμβιβασμό ανάμεσα στις δύο αντιτασσόμενες διαδικασίες: τον αναπτυξιακό θόρυβο και την αναπτυξιακή σταθερότητα.

Υπάρχουν δύο πιθανοί μηχανισμοί που οδηγούν σε εξελικτική σταθερότητα στον εξελισσόμενο οργανισμό (Emlen et al. 1993) :

α) η μη ελεγχόμενη αύξηση του αριθμού των κυττάρων στη μια πλευρά του σώματος του ατόμου, προκαλεί την ενεργοποίηση ενός μηχανισμού (negative feedback), που αναστέλλει τη λειτουργία αναγέννησης και πολλαπλασιασμού τους. Διακόπτεται, δηλαδή, έτσι η μονόπλευρη αύξηση του σώματος του ατόμου.

β) η αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο πλευρών του σώματος του ατόμου ενεργοποιεί το μηχανισμό (feedback) που τείνει να φέρει σε ισορροπία τη δομή του σώματος, ώστε να περιορίσει στο ελάχιστο την εμφάνιση ασυμμετρίας μεταξύ της δεξιάς και της αριστερής πλευράς του σώματος ενός οργανισμού (Swaddle & Witter 1997). Βάσει στοιχείων, θεωρείται ότι στη δεύτερη περίπτωση, το νευρικό σύστημα ρυθμίζει το μηχανισμό (Palmer 1996). Ένα εντομοκτόνο που επιδρά στο νευρικό σύστημα , μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα της κυμαινόμενης ασυμμετρίας. Το carbaryl είναι αναστολέας χολινεστεράσης (Weiden 1971) με μια σειρά δευτερεύοντες

βιοχημικούς στόχους (Cox 1993a) και μεταβάλλει τη μορφολογία των υδάτινων ασπόνδυλων (Hazanato & Dodson 1993). Επιπλέον, έχει αναγνωριστεί ως μικροβιοκτόνο με καταστρεπτικό δυναμικό για το υδάτινο περιβάλλον (Wilcock & Close 1990; Cox 1993b).

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Οι διαφορές μεταξύ δεξιών και αριστερών χαρακτηριστικών $|R-L|$ του σώματος της *M. persicae* (Aphididae), που προέκυψαν από την έκθεσή τους σε διάφορες συγκεντρώσεις εντομοκτόνων, αλλά και σε κανονικές συνθήκες, χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα σε ελέγχους για την εξακρίβωση πιθανής ύπαρξης διευθυντικής ασυμμετρίας, αντισυμμετρίας ή κυμαινόμενης ασυμμετρίας. Ο έλεγχος για την διευθυντική ασυμμετρία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της μεθόδου : ANOVA via SAS Proc GLM (SAS Institute 1990a). Ο έλεγχος για την ύπαρξη αντισυμμετρίας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο : SAS Proc Univariate με τεστ για κανονικές κατανομές, με χρήση του Shapiro-Wilk Test (W statistic). Η ύπαρξη κυμαινόμενης ασυμμετρίας εξακριβώθηκε με τη χρήση του Bartlett's Box- F test (Norusis 1990), ώστε να ελεγχθούν οι διακυμάνσεις $|R-L|$ (Palmer & Strobeck 1986) και του Levene's test, το οποίο είναι πιο πρακτικό από τα υπόλοιπα κοινά τεστ (Palmer & Strobeck 1992).

Shapiro- Wilks' W test : Το Shapiro- Wilks' W test χρησιμοποιείται για τον έλεγχο κανονικότητας. Αν στη στατιστική ανάλυση, η τιμή του W είναι σημαντική, τότε η αρχική υπόθεση ότι η αντίστοιχη κατανομή είναι κανονική, πρέπει να απορρίπτεται. Το SW Test είναι το προτιμητέο για τον έλεγχο κανονικότητας λόγω των δυναμικών ιδιοτήτων του, σε σύγκριση με ένα μεγάλο εύρος εναλλακτικών ελέγχων (Shapiro et al. 1968). Μερικά προγράμματα αυξάνουν την έκταση του τεστ που περιγράφεται από τον Royston (1982) και επιτρέπουν την εφαρμογή του σε μεγάλα δείγματα (>5000 παρατηρήσεις).

Bartlett's Test (Snedecor & Cochran, 1983) : Χρησιμοποιείται για να ελέγξει αν ένας αριθμός k δειγμάτων παρουσιάζει ίσες διακυμάνσεις (διασπορές). Ομότιμες διακυμάνσεις διαμέσου δειγμάτων καλείται ομοιογένεια διασποράς. Ορισμένα στατιστικά τεστ, για παράδειγμα η ανάλυση παραλλακτικότητας , υποθέτουν ότι οι διασπορές είναι ίσες ανάμεσα στις ομάδες ή στα δείγματα. Το B- test μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επαληθεύσει αυτή την υπόθεση.

Το B-test είναι ευαίσθητο στις αποκλίσεις από την κανονικότητα. Στην περίπτωση, δηλαδή, που τα δείγματα προέρχονται από μη κανονικές μεταβολές, το B-test μπορεί, απλά, να κάνει έλεγχο μη κανονικότητας.

Levene's test: Μια εναλλακτική μορφή ελέγχου κανονικότητας αποτελεί το Levene's test, το οποίο είναι λιγότερο ευαίσθητο στις αποκλίσεις από την κανονικότητα. Είναι πολύ εύκολο στο χειρισμό, γιατί είναι μια one-way ANOVA (σύγκριση δειγμάτων). Είναι πιο πρακτικό από το Bartlett's test, το F_{max} ή το Scheffe's γιατί : 1) είναι το λιγότερο ευαίσθητο στις αποκλίσεις από την κανονικότητα στη διεύθυνση της λεπτοκύρτωσης ή της πλατοκύρτωσης, 2) είναι ελάχιστα λιγότερο δυναμικό από το Bartlett's και το F_{max} , τα οποία είναι αρκετά ευαίσθητα στις αποκλίσεις από την κανονικότητα, 3) είναι ιδιαίτερα εύκολο στο χειρισμό σε εμπορικά στατιστικά πακέτα.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αφίδα *Myzus persicae* (Sulzer) αποτελεί ένα τυπικό ετερόοικο είδος που παρουσιάζει πολυμορφισμό στο βιολογικό του κύκλο, καθώς παρατηρήθηκαν και οι τέσσερις κατηγορίες βιολογικού κύκλου που έχουν περιγραφεί (Blackman 1971,1972). Επίσης, διαπιστώθηκε ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των ολοκυκλικών, κλώνων που, προσδίδουν στο είδος ακόμη ένα πλεονέκτημα για την επιβίωση του. Τα θηλυτόκα των ολοκυκλικών κλώνων μπορούν να παράγουν όλες τις μορφές του *M. persicae* και οι άπτεροι απόγονοί τους διατηρούν την ικανότητα παραγωγής σεξουαλικών ατόμων. Η δυνατότητα του είδους για εγγενή αναπαραγωγή, τόσο με τους ολοκυκλικούς κλώνους όσο και με αυτούς που έχουν χάσει μερικώς τη δυνατότητα εγγενούς αναπαραγωγής, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων γενοτύπων με πιθανώς μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής και επιβίωσης.

Το φθινόπωρο, καθώς η διάρκεια της ημέρας μειώνεται κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο, οι ολοκυκλικοί γενότυποι παράγουν στους ποώδεις ξενιστές πτερωτά αρσενικά και θηλυτόκα, που μεταναστεύουν στον πρωτεύοντα ξενιστή, τη ροδακινιά (*Prunus persica* L.). Εκεί τα θηλυτόκα γενούν ωτόκα θηλυκά, που εναποθέτουν τα διαπαύοντα ωά (van Emden et al. 1969) 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 στην σεξουαλική αναπαραγωγή του είδους. Έχουν αναγνωριστεί και ενδιάμεσοι γενότυποι οι οποίοι ακολουθούν, όπως και οι ανδροκυκλικοί, δύο στρατηγικές διαχείμασης.

Το *M. persicae* είναι είδος, που στην Ελλάδα παρουσιάζει γενετική ποικιλότητα. Ο πολυμορφισμός στο βιολογικό κύκλο, η παραλλακτικότητα σε διάφορα

χαρακτηριστικά της βιολογίας του και η ύπαρξη διαφορετικών φυλών ξενιστού είναι παράγοντες που συνεισφέρουν στο παραπάνω. Σημαντικό ρόλο στην κατανομή πληθυσμών του είδους στην Ελλάδα και κατ' επέκταση στη γενετική δομή τους, αποτελεί η παρουσία συγκεκριμένων ξενιστών. Η αφθονία του πρωτεύοντος ξενιστή και η καλλιέργεια του καπνού προκαλεί εμφάνιση ολοκυκλικών γενοτύπων και της φυλής που αποικίζει τον καπνό, αντίστοιχα. Το είδος παρουσιάζει ανεπτυγμένη δυνατότητα επιβίωσης, καθώς μπορεί και εκμεταλλεύεται διάφορους πόρους και ακολουθεί διαφορετικές στρατηγικές διαχείμασης. Διάφορα βιολογικά χαρακτηριστικά συνεισφέρουν στην επιβίωση και την προσαρμογή του ενώ σημαντική είναι και η ικανότητα που παρουσιάζει το είδος στη δημιουργία νέων γενοτύπων πιθανώς περισσότερο προσαρμοσμένων.

Η προσαρμοστικότητά του σε διάφορα περιβάλλοντα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που επιτρέπουν στα άτομα των πληθυσμών του τον εποικισμό σε "δύσκολους" ξενιστές, όπως ο καπνός (*Nicotiana tabacum*) λόγω της κολλώδους φυλλικής επιφάνειάς του μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η *M. persicae* ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχεται ενεργοποιεί μηχανισμούς άμυνας, προσαρμογής ή επιβίωσης. Αυτό αποτελεί εφελθτήριο για μελέτη της συμμετρικής ή μη σωματικής της ανάπτυξης ως αποτέλεσμα των επιδράσεων που δέχεται από το περιβάλλον ή της προσπάθειάς της να εξελιχθεί.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δείγματα των αφίδων συλλέχθηκαν κατά τα έτη 2000-2002 από διάφορες περιοχές της Ελλάδας (Καρδίτσα, Μελίκη, Αμφίκλεια, Ξάνθη) από καλλιέργειες καπνού. Διατηρήθηκαν σε ειδικούς θαλάμους ελεγχόμενης θερμοκρασίας και φωτοπεριόδου στο εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βόλο, όπου και μελετήθηκαν τη χρονική περίοδο Ιούλιος 2002- Δεκέμβριος 2003.

Τα δείγματα συλλέχθηκαν συνήθως από αγρούς μεγέθους περίπου 5–10 στρεμμάτων σε κάθε περιοχή. Κάθε δείγμα, που αποτελούνταν από 2–3 φύλλα

προσβεβλημένα από αφίδες, συλλεγόταν από ένα φυτό. Το κάθε δείγμα τοποθετούνταν σε πλαστικό σακουλάκι που περιείχε τεμάχιο απορροφητικού χαρτιού. Η μεταφορά τους στο εργαστήριο έγινε σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία με φορητά ψυγεία που περιείχαν παγοκύστες. Από κάθε δείγμα δημιουργήθηκε κλωνική αποικία (παρθενογενετική σειρά) επιλέγοντας ένα άπτερο παρθενογενετικό θηλυκό.

Οι αφίδες εκτράφηκαν σε φύλλα πατάτας (*Solanum tuberosum*) ποικιλίας Spunta σε ειδικά κουτιά εκτροφής αφίδων (7,7 x 4,5 x 2cm) (Blackman 1971) σε φωτοπερίοδο L16:D8 και θερμοκρασία 17°C .

Το πείραμα περιλαμβάνει 10 κλώνους *M. persicae* πράσινου και κόκκινου χρώματος. Πιο συγκεκριμένα : 2 κόκκινους και 1 πράσινο από Καρδίτσα, 2 κόκκινους και 3 πράσινους από Μελίκη, 1 κόκκινο από Αμφίκλεια, 1 κόκκινο από Ξάνθη. Για το πείραμα, κρίθηκε απαραίτητη η καλλιέργεια φυτών καπνού στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου στο Φυτόκο.

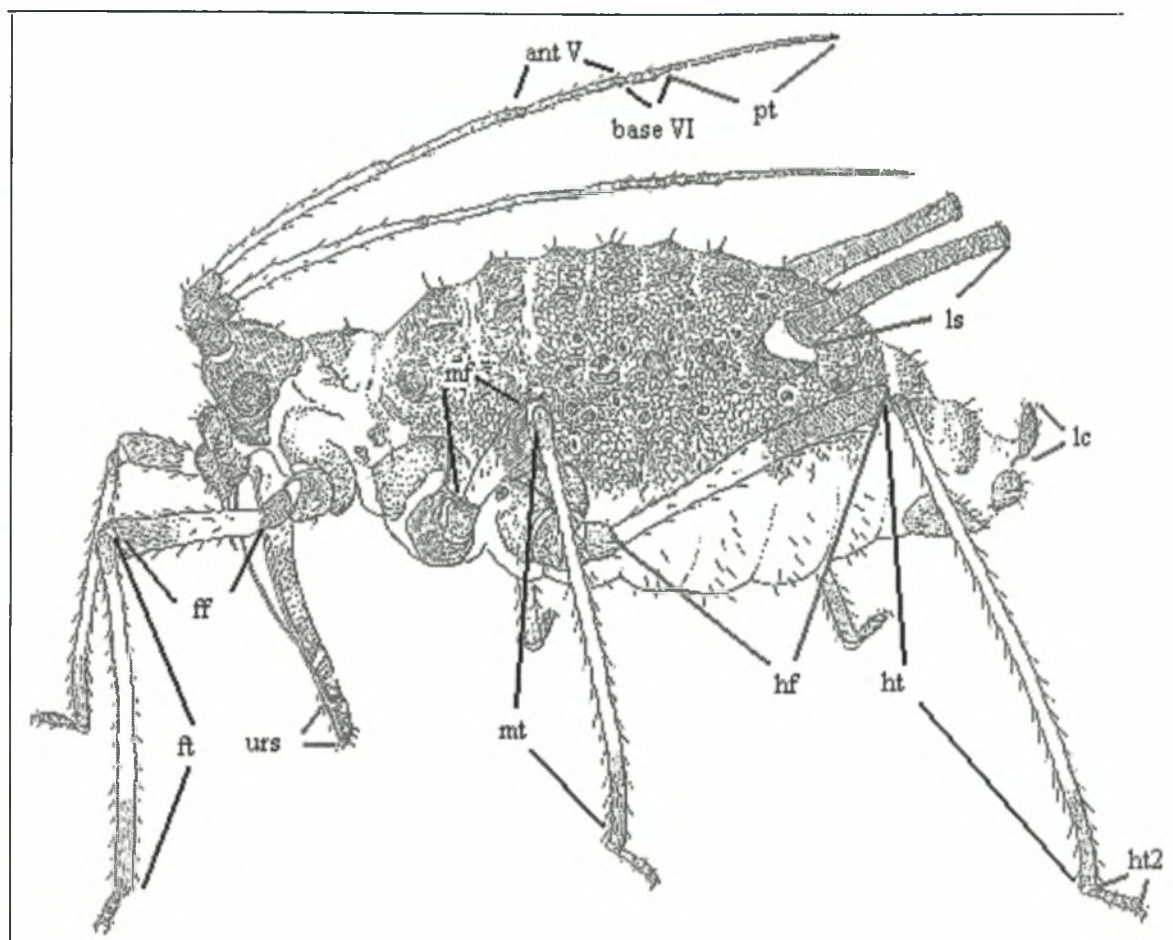
Το πείραμα αποτελείται από δύο μέρη: Αρχικά, η σωματομετρία πραγματοποιήθηκε σε άτομα που εκτράφηκαν σε κανονικές συνθήκες χωρίς την επίδραση χημικών ουσιών. Στη δεύτερη περίπτωση, τα ενήλικα εκτρέφονται σε φύλλα που έχουν εμβαπτιστεί σε διάλυμα εντομοκτόνου και ελέγχεται αν η παρουσία του προκαλεί ασυμμετρία στα άτομα του πληθυσμού.

Από τον πληθυσμό που διατηρείται σε καθένα από τα κουτιά εκτροφής, επιλέγονται 10 ενήλικα άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά και τοποθετούνται το καθένα χωριστά πάνω σε ένα φύλλο καπνόφυτου σε ειδικά "κλιπ". Σε κάθε γλαστράκι, τοποθετούνται δύο μάνες και μεταφέρονται σε θάλαμο με θερμοκρασία 23°C και φωτοπερίοδο L16:D8. Σε 24 ώρες περίπου και αφού το ενήλικο θηλυκό έχει γεννήσει, απομακρύνεται και διατηρούνται 2-3 ανήλικα για περίπου μια εβδομάδα, ώσπου, δηλαδή, να ενηλικιωθούν. Περίπου 10 ενήλικα, άπτερα, παρθενογενετικά θηλυκά από κάθε κλώνο διατηρήθηκαν σε πλαστικούς σωλήνες φυγοκέντρησης με διάλυμα 1:3 γαλακτικού οξέος (75 % w/w) και αλκοόλης (95%) έως ότου γίνουν μόνιμα παρασκευάσματα. Τα μόνιμα παρασκευάσματα έγιναν με τη μέθοδο των Blackman & Eastop (2000). Η μέθοδος έχει ως εξής : οι αφίδες παραμένουν για 45 λεπτά σε υδατόλουτρο στους 80°C μέσα σε γυάλινο δοκιμαστικό σωλήνα με το υγρό διατήρησης. Στη συνέχεια, αφαιρείται το υγρό διατήρησης από το δοκιμαστικό σωλήνα και προστίθεται διάλυμα αλκοόλης, ενώ ο σωλήνας τοποθετείται για τρία λεπτά σε σκεύος με νερό που βράζει. Κατόπιν αφαιρείται το διάλυμα αλκοόλης και τοποθετείται διάλυμα (καυστικού καλίου) KOH (10%) και ο σωλήνας

επανατοποθετείται στο νερό που βράζει για τρία λεπτά. Έπειτα γίνονται τρία πλυσίματα με απεσταγμένο νερό συνολικής διάρκειας 15 λεπτών. Τέλος, στο δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετείται άνυδρο οξικό οξύ για οκτώ λεπτά και κατόπιν γαρυφαλέλαιο για τουλάχιστον μισή ώρα. Για το παρασκεύασμα, τοποθετούνται τέσσερις αφίδες πάνω σε αντικειμενοφόρο πλάκα σε 1-2 σταγόνες Entellan (οίκου MERCK, Γερμανίας) και σκεπάζονται προσεχτικά με καλυπτρίδα. Τα παρασκευάσματα παραμένουν για 3-4 εβδομάδες σε θερμαινόμενο κλίβανο στους 37°C .

Συνολικά σωματομετρήθηκαν 115 άτομα , 64 κόκκινα και 51 πράσινα. Αναλυτικότερα : 24 από Καρδίτσα, 12 από Ξάνθη, 12 από Μελίκη και 12 από Αμφίκλεια όσον αφορά τους κόκκινους κλώνους και 12 από Καρδίτσα, 39 από Μελίκη όσον αφορά τους πράσινους κλώνους. Από κάθε άτομο μετρήθηκαν 22 χαρακτηριστικά, δηλαδή 11 από την αριστερή και 11 από τη δεξιά πλευρά του σώματός του. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν και δεύτερη φορά , ώστε συνολικά να έχουν ληφθεί 5060 μετρήσεις.

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν : για τη δεξιά πλευρά 1) το μήκος της κνήμης του πίσω ποδιού (ht), 2) το μήκος του μηρού του πίσω ποδιού (hf), 3) το μήκος της κνήμης του μεσαίου ποδιού (mt) ,4) το μήκος του μηρού του μεσαίου ποδιού (mf), 5) το μήκος της κνήμης του μπροστινού ποδιού (ff), 6)το μήκος του μηρού του μπροστινού ποδιού (ff), 7) το μήκος του τρίτου άρθρου της κεραίας (ant III), 8) το μήκος του τέταρτου άρθρου της κεραίας (ant IV), 9) το μήκος του σιφωνίου (ls), (10) το μήκος του τελικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας (pt), (11) το μήκος του βασικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας (base VI). Ομοίως μετρήθηκαν τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της αριστερής πλευράς του σώματος του εντόμου.



Εικόνα 4. Πλευρική όψη άπτερης αφίδας (τροποποιημένο από Miyazaki 1987) όπου φαίνονται τα έντεκα μορφολογικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν. base VI: μήκος του βασικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας, ht2: μήκος δεύτερου ταρσομερούς, ant V: μήκος του πέμπτου άρθρου της κεραίας, pt: μήκος του τελικού τμήματος του τελευταίου άρθρου της κεραίας, ls: μήκος σιφωνίου, hf: μήκος του μηρού του πίσω ποδιού, ht: μήκος της κνήμης του πίσω ποδιού, mt: μήκος της κνήμης του μεσαίου ποδιού, mf: μήκος του μηρού του μεσαίου ποδιού, ff: μήκος μηρού του μπροστινού ποδιού, ft: μήκος κνήμης του μπροστινού ποδιού.

Οι μετρήσεις έγιναν σε μικροσκόπιο με δυνατότητα αντίθεσης φάσης (Leica DRMB) σε μεγέθυνση 400, 200 και 100 X (Εικόνα 5).



Εικόνα 5. Μικροσκόπιο αντίθεσης φάσης (Leica DRMB) για μέτρηση μορφολογικών χαρακτηριστικών.

Στη δεύτερη μεταχείριση, η σωματομετρία πραγματοποιείται σε ενήλικα, παρθενογενετικά, άπτερα, θηλυκά, που έχουν εκτραφεί αρχικά σε φύλλο πατάτας και κατόπιν καπνού, σε θερμοκρασία 23°C και τα οποία στο 1^ο και 2^ο νυμφικό στάδιο θα εκτεθούν σε εντομοκτόνο.

Η εφαρμογή πραγματοποιείται με τρία εντομοκτόνα α) imidacloprid 20,6% w/v (εμπορική ονομασία : Confidor) β) heptenophos 55% w/v (εμπορική ονομασία : Hostaquick) γ) phosphamidon (εμπορική ονομασία: Diamicron). Επιλέγονται δύο κλώνοι, ένας κόκκινος από Αμφίκλεια και ένας πράσινος από Μελίκη. Η διαδικασία έχει ως εξής : για κάθε κλώνο τοποθετούμε 30 ενήλικα, μοιρασμένα ανά 10 σε κουτιά εκτροφής Blackman , σε φύλλο καπνού και τα αφήνουμε 2 ημέρες στους 23°C να αναπαραχθούν. Στη συνέχεια ετοιμάζουμε τα διαλύματα με τις διάφορες συγκεντρώσεις εντομοκτονου, εμβαπτίζουμε σε αυτά τα φύλλα καπνού και μεταφέρουμε προσεχτικά τις νύμφες στη επιφάνειά του. Μεσολαβεί ένα χρονικό

διάστημα 6-8 ημερών περίπου όσα άτομα επιζήσουν και ενηλικιωθούν διατηρούνται σε διάλυμα γαλακτικού οξέος έως ότου γίνουν μόνιμα παρασκευάσματα.

Με αφετηρία τη συνιστώμενη δοσολογία του παρασκευαστή, πειραματιζόμαστε ώστε να βρούμε την υποθανατηφόρο δόση, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη για τις νύμφες 1^{ου} και 2^{ου} σταδίου. Με το imidacloprid επιλέχθηκαν οι εξής συγκεντρώσεις: 0,001ml/lit, 0,001ml/2lit & 0,001ml/4lit. Με το heptenophos επιλέχθηκαν οι εξής συγκεντρώσεις: 0,03125ml/lit, 0,0625ml/lit, 0,125ml/lit, 0,25ml/lit. Συνολικά σωματομετρήθηκαν 190 άτομα εις διπλούν και ελήφθησαν 8360 μετρήσεις.

Σε κάθε μεταχείριση έως τώρα η σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων γίνεται με τα αποτελέσματα που έχουν ληφθεί από πειραματισμό του μάρτυρα με τις ίδιες διαδικασίες.

Η σωματομέτρηση των ατόμων που εκτέθηκαν στο heptenophos έδειξε ότι η αύξησή τους συνεχίζεται φαινομενικά ομαλά. Αυτή η εξέλιξη πιθανολογείται ότι οφείλεται είτε στην ανθεκτικότητα που έχει αναπτύξει η *M. persicae* στο συγκεκριμένο εντομοκτόνο, είτε στη φαγοδιέργεση που της προκαλεί κάποιο από τα συστατικά του χημικού σκευάσματος. Αυτό το γεγονός έκρινε απαραίτητη την επανάληψη του πρώτου σκέλους του πειράματος, την εφαρμογή, δηλαδή, εντομοκτόνου και τη ζύγιση των ενηλίκων σε ζυγό ακριβείας, ώστε να διαπιστωθεί εάν τα βάρους τους αυξάνεται ανάλογα με την κατά μήκος αύξησή τους.

Οι στατιστικές αναλύσεις για τον έλεγχο ασυμμετρίας μεταξύ των άκρων της αφίδας *Myzus persicae* πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση των παρακάτω στατιστικών κριτηρίων. Στο πρώτο στάδιο, για να ελέγξουμε την ύπαρξη κατευθυντικής ασυμμετρίας (DA), για τα έντεκα χαρακτηριστικά που έχουν σωματομετρηθεί, εξετάστηκαν με την ANOVA οι διαφορές μεταξύ του μεγέθους των R και L άκρων. Στο δεύτερο στάδιο, κάναμε έλεγχο κανονικότητας για να δούμε αν έχουμε κανονική κατανομή ανάμεσα στα άκρα των δυο πλευρών του σώματος του εντόμου |R-L| με χρήση του Shapiro-Wilk Test. Στο τρίτο στάδιο, με παράγοντα τον κλώνο εφαρμόστηκαν τα Levene's Test και Bartlett's Test για έλεγχο παραλλακτικότητας του |R-L|. Για τον έλεγχο ασυμμετρίας στο μέγεθος των άκρων εργαστήκαμε με την ANOVA θεωρώντας τρεις παράγοντες: τις δόσεις, τα άκρα R και L και τον κλώνο. Στην ανάλυση των βαρών του σώματος των εντόμων εφαρμόστηκε one-way ANOVA με παράγοντα το βάρος.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο έλεγχος ασυμμετρίας εφαρμόστηκε σε ένα σύνολο ατόμων που η μεταχείρισή τους πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες 23°C και L16: D8. Στον Πίνακα 1, τα αποτελέσματα αφορούν το μάρτυρα ο οποίος δεν εκτέθηκε σε καμία χημική ουσία. Στους Πίνακες 2,3,4,5 παρατίθενται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των ατόμων που εκτέθηκαν σε περιβάλλοντα όπου είχε εφαρμοστεί το εντομοκτόνο Hostaquick (δ.ο.heptenophos). Στους Πίνακες 6,7,8 συνοψίζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των ατόμων που εκτέθηκαν σε περιβάλλοντα όπου είχε εφαρμοστεί το εντομοκτόνο Confidor (δ.ο. imidacloprid).

Πίνακας 1: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε ενήλικα θηλυκά *M. persicae* που εκτράφηκαν σε κανονικές συνθήκες (μάρτυρας) (n=132).

| μορφ/κά χαρ/κά | AF | P _{AF} | W | P _w | F | p-level | BF-max | p _{BF} |
|-------------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|---------|---------|-----------------|
| ht | 0.009 | 0.923 | 0.851 | 0.000 | 2.870 | 0.003 | 10.532 | 0.000 |
| hf | 0.126 | 0.723 | 0.600 | 0.000 | 4.624 | 0.000 | 48.986 | 0.000 |
| mt | 0.653 | 0.419 | 0.774 | 0.000 | 5.318 | 0.000 | 29.047 | 0.000 |
| mf | 0.023 | 0.880 | 0.964 | 0.000 | 3.225 | 0.001 | 5.481 | 0.001 |
| ft | 0.001 | 0.972 | 0.900 | 0.000 | 1.427 | 0.177 | 7.514 | 0.000 |
| ff | 0.025 | 0.874 | 0.843 | 0.000 | 1.380 | 0.197 | 8.990 | 0.000 |
| ant3 | 0.011 | 0.916 | 0.924 | 0.000 | 3.282 | 0.001 | 9.119 | 0.000 |
| ant4 | 0.083 | 0.773 | 0.965 | 0.000 | 1.154 | 0.325 | 3.099 | 0.121 |
| ls | 0.236 | 0.627 | 0.403 | 0.000 | 7.021 | 0.000 | 128.341 | 0.000 |
| pt | 0.004 | 0.953 | 0.930 | 0.000 | 1.825 | 0.064 | 6.907 | 0.000 |
| base4 | 1.337 | 0.248 | 0.974 | 0.000 | 2.732 | 0.005 | 4.376 | 0.001 |

AF=έλεγχος κατευθυντικής ασυμμετρίας, F-ratio από ANOVA; W= Shapiro-Wilk Test, έλεγχος κανονικότητας, Levene's test, p<0,05, BF= Bartlett's Box F- statistic για ομοιογένεια διακύμανσης.

Πίνακας 2 (1^η δόση): Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε ενήλικα θηλυκά *M. persicae* που εκτέθηκαν σε συγκέντρωση 0,03125ml/lit heptenophos (n=24).

| μορφ/κά χαρ/κά | AF | P _{AF} | W | P _w | F | p-level | BF-max | p _{BF} |
|-------------------|-------|-----------------|-------|----------------|--------|---------|--------|-----------------|
| ht | 0.001 | 0.971 | 0,925 | 0.005 | 7.667 | 0.008 | 3.319 | 0.006 |
| hf | 0.002 | 0.965 | 0,945 | 0.026 | 1.220 | 0.275 | 1.615 | 0.258 |
| mt | 0.003 | 0.954 | 0,907 | 0.001 | 3.358 | 0.073 | 2.786 | 0.017 |
| mf | 0,001 | 0.990 | 0,909 | 0.001 | 1.748 | 0.193 | 1.254 | 0.592 |
| ft | 0.351 | 0.555 | 0,565 | 0,000 | 8.439 | 0.006 | 13.109 | 0,000 |
| ff | 0.373 | 0.543 | 0,683 | 0,000 | 3.760 | 0.059 | 4.205 | 0.001 |
| ant3 | 0.439 | 0.509 | 0,920 | 0.003 | 14.242 | 0,000 | 4.226 | 0.001 |
| ant4 | 0.030 | 0.864 | 0,960 | 0.102 | 0.386 | 0.538 | 1.185 | 0.688 |
| ls | 0.132 | 0.717 | 0,738 | 0,000 | 0.903 | 0.347 | 4.153 | 0.001 |
| pt | 0,001 | 0.989 | 0,966 | 0.179 | 2.013 | 0.163 | 1.834 | 0.153 |
| base4 | 1.608 | 0.208 | 0,832 | 0,000 | 0.205 | 0.653 | 1.822 | 0.158 |

AF= έλεγχος κατευθυντικής ασυμμετρίας, F-ratio από ANOVA; W= Shapiro-Wilk Test έλεγχος κανονικότητας, Levene's test, p<0,05, BF= Bartlett's Box F- statistic για ομοιογένεια διακύμανσης.

Πίνακας 3 (2^η δόση): Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε ενήλικα θηλυκά *M. persicae* που εκτέθηκαν σε συγκέντρωση 0,0625ml/lit heptenophos (n=24).

| μορφ/κά χαρ/κά | AF | P _{AF} | W | P _w | F | p-level | BF-max | p _{BF} |
|-------------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|---------|--------|-----------------|
| ht | 0.105 | 0.746 | 0,789 | 0.000 | 0.547 | 0.463 | 2.783 | 0.062 |
| hf | 0.115 | 0.736 | 0,937 | 0.013 | 0.351 | 0.556 | 1.429 | 0.459 |
| mt | 0.001 | 0.976 | 0,742 | 0.000 | 2.166 | 0.148 | 2.438 | 0.055 |
| mf | 0.538 | 0.465 | 0,620 | 0.000 | 0.663 | 0.420 | 2.153 | 0.102 |
| ft | 0.281 | 0.597 | 0,558 | 0.000 | 0.985 | 0.326 | 2.525 | 0.046 |
| ff | 0.011 | 0.918 | 0,963 | 0.128 | 0.013 | 0.908 | 1.009 | 0.985 |
| ant3 | 0.124 | 0.725 | 0,878 | 0.000 | 0.042 | 0.838 | 1.111 | 0.830 |
| ant4 | 0.001 | 0.991 | 0,980 | 0.569 | 0.127 | 0.723 | 1.326 | 0.561 |
| ls | 0.155 | 0.695 | 0,946 | 0.027 | 0.045 | 0.833 | 1.355 | 0.552 |
| pt | 0.001 | 0.975 | 0,839 | 0.000 | 0.150 | 0.700 | 1.388 | 0.498 |
| base4 | 0.074 | 0.786 | 0,904 | 0.000 | 0.005 | 0.946 | 1.186 | 0.727 |

AF= έλεγχος κατευθυντικής ασυμμετρίας, F-ratio από ANOVA; W= Shapiro-Wilk Test έλεγχος κανονικότητας, Levene's test, p<0,05, BF= Bartlett's Box F- statistic για ομοιογένεια διακύμανσης.

Πίνακας 4 (3^η δόση): Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε ενήλικα θηλυκά *M. persicae* που εκτέθηκαν σε συγκέντρωση 0,125ml/lit heptenophos (n=24).

| μορφ/κά χαρ/κά | AF | P _{AF} | W | P _w | F | p-level | BF-max | p _{BF} |
|-------------------|-------|-----------------|-------|----------------|--------|---------|--------|-----------------|
| ht | 0.038 | 0.847 | 0,889 | 0.000 | 2.371 | 0.13 | 1.628 | 0.250 |
| hf | 0.004 | 0.948 | 0,961 | 0.112 | 0.017 | 0.898 | 1.085 | 0.847 |
| mt | 0.028 | 0.867 | 0,801 | 0.000 | 4.952 | 0.031 | 6.179 | 0.000 |
| mf | 0.226 | 0.635 | 0,815 | 0.000 | 11.792 | 0.001 | 18.888 | 0.000 |
| ft | 0.112 | 0.739 | 0,731 | 0.000 | 18.883 | 0.000 | 23.872 | 0.000 |
| ff | 0.187 | 0.666 | 0,942 | 0.019 | 0.004 | 0.949 | 1.161 | 0.723 |
| ant3 | 0,001 | 0.987 | 0,920 | 0.003 | 6.656 | 0.013 | 8.221 | 0.000 |
| ant4 | 0.026 | 0.872 | 0,957 | 0.080 | 0.044 | 0.835 | 1.226 | 0.629 |
| ls | 0.421 | 0.518 | 0,933 | 0.009 | 11.093 | 0.002 | 3.220 | 0.007 |
| pt | 1.525 | 0.220 | 0,917 | 0.002 | 0.564 | 0.457 | 1.460 | 0.371 |
| base4 | 0.213 | 0.645 | 0,986 | 0.831 | 0.220 | 0.641 | 1.132 | 0.768 |

AF= έλεγχος κατευθυντικής ασυμμετρίας, F-ratio από ANOVA; W= Shapiro-Wilk Test έλεγχος κανονικότητας, Levene's test, p<0,05, BF= Bartlett's Box F- statistic για ομοιογένεια διακύμανσης.

Πίνακας 5 (4^η δόση): Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε ενήλικα θηλυκά *M. persicae* που εκτέθηκαν σε συγκέντρωση 0,25ml/lit heptenophos (n=22).

| μορφ/κά χαρ/κά | AF | PAF | W | P _w | F | p-level | BF-max | p _{BF} |
|-------------------|-------|-------|-------|----------------|-------|---------|--------|-----------------|
| ht | 0.045 | 0.833 | 0,956 | 0.093 | 0.799 | 0.377 | 1.272 | 0.589 |
| hf | 1.548 | 0.217 | 0,668 | 0.000 | 4.234 | 0.046 | 13.186 | 0.000 |
| mt | 0.047 | 0.830 | 0,851 | 0.000 | 2.529 | 0.119 | 2.669 | 0.032 |
| mf | 0.452 | 0.503 | 0,770 | 0.000 | 4.460 | 0.041 | 5.557 | 0.000 |
| ft | 1.151 | 0.286 | 0,709 | 0.000 | 7.365 | 0.010 | 27.559 | 0.000 |
| ff | 0.299 | 0.586 | 0,870 | 0.000 | 2.054 | 0.159 | 3.99 | 0.008 |
| ant3 | 0.020 | 0.887 | 0,916 | 0.003 | 0.773 | 0.384 | 1.906 | 0.154 |
| ant4 | 0.352 | 0.555 | 0,931 | 0.012 | 0.523 | 0.473 | 1.202 | 0.679 |
| ls | 0.082 | 0.776 | 0,964 | 0.183 | 0.204 | 0.654 | 1.309 | 0.547 |
| pt | 0.067 | 0.796 | 0,719 | 0.000 | 1.725 | 0.196 | 9.382 | 0.000 |
| base4 | 2.634 | 0.108 | 0,757 | 0.000 | 1.536 | 0.222 | 7.882 | 0.000 |

AF= έλεγχος κατευθυντικής ασυμμετρίας, F-ratio από ANOVA; W= Shapiro-Wilk Test έλεγχος κανονικότητας, Levene's test, p<0,05, BF= Bartlett's Box F- statistic για ομοιογένεια διακύμανσης.

Πίνακας 6 (1^η δόση): Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε ενήλικα θηλυκά *M. persicae* που εκτέθηκαν σε συγκέντρωση 0,001ml/4lt imidacloprid (n=30).

| μορφ/κά χαρ/κά | AF | P _{AF} | W | P _w | F | p-level | BF-max | p _{BF} |
|-------------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|---------|--------|-----------------|
| ht | 0.008 | 0.930 | 0,915 | 0.000 | 8.041 | 0.006 | 2.599 | 0.011 |
| hf | 0.004 | 0.949 | 0,966 | 0.090 | 1.368 | 0.247 | 2.507 | 0.022 |
| mt | 0.030 | 0.863 | 0,979 | 0.381 | 1.392 | 0.243 | 1.120 | 0.767 |
| mf | 0.610 | 0.436 | 0,254 | 0.000 | 2.448 | 0.123 | 231.39 | 0.000 |
| ft | 0.287 | 0.593 | 0,813 | 0.000 | 0.96 | 0.331 | 1.078 | 0.846 |
| ff | 0.022 | 0.884 | 0,956 | 0.031 | 1.517 | 0.223 | 1.522 | 0.268 |
| ant3 | 0.733 | 0.394 | 0,953 | 0.022 | 5.495 | 0.023 | 1.921 | 0.084 |
| ant4 | 0.067 | 0.796 | 0,838 | 0.000 | 1.231 | 0.272 | 2.462 | 0.017 |
| ls | 0.523 | 0.471 | 0,960 | 0.047 | 3.841 | 0.055 | 1.93 | 0.082 |
| pt | 0.198 | 0.657 | 0,454 | 0.000 | 7.313 | 0.009 | 38.703 | 0.000 |
| base4 | 0.285 | 0.594 | 0,949 | 0.015 | 0.489 | 0.487 | 2.092 | 0.051 |

AF= έλεγχος κατευθυντικής ασυμμετρίας, F-ratio από ANOVA; W= Shapiro-Wilk Test έλεγχος κανονικότητας, Levene's test, p<0,05, BF= Bartlett's Box F- statistic για ομοιογένεια διακύμανσης.

Πίνακας 7 (2^η δόση): Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε ενήλικα θηλυκά *M. persicae* που εκτέθηκαν σε συγκέντρωση 0,001ml/2lt imidacloprid (n=18).

| μορφ/κά χαρ/κά | AF | P _{AF} | W | P _w | F | p-level | BF-max | p _{BF} |
|-------------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|---------|--------|-----------------|
| ht | 0.003 | 0.959 | 0,930 | 0.024 | 0.185 | 0.670 | 1.204 | 0.722 |
| hf | 0.006 | 0.939 | 0,912 | 0.007 | 0.310 | 0.582 | 1.944 | 0.194 |
| mt | 0.023 | 0.880 | 0,962 | 0.253 | 1.099 | 0.302 | 1.211 | 0.720 |
| mf | 0.102 | 0.750 | 0,909 | 0.006 | 4.451 | 0.042 | 3.854 | 0.008 |
| ft | 0.823 | 0.367 | 0,734 | 0.000 | 0.049 | 0.826 | 1.32 | 0.593 |
| ff | 0.017 | 0.897 | 0,868 | 0.000 | 2.603 | 0.116 | 2.413 | 0.117 |
| ant3 | 0.197 | 0.658 | 0,801 | 0.000 | 0.587 | 0.449 | 2.802 | 0.070 |
| ant4 | 0.013 | 0.909 | 0,953 | 0.127 | 0.008 | 0.93 | 1.100 | 0.858 |
| ls | 0.414 | 0.522 | 0,918 | 0.011 | 0.491 | 0.488 | 1.883 | 0.251 |
| pt | 0.121 | 0.729 | 0,758 | 0.000 | 0.623 | 0.435 | 3.271 | 0.040 |
| base4 | 2.180 | 0.144 | 0,945 | 0.074 | 1.652 | 0.207 | 1.760 | 0.302 |

AF= έλεγχος κατευθυντικής ασυμμετρίας, F-ratio από ANOVA; W= Shapiro-Wilk Test έλεγχος κανονικότητας, Levene's test, p<0,05, BF= Bartlett's Box F- statistic για ομοιογένεια διακύμανσης.

Πίνακας 8 (3^η δόση): Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο κυμαινόμενης ασυμμετρίας σε ενήλικα θηλυκά *M. persicae* που εκτέθηκαν σε συγκέντρωση 0,001ml/lit imidacloprid (n=24).

| μορφ/κά χαρ/κά | AF | P _{AF} | W | P _w | F | p-level | BF-max | p _{BF} |
|-------------------|-------|-----------------|-------|----------------|--------|---------|--------|-----------------|
| ht | 0.006 | 0.938 | 0,913 | 0.002 | 0.300 | 0.587 | 1.12 | 0.789 |
| hf | 0.001 | 0.984 | 0,952 | 0.047 | 10.023 | 0.003 | 3.279 | 0.006 |
| mt | 0.134 | 0.715 | 0,897 | 0.000 | 5.011 | 0.030 | 5.979 | 0.000 |
| mf | 0.001 | 0.978 | 0,950 | 0.042 | 2.943 | 0.093 | 1.872 | 0.14 |
| ft | 0.023 | 0.880 | 0,786 | 0.000 | 6.049 | 0.018 | 9.430 | 0.000 |
| ff | 0.003 | 0.954 | 0,927 | 0.005 | 0.004 | 0.949 | 1.043 | 0.921 |
| ant3 | 0.001 | 0.988 | 0,962 | 0.118 | 4.966 | 0.031 | 2.980 | 0.011 |
| ant4 | 0.148 | 0.702 | 0,945 | 0.025 | 1.769 | 0.190 | 1.533 | 0.313 |
| ls | 0.015 | 0.904 | 0,866 | 0.000 | 0.313 | 0.579 | 1.719 | 0.201 |
| pt | 0.582 | 0.448 | 0,880 | 0.000 | 0.001 | 0.982 | 1.751 | 0.187 |
| base4 | 0.772 | 0.382 | 0,900 | 0.000 | 3.066 | 0.087 | 1.967 | 0.112 |

AF= έλεγχος κατευθυντικής ασυμμετρίας, F-ratio από ANOVA; W= Shapiro-Wilk Test έλεγχος κανονικότητας, Levene's test, $p < 0,05$, BF= Bartlett's Box F- statistic για ομοιογένεια διακύμανσης.

Επειδή ο προσδιορισμός της ύπαρξης κυμαινόμενης ασυμμετρίας (FA) σε ένα δείγμα απαιτεί κανονικά κατανομημένες διαφορές $|R-L|$ με μέσο όρο μηδέν, είναι βασικό πρώτα να γίνεται έλεγχος πιθανής ύπαρξης κατευθυντικής ασυμμετρίας ($|R-L| > 0$) ή αντισυμμετρίας (μη κανονική κατανομή). Κατευθυντική ασυμμετρία (DA) υπάρχει αν οι μέσοι όροι $|R-L|$ σε οποιαδήποτε ομάδα διαφέρουν σημαντικά (ANOVA F) ή αν ο συνολικός μέσος όρος είναι σημαντικά μεγαλύτερος ή μικρότερος του μηδενός.

Στο σύνολο των ατόμων δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ($p_{AF} > 0,05$), επομένως δεν υπάρχει κατευθυντική ασυμμετρία (DA).

Η ύπαρξη αντισυμμετρίας καθορίζεται από μη κανονικές κατανομές (W statistic) και $p_w < 0,05$. Στο μάρτυρα (Πίνακας 1) όλα τα χαρακτηριστικά εμφανίζουν αντισυμμετρία. Στην πρώτη (Πίνακας 2), στη δεύτερη (Πίνακας 3) και στην τέταρτη (Πίνακας 5) δόση του heptenophos, εννέα από τα έντεκα χαρακτηριστικά και στην τρίτη δόση (Πίνακας 4) οχτώ από τα έντεκα χαρακτηριστικά εμφανίζουν αντισυμμετρία. Για το imidacloprid αντισυμμετρία εμφανίζουν εννέα από τα έντεκα

χαρακτηριστικά της πρώτης δόσης (Πίνακας 6), οχτώ από τα έντεκα χαρακτηριστικά της δεύτερης δόσης (Πίνακας 7) και δέκα από τα έντεκα χαρακτηριστικά της τρίτης δόσης (Πίνακας 8).

Τα χαρακτηριστικά των οποίων οι μέσοι όροι δεν διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν ($p_{AF} > 0,005$) και ακολουθούν κανονικές κατανομές ($p_w > 0,05$), είναι υποψήφια για την ύπαρξη κυμαινόμενης ασυμμετρίας. Πιο συγκεκριμένα:

Για *toheptenophos*: Στην πρώτη δόση (Πιν.2) το τέταρτο άρθρο της κεραίας (ant4) και το δεύτερο τμήμα του έκτου άρθρου της κεραίας (pt). Στη δεύτερη δόση (Πιν.3) ο μηρός του μπροστινού άκρου (ff) και το τέταρτο άρθρο της κεραίας (ant4). Στην τρίτη δόση (Πιν.4) ο μηρός του πίσω άκρου (hf), το τέταρτο άκρο της κεραίας (ant4) και το πρώτο τμήμα του έκτου άρθρου της κεραίας (base4). Στην τέταρτη δόση (Πιν.5), η κνήμη του πίσω άκρου (ht) και το σιφώνιο (ls).

Για *toimidacloprid*: Στην πρώτη δόση (Πιν.6) ο μηρός του πίσω άκρου (hf), η κνήμη του μεσαίου άκρου (mt). Στη δεύτερη δόση (Πιν.7) η κνήμη του μεσαίου άκρου (mt), το τέταρτο άρθρο της κεραίας (ant4), το πρώτο τμήμα του έκτου άρθρου της κεραίας (base4). Στην τρίτη δόση (Πιν.8) το τρίτο άρθρο της κεραίας (ant3).

Από τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά τρία μόνο εμφανίζουν τελικά κυμαινόμενη ασυμμετρία ($p_{F-max} < 0,05$) και είναι τα εξής: ο μηρός του πίσω άκρου (hf) της πρώτης δόσης εφαρμογής του *imidacloprid* (Πιν.6), ο μηρός του πίσω άκρου (hf) και το τρίτο άκρο της κεραίας (ant3) της τρίτης δόσης του *imidacloprid* (Πιν.8).

Για τη μελέτη ύπαρξης σημαντικών στατιστικών διαφορών στα έντεκα χαρακτηριστικά του σώματος της *M. persicae*, ανάμεσα σε κλώνο, σε αριστερή και δεξιά πλευρά και δόση εντομοκτόνου, χρησιμοποιήθηκε το υποπρόγραμμα ANOVA. Κατά την εφαρμογή του *heptenophos*, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στατιστικώς σημαντικές διαφορές εμφανίζονται από την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους κλώνους, τις δόσεις και ανάμεσα σε κλώνο και δόση σε όλα τα χαρακτηριστικά, εκτός από το πρώτο τμήμα του έκτου άρθρου της κεραίας (base4) και το δεύτερο τμήμα του έκτου άρθρου της κεραίας (pt) ανάμεσα στους κλώνους. Ομοίως με την εφαρμογή του *imidacloprid*, στατιστικώς σημαντικές διαφορές εμφανίζονται από την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους κλώνους, τις δόσεις και ανάμεσα σε κλώνο και δόση σε όλα τα χαρακτηριστικά, εκτός από το πρώτο τμήμα του έκτου άρθρου της κεραίας (base4) και το δεύτερο τμήμα του έκτου άρθρου της κεραίας (pt) στον κλώνο και τη δόση αλλά όχι στην αλληλεπίδραση κλώνου-δόσης, όπου οι διαφορές είναι στατιστικώς σημαντικές.

Στους πίνακες 9 και 10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο της επίδρασης των δύο εντομοκτόνων στην μεταβολή του μεγέθους του σώματος των αφίδων σε σύγκριση με το μάρτυρα όπου τα άτομα εκτράφηκαν σε κανονικές συνθήκες χωρίς οποιαδήποτε χημική εφαρμογή. Με Μ.Ο. συμβολίζεται ο μέσος όρος, SE το τυπικό σφάλμα, n ο αριθμός των ατόμων σε κάθε εφαρμογή και τα a, b, c, d δείχνουν συγκριτικά τη μεταβολή του μεγέθους τους σε σχέση με τη δόση του εντομοκτόνου που εφαρμόστηκε.

Στον πίνακα 9 όπου εφαρμόστηκαν 3 δόσεις imidacloprid φαίνεται ότι όσο αυξάνεται η δόση του εντομοκτόνου μειώνεται το μέγεθος της αφίδας. Μέγιστο μέγεθος έχουμε στο μάρτυρα, τα αποτελέσματα του οποίου παρουσιάζονται στην πρώτη γραμμή του πίνακα.

Στον πίνακα 10, με εφαρμογή 4 δόσεων heptenophos παρατηρούμε ότι τα μικρότερα άτομα δίνει ο μάρτυρας, ενώ με την επίδραση του εντομοκτόνου τα άτομα αυξάνουν σε μέγεθος. Στη δεύτερη δόση έχουμε τα άτομα με τα μεγαλύτερα χαρακτηριστικά, εκτός από το πρώτο μέρος του έκτου άρθρου της κεραίας (pt) το οποίο παραμένει σταθερό στις πρώτες δόσεις και αυξάνεται σημαντικά με τη μεγαλύτερη δόση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο επίδρασης του εντομοκτόνου imidacloprid στη μεταβολή του μεγέθους του σώματος της αφίδας *M. persicae* (n=).

| n | MO | SE | n | MO | SE | n | MO | SE | n | MO | SE | n | MO | SE | n | MO | SE |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|-------|-----|--------|--------|-----|--------|-------|-----|--------|--------|
| | ht | | | hf | | | mt | | | mf | | | ft | | | ff | |
| 103 | 1.113d | 0.0923 | 103 | 0.57d | 0.0512 | 103 | 0.83d | 0.072 | 103 | 0.448c | 0.0364 | 103 | 0.814d | 0.073 | 103 | 0.449c | 0.0404 |
| 120 | 0.952a | 0.0848 | 120 | 0.491a | 0.0455 | 120 | 0.716a | 0.062 | 120 | 0.391a | 0.0475 | 120 | 0.702a | 0.065 | 120 | 0.394a | 0.0349 |
| 72 | 1.03b | 0.1013 | 72 | 0.535b | 0.0554 | 72 | 0.779b | 0.077 | 72 | 0.431b | 0.0391 | 72 | 0.757b | 0.074 | 72 | 0.43b | 0.04 |
| 96 | 1.067c | 0.1379 | 96 | 0.551c | 0.0753 | 96 | 0.802c | 0.099 | 96 | 0.436b | 0.0546 | 96 | 0.788c | 0.097 | 96 | 0.436b | 0.052 |
| | ant3 | | | ant4 | | | ls | | | pt | | | base4 | | | | |
| 103 | 0.398c | 0.0355 | 103 | 0.299c | 0.0359 | 103 | 0.299c | 0.051 | 103 | 0.501c | 0.0356 | 103 | 0.12a | 0.075 | | | |
| 120 | 0.334a | 0.0429 | 120 | 0.252a | 0.0309 | 120 | 0.252a | 0.038 | 120 | 0.454a | 0.0559 | 120 | 0.118a | 0.063 | | | |
| 72 | 0.37b | 0.0548 | 72 | 0.28b | 0.0441 | 72 | 0.28b | 0.036 | 72 | 0.476b | 0.0416 | 72 | 0.119a | 0.071 | | | |
| 96 | 0.38b | 0.0574 | 96 | 0.293c | 0.0553 | 96 | 0.293c | 0.055 | 96 | 0.498c | 0.0399 | 96 | 0.119a | 0.078 | | | |

L.S.D-test M.O. M.O.= μέσος όρος, SE= τυπικό σφάλμα, n= αριθμός των ατόμων σε κάθε εφαρμογή, a,b,c,d= παράμετροι που δείχνουν συγκριτικά τη μεταβολή του σωματικού μεγέθους των ατόμων σε σχέση με τη δράση του φαρμάκου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο επίδρασης του εντομοκτόνου heptenophos στη μεταβολή του μεγέθους του σώματος της αφίδας *M. persicae* (n=).

| n | MO | SE | n | MO | SE | n | MO | SE | n | MO | SE | n | MO | SE | n | MO | SE |
|------|---------|--------|------|--------|--------|-----|--------|-------|-----|--------|--------|-------|---------|-------|-----|--------|--------|
| ht | | | hf | | | mt | | | mf | | | ft | | | lf | | |
| 104 | 1.113a | 0.0919 | 104 | 0.57a | 0.0509 | 104 | 0.83a | 0.072 | 104 | 0.448a | 0.0362 | 104 | 0.814a | 0.073 | 104 | 0.449a | 0.0402 |
| 96 | 1.131ab | 0.1732 | 96 | 0.592b | 0.0899 | 96 | 0.84ab | 0.12 | 96 | 0.464b | 0.0624 | 96 | 0.812a | 0.113 | 96 | 0.462b | 0.0597 |
| 96 | 1.213c | 0.1391 | 96 | 0.632c | 0.0654 | 96 | 0.9c | 0.101 | 96 | 0.493c | 0.0508 | 96 | 0.871b | 0.106 | 96 | 0.497c | 0.0516 |
| 96 | 1.158b | 0.1464 | 96 | 0.605b | 0.0743 | 96 | 0.854b | 0.095 | 96 | 0.472b | 0.0507 | 96 | 0.824a | 0.089 | 96 | 0.469b | 0.052 |
| 88 | 1.151b | 0.1012 | 88 | 0.598b | 0.0519 | 88 | 0.856b | 0.075 | 88 | 0.472b | 0.0358 | 88 | 0.833a | 0.08 | 88 | 0.469b | 0.0351 |
| ant3 | | | ant4 | | | ls | | | pt | | | base4 | | | | | |
| 104 | 0.398a | 0.0355 | 104 | 0.299a | 0.0358 | 104 | 0.467a | 0.051 | 104 | 0.501b | 0.0355 | 104 | 0.12a | 0.074 | | | |
| 96 | 0.403ab | 0.0717 | 96 | 0.295a | 0.0683 | 96 | 0.49b | 0.068 | 96 | 0.504b | 0.0388 | 96 | 0.126c | 0.092 | | | |
| 96 | 0.438d | 0.0654 | 96 | 0.33b | 0.0594 | 96 | 0.528d | 0.044 | 96 | 0.509b | 0.0503 | 96 | 0.127c | 0.01 | | | |
| 96 | 0.41bc | 0.0588 | 96 | 0.305a | 0.0472 | 96 | 0.511c | 0.059 | 96 | 0.499b | 0.038 | 96 | 0.123b | 0.095 | | | |
| 88 | 0.418c | 0.0311 | 88 | 0.304a | 0.0392 | 88 | 0.508c | 0.032 | 88 | 0.482a | 0.0635 | 88 | 0.121ab | 0.065 | | | |

L.S.D-test M.O. M.O.= μέσος όρος, SE= τυπικό σφάλμα, n= αριθμός των ατόμων σε κάθε εφαρμογή, a,b,c,d= παράμετροι που δείχνουν συγκριτικά τη μεταβολή του σωματικού μεγέθους των ατόμων σε σχέση με τη δράση του φαρμάκου.

Παράλληλα με το μέγεθος, η εφαρμογή με Hostaquick δίνει άτομα με μεγαλύτερα βάρη. Σύμφωνα με ένα δείγμα 164 ενήλικων θηλυκών ατόμων της αφίδας *Myzus persicae* που ζυγίστηκαν, αποδεικνύεται πειραματικά ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του εντομοκτόνου, όπου εκτέθηκαν τα άτομα, αυτά προκαλεί την ταυτόχρονη αύξηση του βάρους τους και δίνει άτομα μεγαλύτερα σε σύγκριση με το μάρτυρα. Στην 5^η δόση (0.25ml/lit) έχουμε τα άτομα με το μεγαλύτερο βάρος, γεγονός που αποδεικνύει ότι η εφαρμογή οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων όχι μόνο δεν θανατώνει τους πληθυσμούς, αλλά επιτρέπει ή υποβοηθά την μη αναμενόμενη αύξησή τους (Πίνακας 11). Η στατιστική ανάλυση για τον έλεγχο μεταβολής του σωματικού βάρους των ατόμων του δείγματος δείχνει ότι οι τιμές των βαρών διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ($p_{AF}=0 < 0,05$ και $AF=68.908$).

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης για τον έλεγχο της επίδρασης του Hostaquick (δ.ο. heptenophos) στη μεταβολή του σωματικού βάρους των ενήλικων θηλυκών της αφίδας *M. persicae*.

| A/A | Δόσεις | N | MO | Std.Dev | LSD |
|-----|--------------|----|-------|---------|-----|
| 1 | Μάρτυρας | 25 | 52.60 | 10.54 | c |
| 2 | 0.03125ml/lt | 39 | 45.56 | 13.31 | d |
| 3 | 0.0625ml/lt | 25 | 81.00 | 15.15 | b |
| 4 | 0.125ml/lt | 28 | 83.04 | 11.64 | b |
| 5 | 0.25ml/lt | 22 | 95.77 | 16.02 | a |
| 6 | 0.5ml/lt | 25 | 83.64 | 10.28 | b |

M.O. = μέσος όρος, N= αριθμός των ατόμων, Std. Dev = τυπική απόκλιση, a,b,c,d = παράμετροι που δείχνουν συγκριτικά τη μεταβολή του σωματικού βάρους των ατόμων σε σχέση με τη δράση του φαρμάκου.

Παράλληλα, παρόμοια μεταχείριση με το οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο phosphamidon δίνει ανάλογα αποτελέσματα. Δηλαδή, σε άτομα που εκτέθηκαν σε περιβάλλον όπου έχει εφαρμοστεί δόση 2ml/lt του εντομοκτόνου, διπλάσια από εκείνη που συνιστά ο παρασκευαστής, παρατηρήθηκε αύξηση του σωματικού τους βάρους σε σχέση με εκείνα που εκτράφηκαν σε κανονικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι τα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος δεν είναι τυχαία και δεν αποτελούν μεμονωμένο συμβάν, αλλά συνιστούν μια γενικότερη εικόνα της αντίδρασης των αφίδων στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα και της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους με εμφανείς τις επιρροές στην ανάπτυξη του συγκεκριμένου είδους.

Στον Πίνακα 12 δίνονται οι μέσοι όροι και η τυπική απόκλιση των βαρών που καταγράφηκαν από τη ζύγιση 24 ατόμων ενός κλώνου πράσινου χρώματος της αφίδας *M. persicae* με την εφαρμογή του εντομοκτόνου phosphamidon συγκριτικά με το μέσο όρο των βαρών 17 ατόμων που δεν εκτέθηκαν στο εντομοκτόνο και αποτελούν το μάρτυρα.

Στον Πίνακα 13 δίνονται οι μέσοι όροι και η τυπική απόκλιση των βαρών που καταγράφηκαν από τη ζύγιση 22 ατόμων ενός κλώνου κόκκινου χρώματος της αφίδας *M. persicae* με την εφαρμογή του εντομοκτόνου Dimecron συγκριτικά με το μέσο όρο των βαρών 24 ατόμων που δεν εκτέθηκαν στο εντομοκτόνο και αποτελούν το

μάρτυρα. Η στατιστική ανάλυση για τον έλεγχο της μεταβολής του σωματικού βάρους των άπτερων, ενήλικων θηλυκών της αφίδας *Myzus persicae* με την εφαρμογή του Dimectron έδειξε ότι οι τιμές των βαρών διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους τόσο στον πράσινο κλώνο ($p_{AF}=0<0,05$ και $AF=58,07$), όσο και στον κόκκινο ($p_{AF}=0<0,05$ και $AF=35,62$).

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: Επίδραση του phosphamidon στη μεταβολή του σωματικού βάρους των ενήλικων θηλυκών της αφίδας *M. persicae* (n=41).

| Δόσεις | n | MO | Std.Dev | LSD |
|----------|----|-------|---------|-----|
| Μάρτυρας | 17 | 0.375 | 0.094 | a |
| 2ml/lt | 24 | 0.741 | 0.181 | b |

M.O. = μέσος όρος (mgr), N= αριθμός των ατόμων, Std. Dev = τυπική απόκλιση, a,b= παράμετροι που δείχνουν συγκριτικά τη μεταβολή του σωματικού βάρους των ατόμων σε σχέση με τη δράση του φαρμάκου ($b>a$).

ΠΙΝΑΚΑΣ 13: Επίδραση του Phosphamidon στη μεταβολή του σωματικού βάρους των ενήλικων θηλυκών της αφίδας *M. persicae* (n= 46).

| Δόσεις | n | MO | Std.Dev | LSD |
|----------|----|-------|---------|-----|
| Μάρτυρας | 24 | 0.466 | 0.105 | a |
| 2ml/lt | 22 | 0.741 | 0.198 | b |

M.O. = μέσος όρος (mgr), N= αριθμός των ατόμων, Std. Dev = τυπική απόκλιση, a,b = παράμετροι που δείχνουν συγκριτικά τη μεταβολή του σωματικού βάρους των ατόμων σε σχέση με τη δράση του φαρμάκου.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της μέτρησης είκοσι δύο χαρακτηριστικών σύμφωνα με τη μέθοδο των Parco & Van Harten (1987) σε κάθε άτομο των παρθενογενετικών σειρών της αφίδας *Myzus persicae* και η στατιστική ανάλυση των συνολικών δεδομένων έδειξε ότι τα άτομα αυτά παρουσιάζουν ασυμμετρία σε ορισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Στο σύνολο των δειγμάτων δεν υπάρχει κατευθυντική ασυμμετρία, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων παρουσιάζουν αντισυμμετρία στα περισσότερα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν. Σε ένα μικρό ποσοστό ατόμων βρέθηκε κυμαινόμενη ασυμμετρία σε χαρακτηριστικά που στο μάρτυρα τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά δεν εμφανίζουν αυτού του είδους την ασυμμετρία.

Η κυμαινόμενη ασυμμετρία δεν έχει κληρονομήσιμη βάση (Palmer & Strobeck, 1992), ωστόσο οι Chippindale & Palmer (1993) και οι Bonn et al. (1996) θεωρούν ότι η ασυμμετρία, ιδιαίτερα στα μεριστικά χαρακτηριστικά, υπάρχει από τα πρώτα στάδια της ζωής του εντόμου. Οι Pickup & Thomson (1990) δείχνοντας ότι η διάρκεια των δύο τελευταίων νυμφικών σταδίων διαρκεί περισσότερο, υπαινίσσονται ότι τότε λαμβάνουν χώρα οι αλλαγές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά. Η εμφάνιση της κυμαινόμενης ασυμμετρίας στα άτομα που έχουν εκτεθεί στα εντομοκτόνα και εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, αλλά όχι στο μάρτυρα, επιβεβαιώνουν την μη κληρονομήσιμη βάση της και επιβάλλουν την περαιτέρω εξέταση της επίδρασης των εντομοκτόνων στην ανάπτυξη του σώματος των εντόμων.

Με την εφαρμογή του εντομοκτόνου imidacloprid στη *M. persicae*, τα άτομα που επέζησαν δεν τράφηκαν φυσιολογικά και το τελικό μέγεθός τους ήταν μικρότερο από το αντίστοιχο εκείνων που εκτράφηκαν σε κανονικές συνθήκες χωρίς, δηλαδή, την επίδραση οποιασδήποτε χημικής ουσίας.

Κατά την εφαρμογή του εντομοκτόνου heptenophos, τα ποσοστά θνησιμότητας ήταν πολύ μικρά σε σχέση με την εφαρμογή του πρώτου εντομοκτόνου και τα άτομα που επέζησαν και ενηλικιώθηκαν εμφανίζονται "αναζωογονημένα" παρουσιάζοντας μεγάλη αύξηση τόσο στο μέγεθος όσο και στο βάρος τους.

Η μη αναμενόμενη αύξηση του μεγέθους και του σωματικού βάρους των ενηλίκων ατόμων *M. persicae* κατά την έκθεσή τους στο εντομοκτόνο heptenophos, πιθανολογείται ότι μπορεί να οφείλεται σε δύο παράγοντες που επιδρούν είτε μεμονωμένα, είτε σε συνδυασμό. Στην πρώτη περίπτωση, το οργανοφωσφορικό

εντομοκτόνο προκαλεί στο έντομο έντονη φαγοδιέγερση ή ενεργεί σε συνδυασμό με κάποιου είδους αλληλεπίδραση με ουσίες της φυτικής επιφάνειας του ξενιστή. Στη δεύτερη περίπτωση, πιθανόν, συστατικά του εντομοκτόνου ενεργοποιούν την υπερπαραγωγή ενζύμων και τη δράση εστερασών στο έντομο, ως αντίδραση του οργανισμού του στις αντίξοες συνθήκες που δημιουργούνται για την επιβίωσή του. Η δράση των εστερασών που παράγονται από τον οργανισμό του εντόμου πιθανόν να ευθύνονται για την κανονική ή υπερβολική αύξησή του. Από το σύνολο των έξι εστερασών που έχουν βρεθεί, η εστεράση F-4 εκφράζει την ανθεκτικότητα των αφίδων στα εντομοκτόνα (Devonshire et al., 1998). Η εστεράση -1 ανιχνεύεται στην αιμολέμφο (Takada, 1979a). Η εστεράση-6 ανιχνεύεται σε όλα τα μέρη του σώματος, αλλά κυρίως στην αιμολέμφο και τις ωοθήκες (Takada, 1979a). Αυτές οι εστεράσες παράγονται με σταθερό ρυθμό στον οργανισμό του εντόμου και η παρουσία τους έχει διαπιστωθεί καθ'όλη τη διάρκεια ζωής του εντόμου. Ωστόσο, οι εστεράσες -2, -3 και -5 συγκεντρώνονται στο σιελοφόρο αγωγό των στοματικών μορίων (Takada, 1979a) και φαίνεται ότι η παραγωγή τους αυξάνεται όταν κριθεί απαραίτητο (Shigehara & Takada, 2004). Η παραγωγή εστερασών στα κύτταρα του θρεπτικού καναλιού της *M. persicae* μπορεί να επηρεάζεται από κάποιες επαγωγικές ή κατασταλτικές ουσίες του φυτού-ξενιστή. Τα αποτελέσματα της χρωματομετρικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε από τους Wachendorff & Klingauf (1978) έδειξαν ότι το φυτό-ξενιστής προκάλεσε σημαντικές μεταβολές στη συνολική δράση των εστερασών στη *M. persicae*. Οι αφίδες που εκτράφηκαν για δύο παρθενογενετικές σειρές σε χρυσάνθεμο (*Crysanthemum indicum* L., Asteraceae) παρουσιάζουν ένα μεγαλύτερο ποσό παραγωγής εστερασών από εκείνες που εκτράφηκαν σε λάχανο (*Brassica oleracea* L., Brassicaceae), καπνό (*Nicotiana tabacum*) και μαρούλι (*Lactuca sativa* L., Asteraceae) (Wachendorff & Klingauf, 1978). Πιθανόν, διάφορες ουσίες που περιέχονται σε κάθε φυτό-ξενιστή και επηρεάζουν αρνητικά τη διατροφική δραστηριότητα των αφίδων τις ωθούν στην υπερπαραγωγή των εστερασών -2, -3, -5, ώστε να διευκολυνθεί στη διατροφή της αποτοξικοποίησης αυτών των ουσιών που επιλέγει να τραφεί. Το ποσοστό, επομένως, των εστερασών που παράγεται κάθε φορά στους σιελογόνους αδένες των στοματικών μορίων και η δράση τους ενδέχεται να οφείλεται εν μέρει στην επίδραση και το είδος του φυτού-ξενιστή.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων της σωματομετρίας πάνω στα ενήλικα, παρθενογενετικά θηλυκά της *M. persicae* δεν έδειξε την ύπαρξη συμμετρίας. Ωστόσο, μετά την έκθεση των ατόμων στις διάφορες συγκεντρώσεις των εντομοκτόμων

imidacloprid, heptenophos και phosphamidon, η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδωσε αποτελέσματα όπου τα εκτρεφόμενα άτομα παρουσιάζουν ασυμμετρία σε κάποια από τα χαρακτηριστικά τους. Αυτό το γεγονός, αποδεικνύει την επίδραση των εντομοκτόνων στο νευρικό σύστημα του εντόμου και κατ' επέκταση στη δυσανάλογη ανάπτυξη μεταξύ αριστερής και δεξιάς πλευράς του σώματός του. Το αυξημένο σωματικό βάρος που παρατηρήθηκε στα άτομα που εκτέθηκαν στο heptenophos πιθανόν να οφείλεται στην ανθεκτικότητα που έχει αναπτύξει το είδος στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα ή στην παραγωγή και τη δράση των εστερασών που παράγει ο οργανισμός του εντόμου, μια υπόθεση που προς το παρόν δεν είναι τεκμηριωμένη.

Η αδυναμία του heptenophos να θανατώσει τον πληθυσμό και η μη αναμενόμενη ενισχυτική του επίδραση στη σωματική ανάπτυξη των ατόμων είναι φαινόμενο που έχει αποδειχτεί και σε άλλες μελέτες άλλων οργανισμών. Για παράδειγμα, η έκθεση του *Xanthocnemis zealandica* στο carbaryl (Hardersen, 2000) ευνόησε την ανάπτυξή του, επίσης, αναζωογονητική ήταν η δράση του σε κάποια αρθρόποδα (Lepidoptera, Isaac et al., 1972; Aphididae, Kumar & Chapman, 1984). Αντιθέτως, οι Alford & Holmes (1986) και οι Hazanato & Dodson (1992) είχαν αρνητικά αποτελέσματα από την εφαρμογή του carbaryl.

Η εργασία αυτή αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση για την επίδραση των εντομοκτόνων στη συμμετρία των άκρων του σώματος της αφίδας *M. persicae* και αποτελεί την απαρχή για περαιτέρω μελέτη πάνω στο μηχανισμό των εντόμων που θα εξηγήσουν τη σχέση τους με τις χημικές ουσίες και κατά πόσο αυτές είναι δυνατόν να επηρεάζουν τη διατροφή, την ανάπτυξή τους και γενικότερα τις λειτουργίες του οργανισμού τους, όταν εφαρμόζονται σε δόσεις που δεν τα θανατώνουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alford, A.R. & J. A. Holmes, 1996.** Sublethal effects of carbaryl, aminocarb, fenitrothion, and *Bacillus thuringiensis* on the development and fecundity of the spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology* 79: 31-34.
- Bailit, H. L., Workmen. P. L., Niswander, J. D., MacLean, C. J. 1970.** Dental asymmetry as an indicator of genetic and environmental conditions in human populations. *Hum. Biol.* 42:626-38.
- Biemont, C. 1983.** Homeostasis, enzymatic heterozygosity and inbreeding depression in natural populations of *Drosophila melanogaster*. *Genetica* 61:179-89.
- Blackman, R.L. (1971)** Variation in the photoperiodic response within natural populations of *Myzus persicae* (Sulzer). *Bulletin of Entomological Research*, **60**, 533-546.
- Blackman, R. L. (1972).** The inheritance of life-cycle differences in *Myzus persicae*(Sulz.) (Hem., Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*. 62: 281-294.
- 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. 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 Worlds Crops. An Identification And Formation Guide. Second Edition. John Wiley & Sons, London.
- Bonn, A., M. Gasse, J. Rolff & A. Martens, 1996.** Increased fluctuating asymmetry in the damselfly *Coenagrion puella* is correlated with ectoparasitic

water mites: implications for fluctuating asymmetry theory. *Oecologia* 108: 596-598.

Breiman, L., Friedman, J.H., Olson, R.A., & Stone, C.J. (1984) *Classification and Regression Trees*. Wadsworth, Belmont, CA.

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.

Chippindale, A. K. & A. R. Palmer, 1993. *Persistence of subtle departures from symmetry over multiple molts in individual brachyuran crabs: relevance to developmental stability*. *Genetica* 89: 185-199.

Clark, G. M., 1993. *Fluctuating asymmetry of invertebrate populations as a biological indicator of environmental quality*. *Environmental Pollution* 82: 207-211.

Clark, G. M., (1994). *Developmental stability analysis :an early-warning system for biological monitoring of water quality*. *Australian Biologist* 7(2):94-104.

Clark, G. M. & T. J. Ridsdill-Smith, 1990. The effect of avermectin B1 on developmental stability in the bush fly, *Musca vetustissima*, as measured by fluctuating asymmetry. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 54: 265-269.

Clarke, G. M., A. H. Arthington & B. J. Pusey, 1994. *Fluctuating asymmetry of chironomid larvae as an indicator of pesticide contamination in freshwater environments*. In : P. Cranston (ed.), *Chironomids: From Genes to Ecosystems*. CSIRO Australia, Melbourne, Australia, pp. 101-109.

Collins, R. L. 1969. On the inheritance of handedness. II. Selection for sinistrality in mice. *J. Hered.* 60:117-19.

Cox, C., 1993a. *Carbaryl*. *Journal of Pesticide Reform* 13 (1): 31-36

Cox, C., 1993b. *Carbaryl*, Part 2. *Journal of Pesticide Reform* 13(2): 29-35.

Devonshire, A.L., Field, L.M., Foster, S.P., Moores, G.D., Williamson, M.S. & Blackman, R.L. (1998) The evolution of insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. *Phylosophical Transactions of the Royal Socirty of London* 353, 1677-1684.

Digby, P.G.N. & Kempton, R.A. (1994) *Multivariate Analysis of Ecological Communities*. Chapman and Hall, London.

Dixon, A.F.G. (1973) Metabolic acclimatization to seasonal changes in temperature in sycamore aphid *Drepanosiphum platanoides* (SCHR) and lime aphid

Eucallipterus tiliae. *L. Oecologia*, **13**, 205-210

- Dixon, A.F.G.** (1998) *Aphid Ecology*. Second Edition, Chapman and Hall, London, U.K.
- Emlen, J. M., D. C. Freeman & J. H. Graham**, 1993. *Nonlinear growth dynamics and the origin of fluctuating asymmetry*. *Genetica* 89 : 77-96.
- Esaac, E. G., S. El-Gogary, M. S. Abdel-Fatah & A. Maher Ali**, 1972. Effect of carbaryl, methyl parathion, and endrin on egg production and percent pupation of the Egyptian Cotton Leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd). *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie* 71: 263-270.
- 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.
- Gangestad, S. W. & Thornhill, R.** 1999. Individual differences in developmental precision and fluctuating asymmetry: a model and its implications. *J. Evol. Biol.* 12: 402-416.
- Gileva , E. A. & N. L. Kosareva**, 1994. *Decrease in fluctuating asymmetry among house mice in territories polluted with chemical and radioactive mutagens*. *Russian Journal of Ecology* 24 : 225-228.
- Graham, J. H., Felley, J. D.** 1985. Genomic coadaptation and developmental stability within introgressed populations of *Enneacanthus gloriosus* and *E. obesus* (Pisces, Centrarchidae). *Evolution* 39:104-14.
- Graham, J. H., D. C. Freeman & J. M. Emlen**, 1993a. *Developmental stability: A sensitive indicator of populations under stress*. In: W. G. Landis, J. S. Hughes & M. A. Lewis (eds), *Environmental Toxicology and Risk Assessment*, ASTM STP 1179. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 136-158.
- Graham, J. H., K. E. Roe & T. B. West**, 1993b. Effects of lead and benzene on the developmental stability of *Drosophila melanogaster*. *Ecotoxicology* 2: 185-195.
- Hagen, D. W.** 1973. Inheritance of numbers of lateral plates and gillrakers in *Gasterosteus aculeatus*. *Heredity* 30:303-12.
- Hardersen S.** (2000). Effects of carbaryl exposure on the last larval instar of *xanthocnemis zealandica* – fluctuating asymmetry and adult emergence.
- Hardersen & C. M. Frampton**, 1998. Effects of short term pollution on the level of fluctuating asymmetry – a case study using damselflies.

- Hazanato, T. & S. I. Dodson, 1992.** Complex effects of a kairomone of *Chaoborus* and an insecticide on *Daphnia pulex*. *Journal of Plankton Research* 14: 1743-1755.
- Hazanato, T. & S. I. Dodson, 1993.** Morphological responses of four species of cyclomorphic *Daphnia* to a short-term exposure to the insecticide carbaryl. *Journal of Plankton Research* 15: 1087-1095.
- 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, R. K., T. Wiederholm & D. M. Rosenberg, 1993.** *Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates*. In : D. M. Rosenberg & V. H. Resh (eds) , *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, London, pp.40-158.
- Kat, P. W. 1982.** The relationship between heterozygosity for enzyme loci and developmental homeostasis in peripheral populations of aquatic bivalves (Unionidae). *Am. Nat.* 119:824-32.
- 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.
- Kumar, K. & R. B. Chapman, 1984.** Toxicity of insecticides to cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 12: 55-58.
- Leamy, L. 1984.** Morphometric studies in inbred and hybrid house mice. V. Directional and fluctuating asymmetry. *Am. Nat.* 123:579-93.
- Leamy, L., Atchey, W. 1985.** Directional selection and developmental stability: Evidence from fluctuating asymmetry of morphometric characters in rats. *Growth* 49:8-18.
- Leary, R. F., Allendorf, F. W., Knudson, R. L. 1985.** Inheritance of meristic variation and the evolution of developmental stability in rainbow trout. *Evolution* 39:308-14.
- Leary, R. F., Allendorf, F. W., Phelps, S. R., Knudson, R. L. 1985.** Heterozygosity

and developmental stability in gynogenetic diploid and triploid rainbow trout. *Heredity* 54:219-25.

- Leary, R. F. & F. W. Allendorf,** 1989. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: Implications for conservation biology. *Trends in Ecology and Evolution* 4: 214-217.
- Lees, A.D.** (1966) The control of polymorphism in aphids. *Advanced Insect Physiology*, 3, 207-277.
- Lerner, I. M.** 1954. *Genetic Homeostasis*. New York: wiley. 134pp.
- Mackay, T. F. C.** 1980. Genetic variance, fitness, and homeostasis in varying environments: An experimental check of theory. *Evolution* 34: 1219-22.
- 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.
- Mason, L. G., Ehrlich, P. R., Emmel, T. C.** 1976. The population biology of the butterfly, *Euphydryas editha*. V. Character clusters and asymmetry. *Evolution* 21:85-91.
- Mather, K.** 1953. Genetical control of stability in development. *Heredity* 7: 297-336.
- Maynard Smith, J., Sondhi, K. C.** 1960. The genetics of a pattern. *Genetics* 45: 1039-50.
- McGrath, J. W., Cheverud, J. M., Buikstra, J. E.** 1984. Genetic correlations between sides and heritability of asymmetry for nonmetric traits in rhesus macaques on Cayo Santiago. *Am. J. Phys. Anthropol.* 64:401-11.
- Mitton, J. B. , Grant, M. C.** 1984. Associations among protein heterozygosity, growth rate, and developmental homeostasis. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15:479-99.
- Müller, F. P.** 1954. Holozyklie und Anholozyklie bei der grünen Pflirsichblattlaus *Myzodes persicae* (Sulzer). *Zeitschrift für angewandte Entomologie*. 36: 369-380.

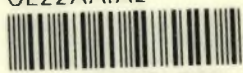
- Müller, F. P. 1958.** Binomische Rassen der grünen Pfirsichblattlaus *Myzus persicae*(Sulzer). Arch. Freunde NatGesch. Mecklenb. 4: 200-233.
- Norusis, M. J. 1990.** SPSS Introductory Statistics Student Guide. SPSS, Chicago, IL.
- Palmer, A. R., 1996.** *Waltzing with asymmetry*. BioScience 46: 518-532.
- Palmer, A. R. & C. Strobeck, 1986.** *Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns*. Annual Review of Ecology and Systematics 17: 391-421.
- Palmer & Strobeck, 1992.** Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability : Implications of non- normal distributions and power of statistical tests. Acta Zool. Fenn. 191: 57-72.
- Parsons, P. A., 1992.** *Fluctuating asymmetry: a biological monitor of enviromental ang genomic stress*. Heredity 68: 361-364.
- Pickup, J. & D. J. Thomson, 1990.** The effects of temperature and prey density on the development rates and growth of damselfly larvae (*Odonata: Zygoptera*). Ecological Entomology 15: 187-200.
- Potter,R. H., Nance, W. E. 1976.** A twin study of dental dimension. I. Discordance, asymmetry, and mirror imagery. *Am. J. Phys. Anthropol.* 44: 391-96.
- Purnell, D. J., Thomson, J. N. Jr. 1973.** Selection for asymmetrical bias in a behavioral character of *Drosophila melanogaster*. *Heredity* 31:401--05.
- Rahmel, U. & A. Ruf, 1994.** Eine Feldmethode zum Nachweis von anthropogenem Streb auf naturliche Tierpopulationen: 'Fluctuating Asymmetry'. Natur und Landschaft 69 (3): 104-107.
- Reeve, E. C. R. 1960.** Some genetic tests on asymmetry of sternopleural chaeta number in *Drosophila*. *Genet. Res. Cambridge* 1: 151-72.
- Ross, K. G. and Robertson, J. L. 1990.** Developmental stability, heterozygoty and fitness in two introduced fire ants (*Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri*) and their hybrid. *Heredity* 64: 93-103.
- Royston, 1982.** An Extension of Shapiro and Wilk0sWTest for Normality to Large Samples.
- Shapiro, S.S., M. B. Wilk & H. J. Chen, 1968.** A comparative study of various tests for normality. I. Amer. Stat. Assoc. 63 : 1342-1372.
- Shigehara, T. & Takada, H. (2004)** Mode of inheritance of the polymorphic esterases in *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) in Japan. *Bulletin of Entomological Research* 94, 65-74.
- Snedecor & Cochran, 1983.** Test for Homogeneity of Variances. Bartlett's test .

- Soule, M. E. 1979.** Heterozygosity and developmental stability: Another look. *Evolution* 33:396-401.
- Summer, J. L., Huestis, R. R. 1921.** Bilateral asymmetry and its relation to certain problems in genetics. *Genetics* 6 :445-85.
- Swaddle, J. P. & M. S. Witter, 1997.** On the ontogeny of developmental stability in a stabilized trait. *Proceedings of the Royal Society of London. Biological Sciences* 264: 329-334.
- Takada, H. (1979a)** Esterase variation in Japanese populations of *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae), with special reference to resistance to organophosphorous insecticides. *Applied Entomology and Zoology* 14, 245-255.
- Tsitsipis, J.A., Lykouressis, D., Katis, N., Avgelis, A.D., Gargalianou, J., Papapanayotou, A. & Kokinis, G.M. (1997)** Aphid species diversity demonstrated by suction trap captures in different areas in Greece. *In Proceedings of Sixth International Symposium of Aphids, "Aphids in natural and managed ecosystems", 5 September 1997, Leon, Spain.*
- Valentine, D. W. & M. Soule, 1973.** Effect of p,p'-DDT on developmental stability of pectoral fin rays in the grunion, *Leuresthes tenuis*. *Fishery Bulletin* 71: 921-926.
- Van Dongen, S. 2000.** The heritability of fluctuating asymmetry: a Bayesian hierarchical model. *Ann. Zool. Fennici* 37:15-23.
- Van Dongen, S. & Lens, L. 2000.** The evolutionary potential of developmental instability. *J. Evol. Biol.* 13: 326-335.
- 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.
- Vrijenhoek, Rr. Cc., Lermaan, S. 1982..**Heterozygosity and developmental stability under sexual and asexual breeding systems. *evolution* 36:768-76.
- Wachendorff, U. & Klingauf, F. (1978)** An esterase assay for the diagnosis of resistance in aphids. *Journal of Plant Diseases and Protection* 85, 218-227.
- Waddington, C. H. 1957.** *The strategy of the Genes.* London: George Aallen Unwin.
- Watson, P. J. and Thornhill, R. 1994.** *Fluctuating asymmetry and sexual selection.* TREE 9: 21-25.
- Weiden, M. H. J., 1971.** Toxicity of carbamates to insects. *Bulletin of the World Health Organisation* 44: 203-213.

- Whitlock, M.C. & Fowler, K.** 1997. The instability of studies of instability. *J. Evol.* 10: 63-67.
- Wilcock, R. J. & M. E. Close,** 1990. *Patterns of pesticide use in New Zealand Part 2.* South Island 1986-1989. Water Quality Centre Publication 16: 1-18.
- Zakharov, V. M.** 1981. Fluctuating asymmetry as an index of developmental homeostasis. *Genetica (Pol)* 13:241--56.
- Zakharov, V. M.,** 1992. *Population phenogenetics: Analysis of developmental stability in natural populations.* Acta Zoologica Fennica 191: 7-30.
- Zhivotovsky, L. A.,** 1992. *A measure of fluctuating asymmetry for a set of characters.* Acta Zoologica Fennica 191: 73-77.
- 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.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074933