



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. 63
Ημερομηνία 14-10-2004

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

<< Μελέτη της συμπεριφοράς διατροφής των
παρθενογενετικών σειρών του *Aphis gossypii* (Glover)
(Hemiptera: Aphididae) σε φυτά κολοκυθιάς και βάμβακος >>

Φοιτήτρια: Βαϊτση Όλγα

Επιβλέπων Καθηγητής: Ι.Α. Τσιτσιπής

ΒΟΛΟΣ 2004



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

Αριθ. Εισ.: 4205/1
Ημερ. Εισ.: 15-12-2004
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2004
ΒΑΙ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**Ι.Α. Τσιτσιπής, Επιβλέπων Καθηγητής
Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού
Περιβάλλοντος Π.Θ.**

**Π. Λόλας, Μέλος
Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού
Περιβάλλοντος Π.Θ.**

**Ν. Παπαδόπουλος, Μέλος
Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής &
Αγροτικού Περιβάλλοντος Π.Θ.**

Στους γονείς μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματεύεται τη μελέτη της συμπεριφοράς διατροφής παρθενογενετικών σειρών της αφίδας *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphisidae) σε φυτά κολοκυθιάς και βάμβακος με την μέθοδο της ηλεκτρικής καταγραφής της συμπεριφοράς διατροφής (Electrical Penetration Graph).

Η διατριβή αυτή διαρθρώνεται ως εξής: αποτελείται από δύο μέρη, το γενικό και το ειδικό. Στο γενικό μέρος αναφέρονται συνοπτικά πληροφορίες για την σημασία των αφίδων ως εχθρών των καλλιεργειών, για το βιολογικό κύκλο των αφίδων, πιο συγκεκριμένα για το είδος *Aphis gossypii* (Glover), για τη συμπεριφορά διατροφής των αφίδων και τέλος για τη μέθοδο μελέτης της διατροφικής συμπεριφοράς των αφίδων (EPG). Στο ειδικό μέρος περιγράφεται το πειραματικό τμήμα της διατριβής, που πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, παρουσιάζονται τα υλικά, οι μέθοδοι όπως επίσης τα αποτελέσματα και γίνεται συζήτηση αυτών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πολλές ευχαριστίες εκφράζονται στον επιβλέποντα Καθηγητή Ι.Α. Τσιτσιπή για τη βοήθεια και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στον Διδάκτορα Ι. Μαργαριτόπουλο και στον Υποψήφιο Διδάκτορα Κ. Ζάρπα του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθειά τους, το ενδιαφέρον και τη συνεργασία τους κατά τη διάρκεια της εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στην οικογένειά μου, τους φίλους μου και όσους στάθηκαν δίπλα μου για την κατανόηση, την αγάπη τους και τη συμπαράστασή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΣΕΛ.
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
SUMMARY.....	7
<u>ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</u>	
1. Εισαγωγή.....	10
2. Βιολογικός κύκλος των αφίδων.....	12
3. <i>Aphis gossypii</i> Glover.....	13
4. Διατροφή των αφίδων.....	17
4.1 Περιγραφή στοματικών μορίων.....	17
4.2 Συμπεριφορά διατροφής.....	18
4.3 Ποιότητα τροφής.....	18
4.4 Αποδοχή ξενιστή.....	19
4.5 Μετάδοση ιών κατά την διατροφή.....	20
5. Μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς των αφίδων.....	22
5.1 Ηλεκτρική καταγραφή της συμπεριφοράς διατροφής (EPG).....	22
5.2 Αρχή λειτουργίας.....	24
5.3 Περιγραφή του συστήματος.....	25
5.4 Συσχέτιση της διατροφικής συμπεριφοράς της αφίδας με πρότυπα EPG.....	27
5.5 Περιγραφή των προτύπων EPG.....	28
5.6 Ανάλυση των σημάτων του EPG.....	30
5.7 Σημασία του EPG.....	31
6. Σκοπός της εργασίας.....	32
<u>ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</u>	
1.Εισαγωγή.....	34
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	35
2.1 Οι αφίδες.....	35
2.2 Τα φυτά.....	36
2.3 Παρακολούθηση της διατροφής της αφίδας με ηλεκτρικό σύστημα.....	38
2.4 Πειραματική διαδικασία και συλλογή δεδομένων.....	39
2.5 Ανάλυση δεδομένων.....	40
3. Αποτελέσματα.....	41
4. Συζήτηση – Συμπεράσματα.....	50
Βιβλιογραφία.....	53

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αφίδα *Aphis gossypii* Glover, γνωστή ως αφίδα του βαμβακιού ή του πεπονιού, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς της φυτικής παραγωγής προσβάλλοντας πάνω από 400 είδη φυτών μεταξύ των οποίων πολλά ποώδη καλλιεργούμενα φυτά. Οι ζημιές που προκαλεί η αφίδα δεν περιορίζονται μονάχα στην προσβολή κορυφαίων τρυφερών βλαστών και τρυφερών φύλλων, τα οποία συστρέφονται λόγω της προσβολής, αλλά υπάρχουν και έμμεσες ζημιές πολύ σοβαρές. Οι έμμεσες ζημιές οφείλονται στην ρύπανση του φυλλώματος και των καρπών από τα μελιτώδη εκκρίματά τους, την ανάπτυξη καπνιάς αλλά και στην μετάδοση ιώσεων.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η διατροφική συμπεριφορά πτερωτών μορφών από δύο παρθενογενετικές σειρές της αφίδας *A. gossypii*. Η μια από τις δύο σειρές δημιουργήθηκε από πληθυσμό που συλλέχθηκε από βαμβάκι από την περιοχή του Βελεστίνου του νομού Μαγνησίας, ενώ η άλλη δημιουργήθηκε από πληθυσμό που συλλέχθηκε από βαμβάκι από την περιοχή της Κατερίνης. Οι σειρές ήταν ανολοκυκλικές (η αναπαραγωγή τους στηρίζεται αποκλειστικά στη παρθενογένεση) και είχαν χρώμα κίτρινο. Η παραγωγή των παρθενογενετικών πτερωτών μορφών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειραματικού μέρους, έγινε σε συνθήκες θερμοκρασίας $17^{\circ}\text{C} \pm 0,5$, σχετική υγρασίας $50\% \pm 5$ και φωτοπεριόδου L16 : D8 (L= light, D= darkness).

Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν, για τη μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς των δύο σειρών της αφίδας κατά τη διατροφή επάνω σ'αυτά, ήταν νεαρά φυτά βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* L.), ποικιλίας Carmen, και νεαρά φυτά κολοκυθιού (*Cucurbita pepo* L.), ποικιλίας Frini.

Με τη βοήθεια της μεθόδου της Ηλεκτρικής Καταγραφής της Συμπεριφοράς Διατροφής EPG (Electrical Penetration Graph) καταγράφηκε η διατροφική συμπεριφορά κάθε παρθενογενετικής σειράς και στα δύο είδη φυτών που αναφέρθηκαν παραπάνω (συνολικά οι μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν τέσσερις). Η διάρκεια της καταγραφής ήταν 6 ώρες και στην συνέχεια μελετήθηκαν οι διάφοροι διατροφικοί παράγοντες που παρουσίασε η κάθε παρθενογενετική σειρά στο κάθε φυτό αντίστοιχα. Συνολικά εξετάστηκαν 10 πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά από την μία παρθενογενετική σειρά σε φυτά κολοκυθιού και 5 πτερωτά παρθενογενετικά

θηλυκά της ίδιας σειράς σε φυτά βαμβακιού, επίσης 8 πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά από την άλλη παρθενογενετική σειρά διατράφηκαν σε φυτά κολοκυθίου και άλλα 8 διατράφηκαν σε φυτά βαμβακιού.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων που τελικώς συλλέχθηκαν έδειξαν ότι δεν υπάρχει σημαντική παραλλακτικότητα στις διατροφικές συνήθειες μεταξύ των δύο σειρών που συλλέχθηκαν από φυτείες βαμβακιού και μελετήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα. Παρόλα αυτά υπάρχει σημαντική παραλλακτικότητα στις διατροφικές συνήθειες μεταξύ των δύο ξενιστών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, (κολοκύθι – βαμβάκι), με το βαμβάκι να αποτελεί καταλληλότερο ξενιστή.

Επίσης κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί πως απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση των διατροφικών συνηθειών σε επιπλέον παρθενογενετικές σειρές που θα προέρχονται από βαμβακοφυτείες και από καλλιέργειες κολοκυθίου και άλλους ξενιστές, ώστε να υπάρξει πλήρης εικόνα των καταλληλότερων ξενιστών για το είδος *A. gossypii* ή και ακόμα να σημειωθεί τυχόν διαφοροποίηση του είδους σε διαφορετικούς βιότοπους.

SUMMARY

The aphid *Aphis gossypii* Glover, which is commonly known as the cotton - melon aphid, is considered one of the most destructive pests of the cultivated plants and affects more than 400 plant species among which there are many herbaceous species. The aphid not only damages the shape of the affected young leaves and shoots but also causes very serious indirect damages. These indirect damages may include sap withdrawal, injection of toxic saliva, dissemination of plant viruses, and excretion of usually sticky honeydew, which may gum up the plant and serve as a substrate for growth of sooty mold fungi in many plants.

The present study examined the feeding habits of the alate virginoparous females which are came from two virginoparous lines established in the lab from two populations. The first population was collected from a cotton field, in the area of Belestino in the province of Magnisia and the second one was collected from a cotton field in the area of Katerini. The female virginoparous (alate and apterous) were obtained under long day conditions L16: D8 (L= light, D= darkness) and a temperature of $17^{\circ}\text{C} \pm 0,5$. The plants which were used in the experimental process were young cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.) variety "Carmen", and young plants of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) variety "Frini".

Using the EPG method (Electrical Penetration Graph), the feeding activity of two different virginoparae lines was recorded on two species of plants (cotton and pumpkin) for six hours. In all, 10 alate virginoparae of the first line were examined on cotton and 5 alate virginoparae of the same line were examined on pumpkin. Also 8 alate virginoparae of the second line were examined on cotton and another 8 alate virginoparae of the same line were examined on pumpkin.

The statistical analysis of the data showed that there were no significant statistical differences between the feeding habits of the two virginoparous lines which were examined. However, there were significant statistical differences between the feeding habits on the two plants which were used. Concerning the study of the duration of feeding on the plant phloem and sup ingestion, both virginoparous lines were found to feed on cotton longer than on pumpkin.

Finally, it is considered necessary to further investigate the differences in the feeding habits of more virginoparous lines of the aphid *A. gossypii* on different kinds

of plants so as to provide more information on the interaction between plant and aphid, the preference and acceptance or not of plants as hosts by the aphids and the mechanisms of tolerance.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αφίδες είναι έντομα γνωστά με τα κοινά ονόματα μελίγκρα, ψείρα, φυτόψειρα. Ξεχωρίζουν από άλλα φυτοφάγα έντομα λόγω:

- α) των αποτελεσματικών μηχανισμών διασποράς και εύρεσης ξενιστή,
- β) της χρησιμοποίησης, από τα περισσότερα είδη, του φυτικού χυμού ως πηγή τροφής
- γ) της παρθενογένεσης.

Ανήκουν στην υπεροικογένεια Aphidoidea, στη σειρά *Sternorrhyncha* της τάξης *Hemiptera*, στην οποία 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 κεραιές 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 5ου 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 αφίδων που βρίσκονται πλησίον της (Dixon 1998).

Ζουν κυρίως σε τρυφερούς βλαστούς και τρυφερά φύλλα διαφόρων φυτών. Μερικά είδη είναι ριζόβια (προσβάλουν τις ρίζες) ή φυλλόβια και ριζόβια (προσβάλουν φύλλα και ρίζες) και αρκετά είναι κηκιδόβια (ζουν μέσα σε κηκίδες που δημιουργούνται στο φύλλωμα των φυτών ξενιστών τους, όπου τρέφονται π.χ. *Pemphigus betae* Doane (Hemiptera: Aphididae)). Ζουν συνήθως σε ομάδες το ένα κοντά στο άλλο με την κεφαλή συνήθως προς τη βάση του βλαστού ή του φύλλου. 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 τότε περιορίζονται σημαντικά. Στην Ελλάδα το μέγιστο του αριθμού των ειδών αφίδων όπως και των πληθυσμών τους παρατηρείται κατά το μήνα Μάιο (Τσιτσιπής και συνεργ. 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). Φυσικοί εχθροί είναι επίσης είδη αραχνοειδών καθώς και μύκητες, όπως είδη των γενών *Empusa*, *Entomophthora* και *Verticillium*.

2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ 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 μεταναστεύουν 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 ετερόοικα είδη 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 σε 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).

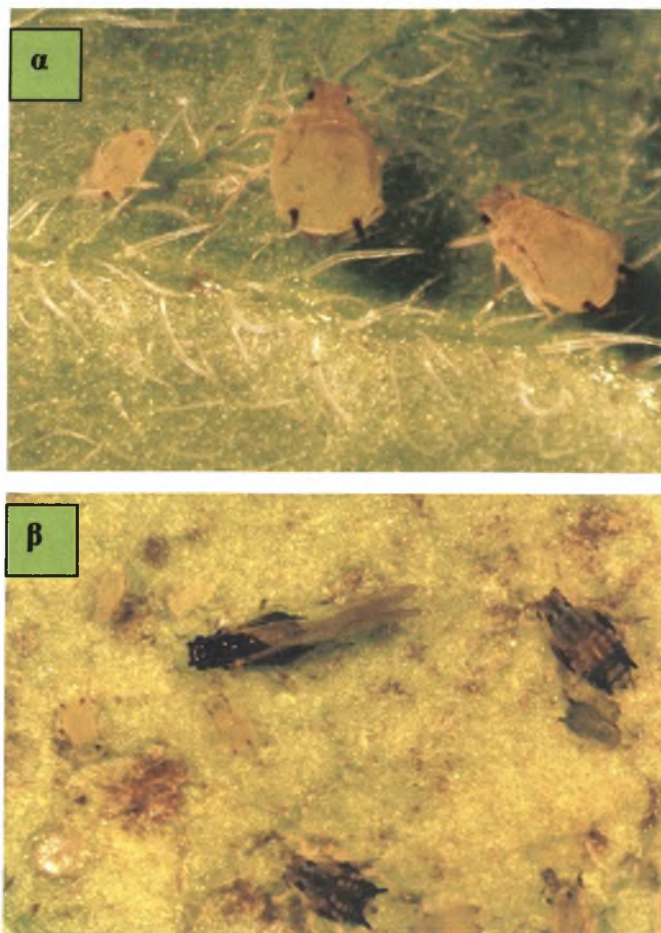
Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των αφίδων είναι η τηλεσκόπιση των γεννών, συνδυασμένη με την ζωοτοκία, δηλαδή η ανάπτυξη του εμβρύου αρχίζει πριν ακόμη γεννηθεί η μητέρα του, ενώ με την ενηλικίωσή της το έντομο είναι έτοιμο να γεννηθεί. Η τηλεσκόπιση σε συνδυασμό με τη ζωοτοκία επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων πληθυσμών, ενώ παράλληλα οδηγεί στη μείωση της μέσης διάρκειας γενιάς των αφίδων, με αποτέλεσμα τη γρήγορη αύξηση των πληθυσμών τους. Επίσης, το χαρακτηριστικό της τηλεπικόπησης 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 ζών, 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.

3. *Aphis gossypii* Glover

Συστηματική κατάταξη: Ανήκει στην τάξη Hemiptera, στην υπεροικογένεια Aphidoidea, στην οικογένεια Aphididae, στο γένος *Aphis* και στο είδος *gossypii*. Το κοινό όνομα της αφίδας αυτής είναι μελίγκρα του βαμβακιού.

Περιγραφή: Το άπτερο ζωοτόκο παρθενογενετικό θηλυκό έχει συνήθως κίτρινο ή κιτρινοπράσινο χρώμα και διαστάσεις 1,2-2 x 0,9 mm. Σε πολλές περιπτώσεις το χρώμα του είναι πράσινο τεφρό, σκούρο πράσινο-πρασινόμαυρο ή πρασινοκίτρινο. Τα ενήλικα άτομα με μεγάλο μέγεθος έχουν σκούρο πράσινο χρώμα σχεδόν μαύρο, όμως τα ενήλικα άτομα που παράγονται σε πολυπληθείς, συνωστισμένες αποικίες, σε υψηλές θερμοκρασίες, έχουν μήκος μικρότερο από 1 mm ενώ το χρώμα τους είναι ανοιχτό κίτρινο (Εικόνα 1), σχεδόν άσπρο (Blackman & Eastop 2000). Οι οφθαλμοί τους είναι σκούρου καστανού χρώματος ενώ οι κεραίες τους είναι πιο κοντές από το σώμα τους και δε φτάνουν μέχρι τη βάση των σιφωνίων. Τα σιφώνια είναι μαύρα κι έχουν μήκος 0,14 - 0,23 του μήκους του σώματος. Η πτερωτή μορφή έχει μικρότερο μέγεθος, συγκεκριμένα έχει διαστάσεις 1,35 x 0,65 mm και άνοιγμα πτερύγων 5,1 mm. (Blackman & Eastop 2000).



Εικόνα 1. Αφίδα *Aphis gossypii*, **α:** άπτερες μορφές (apterae) και **β:** πτερωτά (alatae) και πτερόμορφες νύμφες (alatiform nymphs).

Γεωγραφική εξάπλωση: Απαντάται σχεδόν σε όλες τις χώρες που έχουν ηπειρωτικό ή υποτροπικό κλίμα και κατά συνέπεια σε όλες τις παραμεσόγειες χώρες (Blackman & Eastop 2000)

Εύρος ξενιστών: Είναι πολυφάγο είδος κι έχει μεγάλο εύρος ξενιστών. Ουσιαστικά πρόκειται για παμφάγο είδος. Οι Leonard et al. (1971) ανέφεραν το είδος σε 350 και 200 φυτά ξενιστές αντίστοιχα. Οι Remaudiere & Autrigue (1985) παρατήρησαν το είδος στο Μπουρούντι σε 83 διαφορετικά είδη φυτών που άνηκαν σε 35 διαφορετικές οικογένειες. Ο Eastop (1958) το αναφέρει σε 60 είδη στη Δυτική Αφρική και σε 15 οικογένειες φυτών στην Ανατολική Αφρική. Στην Ιαπωνία, οι Higuchi & Miyazaki (1969) το βρήκαν σε φυτά που ανήκουν σε 100 οικογένειες, ενώ ο Cottier (1953) το βρήκε σε 20 οικογένειες στην Αυστραλία. Συνολικά έχουν καταγραφεί περισσότεροι από 900 ξενιστές παγκοσμίως (Inaizumi 1980). Αποτελεί σημαντικό εχθρό για το βαμβάκι και τα κολοκυνθοειδή. Επιπλέον προσβάλλει τα φυτά του γένους Citrus (εσπεριδοειδή), το καφεόδεντρο, το κακάο, τη μελιτζάνα, τη μπάμια, την πατάτα, διάφορα λαχανοκομία είδη κ.α.

Βιολογία: Έχει πολλές γενιές το έτος. Ο Paddock εξέθρεψε 60 γενιές κατά τη διάρκεια ενός έτους (Τζανακάκης 1980, Τσιτσιπής 1996). Η *A. gossypii* ευνοείται από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή σχετικά υγρασία. Οι συγκεκριμένες συνθήκες απαντώνται στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των βαμβακόφυτων (Τόλης 1986). Παρόλα αυτά είναι σχετικά ανθεκτικό είδος σε θερμό και ξηρό καλοκαίρι, σε αντίθεση με πολλά είδη αφίδων. Στην Ευρώπη παρατηρούνται ανολοκυκλικοί πληθυσμοί. Όμως ο Krings (1959) βρήκε στην Αμερική ολοκυκλικούς πληθυσμούς, αν και στην Ελλάδα βρέθηκε πρόσφατα ολοκυκλική σειρά σε βαμβάκι (Τζώρτζη και συνεργάτες, αδημοσίευτα στοιχεία), που διαχειμάζει με τη μορφή ωού και χρησιμοποιεί ως πρωτεύοντες ξενιστές τα είδη *Catalpa bignonioides* Walt. (Bignoniaceae) και *Hibiscus syriacus* L. (Malvaceae). Οι Inaizumi (1980) και οι Zhang & Zhong (1990) έδειξαν ότι οι πληθυσμοί του *A. gossypii* στην Ιαπωνία και Κίνα διαχειμάζουν επίσης ως ωά σε διαφορετικούς ξενιστές (*Rhamnus* spp. (Rhamnaceae), *Zanthoxylum simulans* Hance (Rutaceae), *Celastrus orbiculatus* Thunb. (Celastraceae), *Rubia cordifolia* L. (Rubiaceae), *Punica granatum* L. (Punicaceae) και *H. syriacus*), επιβεβαιώνοντας ότι ο βιολογικός κύκλος του είδους *A. gossypii* έχει μεγάλη εξελικτική πλαστικότητα.

Ζημιές: Η *A. gossypii* εμφανίζεται κυρίως στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Προσβάλλει τα φυτά ξενιστές σε νεαρό στάδιο την άνοιξη και λιγότερο το φθινόπωρο. Σε διάφορα φυτά-ξενιστές και κυρίως στο βαμβάκι η μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού εμφανίζεται τους μήνες Απρίλιο και Μάιο (Tsitsipis et al. 1998). Απομυζά χυμούς από τα νέα φύλλα και τους βλαστούς, ενώ παράλληλα εκκρίνει μελίτωμα (ζαχαρώδες απέκκριμα) σε μεγάλες ποσότητες με αποτέλεσμα το φράξιμο των στοματιών των φύλλων (Εικόνα 2). Στο μελιτώδες έκκριμα αναπτύσσεται καπνιά που μαυρίζει το φυτό ενώ παράλληλα μειώνει τη φωτοσύνθεση. Μεγάλες προσβολές στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης των φυταρίων διακόπτουν την ανάπτυξη, οι άκρες των νέων φύλλων γυρίζουν προς τα κάτω ενώ ορισμένα φυτάρια νεκρώνονται. Στην περίοδο της καρποφορίας προκαλούν κιτρίνισμα των μεγαλύτερων φύλλων και καρπόπτωση. Επίσης μειώνεται η βλαστική ικανότητα και το βάρος των σπόρων, υποβαθμίζονται οι νηματουργικές ιδιότητες των ινών και μειώνεται η εμπορική αξία του βαμβακιού. Γενικά, οικονομική ζημία στα φυτά-ξενιστές προκαλείται όταν οι πληθυσμοί των αφίδων είναι μεγάλοι και τα ωφέλιμα έντομα λίγα (Τόλης 1986). Επίσης, είναι σημαντικός φορέας αρκετών ιών των καλλιεργούμενων φυτών (Blackman & Eastop 2000).

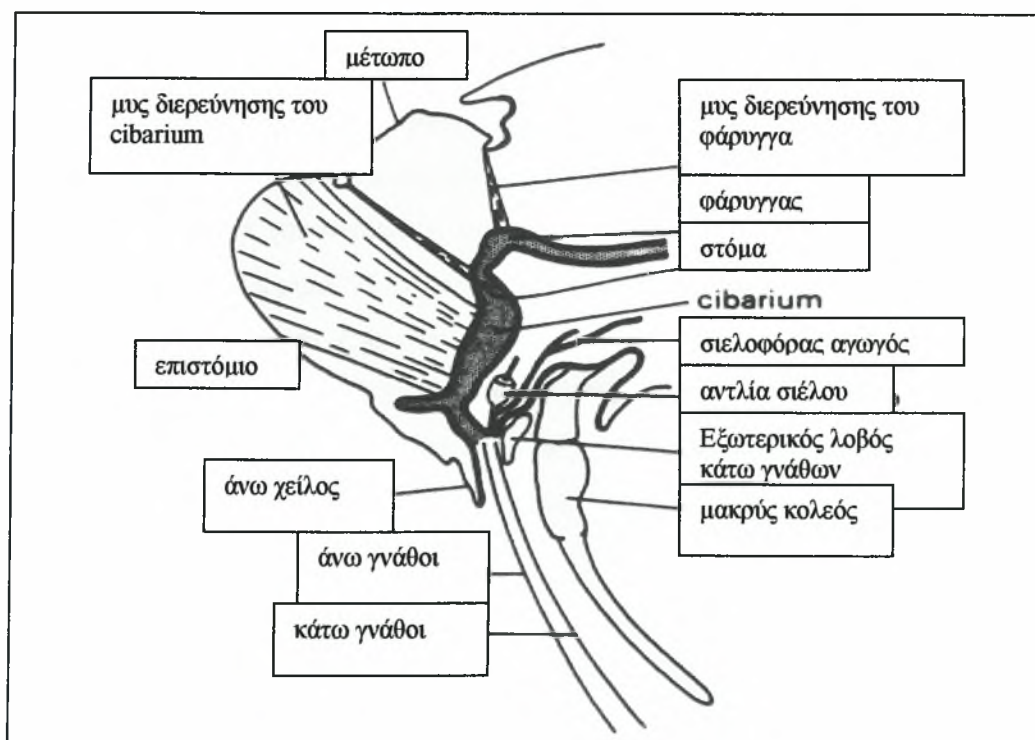


Εικόνα 2. Ζημιές από την αφίδα *Aphis gossypii* σε φυτά βαμβακιού.

4. ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΑΦΙΔΩΝ

4.1 Περιγραφή στοματικών μορίων

Οι αφίδες ανήκουν στην ομάδα των εντόμων που φέρουν στοματικά μόρια νύσσοντος μυζητικού τύπου. Ο τύπος αυτός είναι μια τροποποιημένη μορφή του μασητικού τύπου με πολλές διαφορές. Όλα τα μέρη των στοματικών μορίων έχουν επιμηκυνθεί. Το κάτω χείλος (labium) έχει μετατραπεί σε μακρύ κολεό όπου εναποντίζονται οι άνω και οι κάτω γνάθοι (mandibulae, maxillae) που έχουν μετατραπεί σε σμήριγγες (Εικόνα 3). Με το πριονωτό των άνω – γναθικών σμηρίγγων επιτυγχάνεται η νύξη του φυτικού υποστρώματος ενώ η μύζηση του φυτικού χυμού γίνεται με τις κάτω γναθικές σμήριγγες που διεισδύουν εντός των φυτικών ιστών. Οι δύο κάτω γναθικές σμήριγγες είναι ενωμένες και σχηματίζουν δύο αγωγούς. Ο ανώτερος καλείται τροφικός αγωγός και χρησιμεύει για τη μύζηση του φυτικού χυμού και ο κατώτερος καλείται σιελοφόρος αγωγός και χρησιμεύει για την έκχυση, εντός των φυτικών ιστών, σιέλου με πρωτεολυτικά ένζυμα και κάποιες φορές για την έκχυση παθογόνων μικροοργανισμών (ιοί).



Εικόνα 3. Διάγραμμα στοματικών μορίων τύπου νύσσοντος μυζητικού.

4.2 Συμπεριφορά διατροφής

Με την έναρξη της διαδικασίας διατροφής εκκρίνεται σιέλος. Οι σμήριγγες διεισδύουν στην επιδερμίδα του φύλλου. Η αφίδα αρχικά κάνει διερευνητικά νύγματα για να δοκιμάσει την ποιότητα και την καταλληλότητα της τροφής (probing). Η διείσδυση συνήθως συνεχίζεται σε βαθύτερα στρώματα με την βοήθεια μιας «θήκης» σιέλου που σχηματίζεται κατά την διάρκεια της διείσδυσης. Οι σμήριγγες συνήθως κινούνται μεταξύ των κυττάρων μέχρι να φτάσουν στο φλοίοωμα. Η προσέγγιση του φλοιώματος μπορεί να διαρκέσει από μερικά λεπτά έως και ώρες. Μόνα τα στίλετα εισάγονται στο φλοίοωμα για την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων. Η πίεση στα κυτταρικά τοιχώματα αναγκάζει τις άκρες του ρύγχους να ανοίγουν, εκθέτοντας την άκρη του τροφικού και σιελοφόρου αγωγού. Έρευνα έχει δείξει ότι όταν η αφίδα τρέφεται στο φλοίοωμα, εκκρίνει σιέλο, ο οποίος φέρει ένζυμα και έχει υδατώδη υφή. Αυτή η «θήκη» σιέλου εκκρίνεται κατά την διάρκεια διατροφής στο φλοίοωμα και κατά την απόσυρση των στίλετων, χρησιμοποιείται δε για να σφραγίσουν το κενό της σιελογόνου θήκης που καταλαμβάνονταν από τα στίλετα. Η όλη διαδικασία διατροφής προκαλεί μικρή ζημιά στο φλοίοωμα και στα τριγύρω κύτταρα κοντά στο μονοπάτι των στίλετων (Pollard 1977).

4.3 Ποιότητα τροφής

Η ποσότητα φυτικού χυμού που απομυζούν οι αφίδες (από τα φυτά) είναι τέτοια έτσι ώστε να συγκεντρώσουν ικανοποιητικά ποσοστά πρωτεΐνης μιας και ο κατεργασμένος χυμός είναι πλούσιος σε σάκχαρα, φτωχός όμως σε αμινοξέα που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των αφίδων. Ο χυμός δεν είναι τόσο θρεπτικός όταν τα φύλλα είναι ώριμα. Η ανάπτυξη και η αναπαραγωγή των αφίδων εξαρτάται από το στάδιο της ανάπτυξης των φυτών ξενιστών και το επίπεδο του διαλυτού αζώτου σ'αυτά (Kennedy et al. 1950, Mittler 1958, Dixon 1970). Ο περισσότερος από το χυμό αποβάλλεται ως μελιτώδες έκκριμα, το οποίο χρησιμοποιείται από πολλά έντομα, ειδικά από τα μυρμήγκια, ως πλούσια πηγή υδατανθράκων. Τελικά, λίγα από τα θρεπτικά συστατικά που προσλαμβάνουν οι αφίδες χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξή τους. Παρόλα αυτά, όμως μπορούν να αναπτύξουν μεγάλους πληθυσμούς και να υποστηρίξουν αντίστοιχα μεγάλο αριθμό φυσικών εχθρών (Dixon 1985). Όταν μερικά κύρια θρεπτικά συστατικά βρίσκονται σε έλλειψη ή σε μικρή περιεκτικότητα στον κατεργασμένο χυμό, τότε συμβιωτικοί μικροοργανισμοί καλύπτουν τις θρεπτικές απαιτήσεις πολλών ειδών.

Η έκκριση σιέλου εντός των φυτικών ιστών επιδρά γρήγορα στο φυτό προς όφελος πάντα της αφίδας (Dixon 1985). Στην πορεία ο σιέλος επηρεάζει την ανάπτυξη του φύλλου και βελτιώνει την ποιότητα του χυμού για τις αφίδες. Κάθε είδος αφίδας πιθανόν να έχει διαφορετική ποιότητα σιέλου (Forrest and Dixon 1975). Επίσης, κάποιες αφίδες έχουν τη δυνατότητα να παρεμβαίνουν στο μεταβολισμό και την ανάπτυξη του φυτού προς δικό τους όφελος και όλες δείχνουν μια σαφή τάση να αποικίζουν μόνο τα πλουσιότερα σε θρεπτικά στοιχεία μέρη των φυτών (Dixon 1985).

4.4 Αποδοχή ξενιστή

Οι αφίδες αμέσως εφόσον βρεθούν επάνω σε ένα φυτό, εκδηλώνουν χαρακτηριστική συμπεριφορά περπατώντας στο φυτό και εισάγοντας τα στιλέτα στα επιδερμικά κύτταρα κάνοντας δοκιμαστικά νύγματα. Κατά την διάρκεια των νυγμάτων τα στιλέτα του ρύγχους εξερευνούν τους φυτικούς ιστούς. Τα δοκιμαστικά αυτά νύγματα δεν πραγματοποιούνται για να τραφεί το έντομα αλλά για την αναγνώριση του ξενιστή και την εξερεύνηση ιστών με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία (Pollard 1973).

Τα πρώτα νύγματα μπορεί να πραγματοποιηθούν τόσο στην επάνω όσο και στην κάτω επιφάνεια του φύλλου. Τα άπτερα της αφίδας *Acyrtosiphon pisum* (Harris), όταν τοποθετηθούν επάνω σε φυτό ξενιστή μετά από λίγα τρυπήματα πηγαίνουν στην κάτω επιφάνεια του φύλλου. Αυτή η συμπεριφορά οδήγησε στην υπόθεση ότι υπάρχουν στην επάνω επιφάνεια του φύλλου ερεθίσματα κίνησης που κάνουν την αφίδα να πηγαίνει στην κάτω επιφάνεια όπου και εγκαθίσταται. Αντίθετα, η συμπεριφορά τους σε φυτά μη ξενιστές είναι διαφορετική αφού οι αφίδες μετά από σύντομα τρυπήματα – νύγματα εγκαταλείπουν το φυτό (Klingauf 1970).

Από κάποιους ερευνητές αναφέρεται, ότι κατά τη διάρκεια των σύντομων δοκιμαστικών νυγμάτων οι αφίδες μπορούν να προσλάβουν μικρές ποσότητες φυτικού χυμού πριν ακόμα φτάσουν στο φλοιώμα (Watson & Nixon 1953). Οι Mclean and Kinsey (1967, 1968) χρησιμοποιώντας την μέθοδο της Ηλεκτρικής Καταγραφής της Συμπεριφοράς Διατροφής (EPG) και ο Henning (1968) χρησιμοποιώντας φθορίζουσα χρώση, επιβεβαίωσαν τη λήψη χυμού από το φυτό.

Θετικά ερεθίσματα συχνά εντείνουν και αυξάνουν τη συχνότητα και τη διάρκεια των νυγμάτων. Η διάρκεια της βάδισης του εντόμου στο υπόστρωμα μειώνεται ενώ ο χρόνος νυγμάτων αυξάνεται. Αντίθετα, σε φυτά μη ξενιστές τα

νύγματα μειώνονται και ο χρόνος βάδισης στο υπόστρωμα αυξάνει ενώ η παραμονή στο φύλλο είναι κατά κανόνα μικρή (Klingauf 1975).

Τα περισσότερα είδη αφίδων τρυπούν στο μεσοκυττάριο χώρο με την βοήθεια υδρολυτικών ενζύμων του σιέλου και κυρίως τις πηκτινάσες διαλύοντας το μεσαίο στρώμα λαμέλλας μεταξύ των κυττάρων. Ο τελικός στόχος των στιλέτων είναι το φλοίωμα και σπάνια τα στιλέτα καταλήγουν στο ξύλωμα ή στα παρεγχυματικά κύτταρα (Brandes 1923, Smith 1926). Εάν τα στιλέτα τρυπήσουν το ξύλωμα τότε η αφίδα τα απομακρύνει σε σύντομο χρονικό διάστημα και ξαναξεκινά τη διείσδυση μέχρι να βρει το φλοίωμα (O'Loughing & Chambers 1969), σε αντίθετη περίπτωση η αφίδα παραμένει στο ξύλωμα και ικανοποιεί τις ανάγκες της σε νερό (Powell & Hazdie 2002).

Ο αριθμός και η διάρκεια των φάσεων, που τα στιλέτα της αφίδας βρίσκονται στο φλοίωμα και εκκρίνεται σιέλος, σχετίζονται άμεσα με την καταλληλότητα του φυτού ως ξενιστή. Πολλές τέτοιες φάσεις και μεγάλης διάρκειας σηματοδοτούν την ανθεκτικότητα του φυτού, ενώ λιγότερες και μικρότερης διάρκειας, που οδηγούν στη συνέχεια σε αναρρόφηση χυμού από το φλοίωμα, υποδηλώνουν την καταλληλότητα του ξενιστή (Klingler et al. 1998, Sauge et al. 1998).

4.5 Μετάδοση ιών κατά τη διατροφή

Μια ένδειξη για το γεγονός ότι οι αφίδες έχουν προσαρμοστεί κατά ιδανικό τρόπο έτσι ώστε να μεταφέρουν ιούς είναι ο μεγαλύτερος αριθμός και η ποικιλομορφία των αφιδομεταδιδόμενων ιών, οι οποίοι και υπερβαίνουν κάθε άλλο τύπο που σχετίζονται με φορέα. Αναφέρεται, ότι κανένα άλλο αρθρόποδο, είτε από την άποψη του μεγέθους του πληθυσμού του ή από την άποψη της συμπεριφοράς του, δεν είναι τόσο κατάλληλο για τη μετάδοση ιών όσο τα Aphididae. Ίσως, η ιδανική αυτή προσαρμογή των αφίδων να εξηγεί γιατί τόσοι πολλοί ιοί φυτών έχουν αναπτύξει μηχανισμούς ώστε με επιτυχία να χρησιμοποιούν τις αφίδες ως μέσο διασποράς.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των εντόμων αυτών, που ίσως να είναι σημαντικός παράγοντας στην προσαρμοστικότητά τους ως φορείς ιών, είναι ο τρόπος που διατρυπούν τους φυτικούς ιστούς και διατρέφονται χωρίς να προκαλέσουν τραυματισμό στον ξενιστή. Μπορούν εύκολα να εισάγουν τα στιλέτα τους στο φυτικό υπόστρωμα είτε επιφανειακά είτε σε σημαντικό βάθος, και μπορεί να διατραφούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα με σχετικά πολύ μικρό τραυματισμό των κυττάρων του

φυτού σε σχέση με άλλα ημίπτερα. Ίσως είναι αυτό περισσότερο από κάθε άλλο γνώρισμα που συντείνει στην επιτυχία των αφίδων ως φορέων ιών (Shepherd 1977).

Οι αφιδομεταδιδόμενοι ιοί σχετίζονται τόσο με το φλοίωμα όσο και με τους επιφανειακούς ιστούς, σε αντίθεση με τα τζιτζικάκια που μεταδίδουν κυρίως ιούς που σχετίζονται αποκλειστικά με το φλοίωμα. Αυτό μπορεί να έχει προέλθει από το διαφορετικό τρόπο διατροφής μεταξύ των εντόμων αυτών. Οι αφίδες πραγματοποιούν σύντομα νύγματα (pd) τόσο σε επιφανειακούς όσο και σε βαθύτερους ιστούς, κυρίως ενδοκυτταρικά, και στην προσπάθειά τους να φτάσουν το φλοίωμα προκαλούν σχετικά μικρό τραυματισμό στα παρακείμενα κύτταρα. Αντίθετα τα τζιτζικάκια τρυπώντας με τα στίλετά τους προκαλούν περισσότερη ζημιά στους ιστούς (Harris 1977a, Harris 1997b, Pollard 1977).

5. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΑΦΙΔΩΝ

5.1 Ηλεκτρική καταγραφή της συμπεριφοράς διατροφής (EPG).

Η διατροφική συμπεριφορά των αφίδων, εκτός από την λήψη της τροφής και την έκκριση σιέλου, περιλαμβάνει και δραστηριότητες, όπως κινήσεις του στιλέτου και αλληλεπιδράσεις με το φυτό. Αν και οι μηχανικές κινήσεις του στιλέτου και η έκκριση διαφορετικών τύπων σιέλου, που έχουν σαν αποτέλεσμα τη διάτρηση της επιφάνειας του φλοιώματος είναι γνωστές, μερικές λεπτομέρειες που συνοδεύουν αυτά τα φαινόμενα καθώς και οι αντιδράσεις των φυτικών ιστών παραμένουν άγνωστα. Παράλληλα, είναι λίγες οι πληροφορίες που έχουν συγκεντρωθεί έως σήμερα, για τα φαινόμενα που συνοδεύουν τα φυσικοχημικά σήματα που χρησιμοποιούν οι αφίδες για την αναγνώριση του ξενιστή, ενός συγκεκριμένου σημείου του ξενιστή και τον ιστό της προτίμησής τους. Επίσης, είναι άγνωστο το στάδιο της διάτρησης, που αυτά τα σήματα γίνονται αντιληπτά από την αφίδα (Wensler & Fishie 1969, Wensler 1974, 1977, Tjallingii 1978b).

Οι περισσότερες γνώσεις μέχρι σήμερα για τη διεϊσδυση των στιλέτων (Pollard 1973), την αντίδραση του ξενιστή και τις εκκρίσεις της αφίδας (Miles 1972) έχουν προσδιοριστεί με τεχνικές, όπως το φωτεινό και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο τα οποία όμως δίνουν τμηματικά ή έμμεσα συμπεράσματα (Evert et al. 1973, Rohfritsch 1977, Kimmins and Tjallingii 1985).

Μια σύγχρονη μέθοδος για την μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς των αφίδων είναι η Ηλεκτρική Καταγραφή της Συμπεριφοράς Διατροφής (EPG, Electrical Penetration Graph) (McLean & Kinsey 1964, Tjallingii 1978a) (Εικόνα 4). Η τεχνική αυτή είναι διαφορετική από τις άλλες λόγω του ότι είναι ηλεκτρική. Δίνει νέες πληροφορίες αν και διασαφηνίζει μονάχα ορισμένες φάσεις της διάτρησης κατά τη διεϊσδυση. Η μέθοδος βασίζεται στην καταγραφή ηλεκτρικών κυμάτων. Κατά τη διατροφή της αφίδας προκαλούνται ηλεκτρικά συμβάντα στους αγωγούς του στιλέτου (τροφικό και σιελοφόρο αγωγό) και στο άκρο τους. Μέσω του κυκλώματος που δημιουργείται και μέρος του οποίου αποτελεί η αφίδα, τα ηλεκτρικά αυτά συμβάντα που συνοδεύουν τη διατροφή επιδρούν στο καταγραφόμενο σήμα στο EPG. Για να

γίνει η καταγραφή των σημάτων απαραίτητη προϋπόθεση είναι να κλείσει το κύκλωμα και αυτό συμβαίνει όταν η αφίδα, που είναι συνδεδεμένη με ένα ηλεκτρόδιο, έρθει σε επαφή με την τροφή της (την επιδερμίδα του φύλλου ενός φυτού) με την άκρη του στυλέτου της. Επειδή τα σήματα είναι μικρής έντασης, για να καταγραφούν πρέπει να ενισχυθούν με κάποιο ενισχυτή.

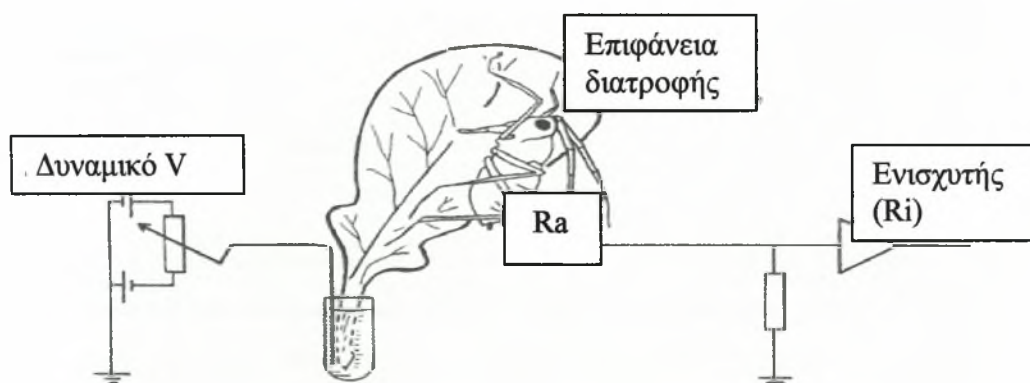


Εικόνα 4. Το EPG

Μετά από την παρουσίαση της μεθόδου από τους Mclean & Kinsey (1964) τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή έχουν τροποποιηθεί αρκετές φορές από πολλούς ερευνητές (Schaefers 1966, Brown & Holbrook 1976, Tjallingii 1978a). Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν χρησιμοποιηθεί δύο μέθοδοι καταγραφής. Η μία χρησιμοποιεί εναλλασσόμενο ρεύμα (AC μέθοδος) (Mclean & Kinsey, Brown & Holbrook 1967) και η άλλη συνεχές (DC μέθοδος) (Schaefers, Tjallingii 1977). Αν και αρχικά διακρίνονταν μονάχα τέσσερα διαφορετικά πρότυπα κυμάτων, τουλάχιστον έξι διαφορετικά πρότυπα περιγράφηκαν από τον Tjallingii (1978a, 1958a,b) αποδεικνύοντας ότι το EPG είναι στην πραγματικότητα πολύ πιο πολύπλοκο. Πιθανόν είναι απαραίτητο να αναγνωριστούν περισσότερες κυματομορφές.

5.2 Αρχή λειτουργίας

Η αρχή της λειτουργίας του EPG βασίζεται σε ένα σχετικά απλό κύκλωμα (Εικόνα 5)



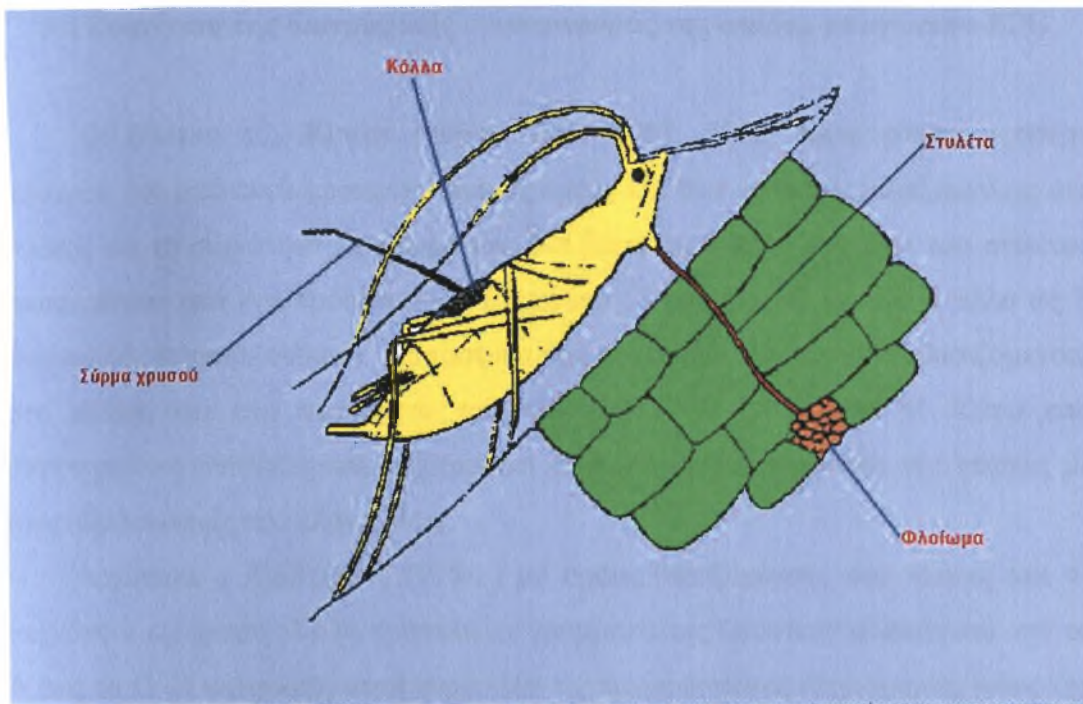
Εικόνα 5. Διάγραμμα αφίδας ως μέρος ηλεκτρικού κυκλώματος. Διαφορές δυναμικού καταγράφονται καθώς τα στίλετα έρχονται σε επαφή με φυτικούς ιστούς. R_a = αντίσταση της αφίδας, R_i = αντίσταση του ενισχυτή.

Όταν η αφίδα εισάγει τα στοματικά της μόρια μέσα στο φύλλο του ξενιστή το κύκλωμα κλείνει. Η αντίσταση της αφίδας (R_a) συνδέεται σε σειρά με την αντίσταση του ενισχυτή (R_i). Η διαφορά δυναμικού του κυκλώματος (V) είναι αποτέλεσμα του ρυθμιζόμενου δυναμικού που παρέχεται στο φυτό (V_s) και του δυναμικού των κυττάρων (E) το οποίο εμφανίζεται ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο της αφίδας και του φυτού ($V = V_s + E$) (1). Η τιμή της διαφοράς δυναμικού των ηλεκτροδίων είναι μη προβλέψιμη και το σήμα μπορεί να αλλάξει ανά πάσα στιγμή. Η τάση του EPG στον ενισχυτή (V_i) είναι το αποτέλεσμα της ρύθμισης του V λόγω των μεταβολών στην αντίσταση της αφίδας σε σχέση με την αντίσταση R_i του ενισχυτή και σύμφωνα με τον νόμο του Ohm, $V_i = V \times (R_i / R_i + R_a)^{1/2}$ (2). Όταν το V γίνεται θετικό με την προσαρμογή του V_s , το V_i γίνεται θετικό. Όταν το V είναι αρνητικό το γράφημα καταγράφεται με αρνητικό σύμβολο. Όταν το V ισούται με 0 Volt, όταν π.χ. η σχέση (1) δίνει $V_s = -E$, το σήμα του EPG σχεδόν εξαφανίζεται. Συνεπώς, σύμφωνα με την σχέση (2) θα έπρεπε το δυναμικό V_i του EPG να μειωθεί εντελώς. Στην

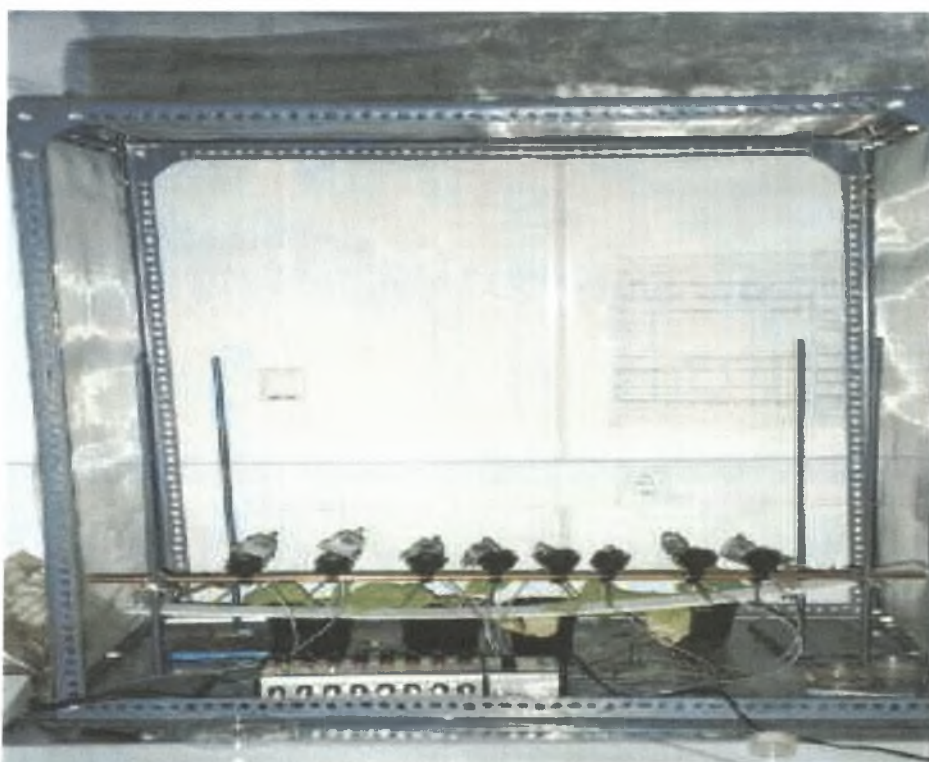
πραγματικότητα τα πράγματα δεν είναι ακριβώς έτσι. Το δυναμικό V_i δεν μειώνεται εντελώς δείχνοντας ότι η παραδοχή ότι το σήμα έχει προκληθεί αποκλειστικά από την αντίσταση της αφίδας (R_a) δεν είναι τελείως ορθή. Το εναπομένον σήμα πρέπει να προκαλείται από ένα δυναμικό που οφείλεται στην αφίδα ή στο ίδιο το φυτό και μπορεί να αναφερθεί ως ηλεκτροκινητικής δύναμης συστατικό του σήματος (emf). Ωστόσο και τα δύο συστατικά emf και R δίνουν πληροφορίες για τη διαδικασία της διατροφής αλλά η συνεισφορά του καθενός ποικίλει από πρότυπο σε πρότυπο (Tjallingii 1987).

5.3 Περιγραφή του συστήματος

Μέσα σε ένα κουτί βρίσκονται ο ενισχυτής και η αντίσταση R_i του ενισχυτή. Αυτό το κουτί στερεώνεται με μία ειδική βάση κοντά στο φυτό ώστε να επιτρέπεται στην αφίδα να συνδεθεί με ένα βραχύ ηλεκτρόδιο με τον ενισχυτή. Έτσι αποτρέπονται οι περισσότεροι εξωτερικοί θόρυβοι συχνότητας 50 – 60 Hz. Επίσης, για την αποφυγή των θορύβων αυτών γίνεται χρήση κλωβού Faraday (Εικόνα 7). Σε ένα δεύτερο κουτί, που βρίσκεται τοποθετημένο στη βάση του κλωβού και που συνδέεται με το πρώτο, βρίσκεται η πηγή συνεχούς τάσης V_s . Η αφίδα προσαρτάται με μια λεπτή και εύκαμπτη ίνα (ηλεκτρόδιο E1) η οποία επιτρέπει όσο το δυνατόν περισσότερες κινήσεις της αφίδας. Συνήθως η ίνα αυτή είναι από χρυσό, έχει μήκος 2- 3 cm και διάμετρο της τάξης των 15 – 20 μm . Το ηλεκτρόδιο αυτό επικολλάται στην αφίδα με μία μικρή σταγόνα μίγματος κόλλας και ασημόσκονης. Η επικόλληση αυτή γίνεται με την βοήθεια συσκευής παραγωγής υποπίεσης, λεπτός πλαστικός σωλήνας, που καταλήγει σε πολύ μικρή οπή. Η άκρη του εφαρμόζεται στο θώρακα και η υποπίεση ακινητοποιεί την αφίδα. Η τοξικότητα του μίγματος της κόλλας πρέπει να ελέγχεται. Το άλλο ηλεκτρόδιο του κυκλώματος (E2) είναι μια λεπτή χάλκινη ράβδος, η οποία τοποθετείται στο χώμα της γλάστρας (όπου υπάρχει το φυτό που θα αποτελέσει τον ξενιστή της υπό εξέταση αφίδας) (Tjallingii 1987). Στη σχηματική απεικόνιση που ακολουθεί παρουσιάζεται ο τρόπος που είναι προσδεδεμένη η αφίδα καθώς τρέφεται στο φυτό ξενιστή (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Σχηματική απεικόνιση της διατροφής της αφίδας στο φλοίωμα ενώ είναι συνδεδεμένη στο EPG.



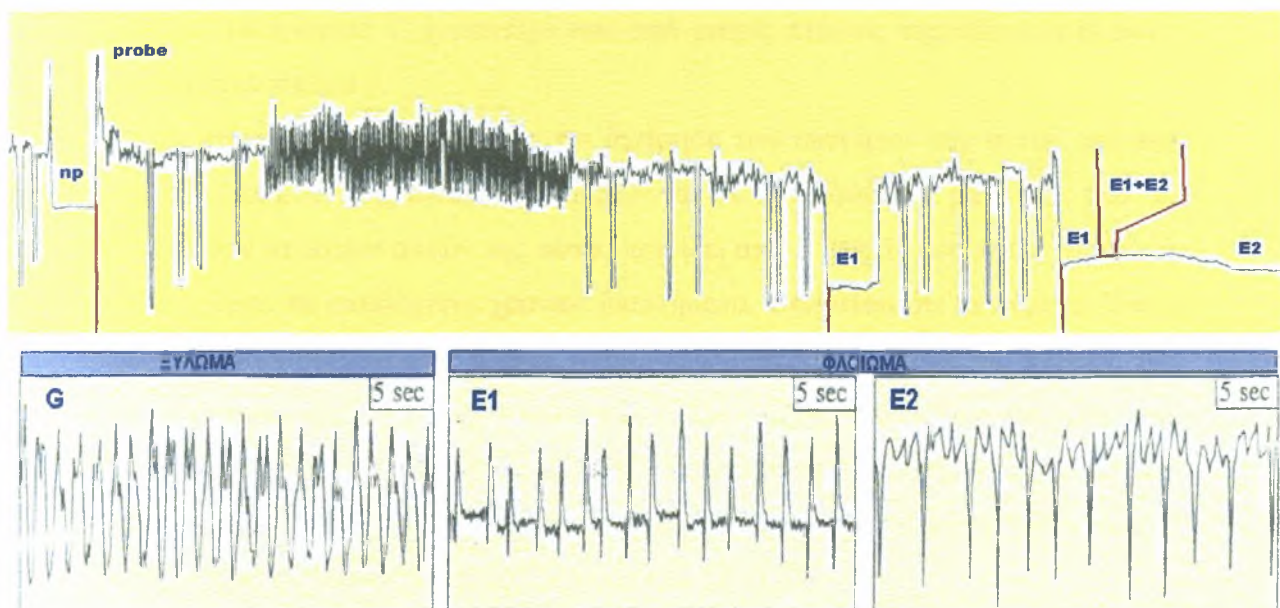
Εικόνα 7. Ο κλωβός Faraday με το σύστημα EPG

5.4 Συσχέτιση της διατροφικής συμπεριφοράς της αφίδας με πρότυπα EPG

Οι Mclean και Kinsey (1964, 1965, 1967, 1968) περιέγραψαν τέσσερα πρότυπα, δύο από αυτά με περιγραφικούς όρους και δύο με όρους βασισμένους στο πλάτος και τη συχνότητα των κυμάτων. Με βάση τη θέση του άκρου του στιλέτου αναφέρθηκαν στο ένα πρότυπο ως I (ingestion : λήψη τροφής) και στο άλλο ως S (salivation : έκκριση σιέλου). Τα πρότυπα που περιγράφηκαν με όρους βασισμένους στο πλάτος και στη συχνότητα των κυμάτων είναι τα X και Ψ. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες αποδείχτηκε ότι το πρότυπο X προηγείται της επαφής με τους ηθμοσωλήνες του φλοιώματος.

Αργότερα, ο Tjallingii (1978a) με όρους βασισμένους στο πλάτος και τη συχνότητα εξέφρασε όλα τα πρότυπα με γράμματα της λατινικής αλφαβήτου από το A έως το G. Η περιγραφή αυτή περικλείει τις πιο πρόσφατες πληροφορίες όπως την ένδειξη του κύριου ηλεκτρικού συστατικού (emf και R) που προκαλεί το κάθε πρότυπο καθώς και την έξω ή έσωκυτταρική θέση της άκρης του στιλέτου.

Τόσο οι διάφορες κατηγορίες σημάτων του EPG όσο και η συσχέτισή τους με τα γεγονότα που λαμβάνουν μέρος κατά τη διάρκεια της διατροφής απεικονίζονται στην Εικόνα 8 που ακολουθεί.



Εικόνα 8. Κατηγορίες κυματομορφών και η συσχέτισή τους με τη διατροφική συμπεριφορά των αφίδων (G: Ξύλωμα, E1&E2: Φλοιώμα).

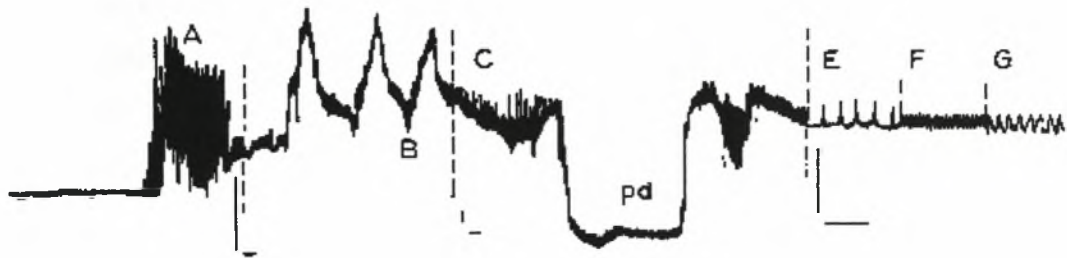
5.5 Περιγραφή των προτύπων EPG

Αρχικά, το πρώτο πρότυπο που εμφανίζεται στο EPG είναι αυτό του A. Το πρότυπο αυτό χαρακτηρίζεται από ακανόνιστη συχνότητα που κυμαίνεται από 5 έως και 15 Hz, με μεγαλύτερο εύρος από τα άλλα πρότυπα και διάρκεια όχι μεγαλύτερη των 5 έως 10 sec. Το πρότυπο αυτό αντιπροσωπεύει την επαφή του στιλέτου με την επιδερμίδα του φυτού.

Το πρότυπο A ακολουθείται από αυτό του B, του οποίου τα υψηλά κύματα επαναλαμβάνονται με κανονικό ρυθμό σχεδόν κάθε 5 sec. Ανάμεσα σ'αυτά τα κύματα εμφανίζονται μικρότερα κύματα με συχνότητα 4 – 5 Hz. Με τη σταδιακή μείωση του πλάτους των κυμάτων B σε λίγα λεπτά, γίνεται σταδιακά η μετάβαση από το πρότυπο B στο πρότυπο C. Τα κύματα B συνδέονται με την έκκριση του σιέλου και τη δημιουργία σταγόνας – «θήκης» ενώ τα μικρότερα κύματα που παρεμβάλλονται συνδέονται με τις κινήσεις των στιλέτων κατά την διάρκεια της διείσδυσης.

Το πιο πολύπλοκο πρότυπο του EPG είναι το C το οποίο και θεωρείται ότι αποτελείται από διάφορα μη αναγνωρίσιμα πρότυπα μεταξύ B και D. Η μετάβαση από το B στο C δεν είναι σαφής. A, B και C έχουν συσχετιστεί με την έκκριση σιέλου ανάλογα με την διάρκειά τους. Το C έχει συνδεθεί με γενική δραστηριότητα. Κατά τη διάρκειά του τα άκρα των στιλέτων βρίσκονται ανάμεσα στην επιδερμίδα και το φλοίομα. Το πρότυπο C χαρακτηρίζεται από μικρές πτώσεις της τάσεις (pd) όπως φαίνεται στην εικόνα 9.

Οι πτώσεις αυτές οφείλονται στη διάτρηση των κυττάρων του φυτού από την άκρη των στιλέτων της αφίδας και χωρίζονται σε τρεις φάσεις : pd1, pd2, pd3. Η διάρκεια των πτώσεων αυτών της τάσης ποικίλει από 3 έως 15 sec και η εμφάνισή τους συμβαίνει σε ακαθόριστα χρονικά διαστήματα. Θεωρείται ότι τα κύματα X που περιέγραψαν οι Mclean και Kinsey αντιπροσωπεύονται από αυτές τις πτώσεις της διαφοράς δυναμικού (τάσης) (Tjallingii 1985). Αξίζει να αναφερθεί ότι από πρόσφατες μελέτες των Martin et. al. (1997) διαπιστώθηκε ότι η πρόσληψη των ιών λαμβάνει μέρος κατά την τρίτη φάση της διάτρησης του κυττάρου (pd3) ενώ η μετάδοσή του γίνεται κατά την πρώτη φάση του pd (pd1).



Εικόνα 9. Διάφορα πρότυπα του οργάνου EPG και η χαρακτηριστική πτώση τάσης pd.

Το πρότυπο που συμβολίζεται με το γράμμα D είναι αντιπρόσωπος μιας ομάδας με μικρό πλάτος κυμάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι σαφές το όριο μετάβασης από το C στο D. Το πρότυπο αυτό σχετίζεται με την πρόσληψη τροφής καθώς και με το κύμα I των Mclean και Kinsey. Μέχρι στιγμής, σ' αυτή την ομάδα έχουν διακριθεί τρία μέλη. Αυτά είναι τα E, F και G χάριν απλούστευσης, ενώ επίσημα αναφέρονται ως D+E, D+F και D+G.

Το πρότυπο E δείχνει μια επανάληψη ομοιόμορφων κορυφών με ρυθμό 2 έως 3 ανά λεπτό. Οι κορυφές αυτές συμπίπτουν με την έκκριση υδατώδους σιέλου και θεωρητικά κάθε κορυφή συνδέεται με σύσπαση των μυών του σιελοφόρου αγωγού. Το E πρότυπο είναι δυνατόν να παρουσιάζεται σε δύο διαφορετικά επίπεδα του ηλεκτρικού δυναμικού. Το E1 συμβαίνει σε χαμηλότερη πτώση τάσης και ταυτίζεται με δράση στο ενδοκυτταρικό επίπεδο, ενώ το E2 συμβαίνει περίπου στο ίδιο επίπεδο τάσης με το C και θεωρείται εξωκυτταρική δραστηριότητα. Η κυματομορφή E1 συνδέεται με την έκκριση σιέλου στους ηθμοσωλήνες του φλοιώματος ενώ η κυματομορφή E2 συνδέεται με είσοδο των στιλέτων στο φλοιώμα και παθητική αναρρόφηση χυμού από αυτό (Mentink et al. 1984, Kimmins & Tjallingii 1985). Η διαφορά των E1 και E2 δεν έγκειται μονάχα στο επίπεδο του δυναμικού αλλά επίσης και στην επαναληψιμότητα και κανονικότητα των κορυφών, με το E1 να παρουσιάζεται περισσότερο ομαλό στην επανάληψη των κορυφών.

Το πρότυπο F χαρακτηρίζεται από αιχμηρά ημιτονοειδή ή γωνιώδη κύματα με συχνότητα 11 έως 16 Hz και παρατηρείται μονάχα σε εξωκυτταρικό επίπεδο. Παρά το γεγονός ότι κατά τη διάρκειά του τα στιλέτα έρχονται πάρα πολύ κοντά στο φλοιώμα (Mentink et al. 1984) δεν παρατηρείται μετάβαση στο πρότυπο E2. Αυτή η

μορφή των κυμάτων αντιπροσωπεύει τη μηχανική δραστηριότητα των στιλέτων στους μεσοκυττάριους χώρους και τα κυτταρικά τοιχώματα (Tjallingii 1987).

Για το πρότυπο G μπορεί να λεχθεί ότι είναι εξωκυτταρικό με ημιτονοειδή μορφή, συχνότητα 4 έως 6 Hz. Αντίθετα με το προηγούμενο πρότυπο, το G έχει ηλεκτρομαγνητική προέλευση. Εκτός από τα κύματα συχνότητας 4 – 6Hz, μπορεί κατά την διάρκεια του G να εμφανιστούν αιχμηρές κορυφές σαν αυτές του E. Οι κορυφές αυτές είναι αποτέλεσμα της μεταβαλλόμενης αντίστασης και αν και δεν παρατηρούνται πάντα, ο ρυθμός επανάληψής τους είναι λίγο μεγαλύτερος και λιγότερο κανονικός από αυτόν του E. Πειραματικά δεδομένα αποδεικνύουν τη σχέση του G με την ενεργητική πρόσληψη τροφής σε υψηλούς ρυθμούς ανά λεπτό. Παράλληλα υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι το πρότυπο G είναι αντιπροσωπευτικό εισαγωγής των στιλέτων στο ξύλωμα (Tjallingii 1987). Ωστόσο, ορισμένες φορές καταγράφονται στο EPG πρότυπα που απεικονίζουν μια ενδιάμεση κατάσταση από αυτές των F και G χωρίς να είναι ακόμα κατανοητό τι είδους δραστηριότητα μπορεί να αντιπροσωπεύουν, μιας και οι σημερινές εξηγήσεις των F και G είναι αμοιβαίως αποκλειόμενες.

Είναι πιθανότατα αναγκαίο να εξακριβωθούν περισσότερα πρότυπα ως μέλη της ομάδας D και ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των πολύπλοκων και συνδυασμένων σημάτων. Ειδικά στις περιπτώσεις αυτές, ο διαχωρισμός των σημάτων που συνθέτουν τα πολύπλοκα σήματα, είναι ιδιαίτερα δύσκολος.

Τέλος, όταν το κύκλωμα δεν κλείνει, στο EPG εμφανίζεται μια ευθεία γραμμή χωρίς να καταγράφονται κύματα κάποιας μορφής. Το πρότυπο αυτό ονομάζεται ηρ και αντιπροσωπεύει το γεγονός ότι η αφίδα δεν παρουσιάζει καμία διατροφική δραστηριότητα εκείνη τη χρονική στιγμή (π.χ. περπατά στην επιφάνεια του φύλλου).

5.6 Ανάλυση των σημάτων του EPG

Η ανάλυση των ηλεκτρικών κυμάτων που καταγράφονται στο EPG γίνεται με την βοήθεια προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι κυριότερες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό είναι η ανάλυση Fourier και η ανάλυση μεγέθους ιστογραμμάτων. Η βάση των τεχνικών αυτών είναι η ανάλυση πλάτους και της συχνότητας. Αν και είναι εφαρμόσιμες αυτές οι τεχνικές στα σήματα του EPG, ωστόσο στις μέρες μας δεν υπάρχουν αποτελέσματα ευκρινούς διαχωρισμού τους. Παραδείγματος χάριν, αν και το ανθρώπινο μάτι ορθά ανιχνεύει την περιοδικότητα

ενός αργά επαναλαμβανόμενου Β κύματος, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής δεν είναι ικανός να ερμηνεύσει την αργά μειούμενη επαναληψιμότητα σαν συστατικό του ίδιου κύματος και αυτό γιατί αυξάνει σταδιακά με τον χρόνο το διάστημα μεταξύ των κυμάτων. Αξίζει να αναφερθεί ότι τα πρότυπα του EPG όχι μόνο διαφέρουν μεταξύ των ειδών των αφίδων αλλά και μεταξύ των ατόμων του είδους. Η αναγνώριση δε των σημάτων – προτύπων αυτών απαιτεί εξοικείωση και πείρα.

5.7 Σημασία του EPG

Το EPG είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη μελέτη της συμπεριφοράς διατροφής των αφίδων και για τη συσχέτιση της συμπεριφοράς αυτής με την ικανότητα της αφίδας να μεταδίδει ή όχι ιούς, με τον τρόπο μετάδοσης των ιών, με τη σχέση αλληλεπίδρασης του φυτού με την αφίδα και με τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας.

Με τη χρήση του EPG στα πλαίσια πειραμάτων μπορούμε να συνδέσουμε τη φάση E2, όπου έχουμε παθητική αναρρόφηση χυμού, και τη φάση E1 όπου έχουμε έκκριση σιέλου καθώς και το χρόνο αυτών των φάσεων, με την πρόσληψη ενός έμμονου ιού και την έναρξη μόλυνσης του φυτού από τον ιό. Ακόμη, μπορούμε να συσχετίσουμε σύντομα νύγματα για δοκιμές καταλληλότητας τροφής με την ικανότητα μετάδοσης μη έμμονων ιών και τη μη διατροφική δραστηριότητα (nr) με τη μη προτίμηση και ακαταλληλότητα του φυτού ως τροφή. Επίσης, γνωρίζοντας μέσω του EPG τον τρόπο λήψης της τροφής και έκκρισης του σιέλου, τις κινήσεις του ρύγχους, την ευκολία ή δυσκολία της εισόδου των στιλέτων στα επιδερμικά κύτταρα μπορούμε να αποκομίσουμε συμπεράσματα για την σχέση του φυτού – ξενιστή με την αφίδα, τις αλληλεπιδράσεις αυτών και τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας.

Συνεπώς, αποκτώντας επιπλέον γνώση για τις επιμέρους φάσεις στη διατροφή των αφίδων και το ρόλο αυτών των φάσεων στους μηχανισμούς αντίδρασης των φυτών, στις επιπτώσεις που παρατηρούνται στα φυτά, στη μετάδοση ιώσεων είναι δυνατόν να ληφθούν περισσότερο αποτελεσματικά μέτρα για την αποφυγή ζημιών και τη δημιουργία, μέσω της βελτίωσης, φυτών με χαρακτηριστικά προσέλκυσης ή παρεμπόδισης διατροφής των αφίδων.

6. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη και η επισήμανση πιθανών διαφορών στη συμπεριφορά διατροφής δύο παρθενογενετικών σειρών του *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) σε φυτά κολοκυθιάς και βάμβακος. Πιο συγκεκριμένα, στόχος ήταν η μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς πτερωτών παρθενογενετικών θηλυκών που προήλθαν από δύο παρθενογενετικές σειρές της αφίδας *A. gossypii*, που συλλέχθηκαν από αγρούς καλλιεργημένους με βαμβάκι, με την μέθοδο της ηλεκτρικής καταγραφής της διατροφικής δραστηριότητας (EPG).

Η μελέτη μιας σειράς παραμέτρων που εμφανίζουν κατά τη διατροφή τους οι αφίδες δίνει τη δυνατότητα να διατυπωθούν ορισμένες διαφορές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πειράματα θρέψης και προσαρμογής των αφίδων σε φυτά ξενιστές. Συγκεκριμένα, οι διαφορετικές διατροφικές δραστηριότητες μπορούν να καθρεφτίσουν την αλληλεπίδραση της αφίδας με το φυτό και την αποδοχή ή την απόρριψη ενός φυτού ως ξενιστή. Με τον τρόπο αυτό επισημαίνεται η καταλληλότητα του ξενιστή για την ανάπτυξη και αύξηση του πληθυσμού των αφίδων.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αφίδες αποτελούν πολύ σοβαρούς εχθρούς των καλλιεργειών λόγω του μεγάλου αριθμού των παραγόμενων απογόνων και των πολυάριθμων γενιών που εμφανίζουν κατά την διάρκεια του έτους. Γνωρίζοντας μέσω της μεθόδου EPG τον τρόπο λήψης της τροφής, το χρονικό διάστημα και τις διαδικασίες που συνοδεύουν την έκκριση σιέλου, τις κινήσεις των στιλέτων της αφίδας μέσα στους ιστούς του φυτού, την ευκολία ή δυσκολία της εισόδου των στιλέτων στα επιδερμικά κύτταρα μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για το κατά πόσο ένας ξενιστής μπορεί να είναι κατάλληλος ή όχι. Επίσης, με την μέθοδο EPG συγκεντρώνονται χρήσιμες πληροφορίες για την αλληλεπίδραση εντόμου – ξενιστή καθώς και τους μηχανισμούς ανθεκτικότητας (van Helden & Tjallingii 1993).

Η μελέτη της συμπεριφοράς διατροφής των αφίδων με την μέθοδο EPG αποτελεί χρήσιμη τεχνική για μελέτες της συμπεριφορά διατροφής τους. Έχει αναφερθεί ότι οι αφίδες τρέφονται στην πλειοψηφία τους με χυμό από το φλοιώμα των ξενιστών τους (Smolarz 1970, Richardson 1982) έχοντας ως καθοδηγητικούς παράγοντες χημικά και φυσικά ερεθίσματα τα οποία δέχονται μέσω των στοματικών τους μορίων. Ωστόσο είναι δυνατόν ακόμα και διαφορετικοί βιότυποι του ίδιου είδους να τρέφονται σε διαφορετικές θέσεις του φυτού (Saxena & Chada 1971), ενώ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρατήρηση ότι οι διάφορες μορφές που εμφανίζονται στο βιολογικό κύκλο των ετερόοικων αφίδων εμφανίζονται να έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε τροφή (Mittler 1973).

Τέλος, αναφορικά με την σημασία της Ηλεκτρικής Καταγραφής της Συμπεριφοράς Διατροφής μπορεί να σημειωθεί ότι χρησιμοποιείται και ως εργαλείο απόκτησης πληροφοριών σχετικά με την πιθανή ικανότητα μιας μορφής αφίδας να μεταδίδει αποτελεσματικά ή μη έναν ιό (Bradley, R.H.E. 1952). Η ανίχνευση της φάσης E2 που συσχετίζεται με την παθητική αναρρόφηση χυμού από το φλοιώμα και της φάσης E1 που σχετίζεται με την έκκριση σιέλου πριν την έναρξη της λήψης τροφής καθώς και η διάρκεια αυτών των φάσεων παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τη δυνατότητα πρόσληψης έμμονων ιών από την αφίδα και τη μετάδοσή τους. Παράλληλα, τα σύντομα νύγματα (pd's) που πραγματοποιούν οι αφίδες σχετίζονται με την πιθανή ικανότητα των αφίδων να μεταδίδουν μη έμμορους ιούς.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μελέτη και επισήμανση πιθανών διαφορών στη συμπεριφορά διατροφής δύο παρθενογενετικών σειρών του *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) σε φυτά κολοκυθιάς και βάμβακος. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιείται μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς περωτών παρθενογενετικών θηλυκών που προήλθαν από δύο παρθενογενετικές σειρές της αφίδας *A. gossypii*, που συλλέχθηκαν από αγρούς καλλιεργημένους με βαμβάκι, με τη μέθοδο της ηλεκτρικής καταγραφής της διατροφικής δραστηριότητας (EPG).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Οι αφίδες

Για την πραγματοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν δύο παρθενογενετικές σειρές της αφίδας *A. gossypii*. Η μια σειρά δημιουργήθηκε από πληθυσμό που συλλέχθηκε από βαμβάκι από την περιοχή του Βελεστίνου του νομού Μαγνησίας, ενώ η άλλη δημιουργήθηκε από πληθυσμό που συλλέχθηκε από βαμβάκι από την περιοχή της Κατερίνης. Οι σειρές ήταν ανολοκυκλικές (η αναπαραγωγή τους στηρίζεται αποκλειστικά στη παρθενογένεση) και είχαν χρώμα κίτρινο. Η συλλογή έγινε κατά το έτος 2002. Για λόγους συντομίας η πρώτη θα αναφέρεται ως 02AGVELC2 ενώ η δεύτερη σειρά ως 02AGKTC5.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά την συλλογή του υλικού έχει ως εξής : σε χωράφι όπου καλλιεργούταν βαμβάκι πάρθηκε δείγμα από ένα φύλλο το οποίο είχαν αποικίσει αφίδες. Το δείγμα αυτό τοποθετήθηκε αμέσως σε αεροστεγές σακουλάκι δειγματοληψίας μαζί με απορροφητικό χαρτί ελαφρά διογκωμένο. Στη συνέχεια το σακουλάκι με το δείγμα τοποθετήθηκε σε φορητό πλαστικό ψυγείο μικρού μεγέθους μέσα στο οποίο υπήρχαν παγοκύστες ώστε να διατηρηθεί καλύτερα το δείγμα μέχρι την στιγμή που θα φτάσει στο εργαστήριο. Στο εργαστήριο για τη δημιουργία του κλώνου, ένα άπτερο παρθενογενετικό θηλυκό, από το δείγμα, τοποθετήθηκε σε φύλλο πατάτας (*Solanum tuberosum* L.) ποικιλίας Jaerla μέσα σε ένα κουτί εκτροφής αφίδων τύπου Blackman (Blackman 1971). Το κουτί Blackman είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο από διάφανο και σκληρό πλαστικό και έχει διαστάσεις 7,7cm*4,5cm*2cm (Εικόνα 10). Η μία πλευρά διαστάσεων 7,7cm*4,5cm

ανοίγει και αποτελεί το καπάκι του κουτιού. Η αντίθετη προς αυτή έδρα έχει ένα κυκλικό άνοιγμα διαμέτρου περίπου 3cm το οποίο καλύπτεται με αφιδοστεγανό τούλι, έτσι ώστε να επιτρέπεται η διόδος του αέρα μέσα στο κουτί και να μειώνεται η σχετική υγρασία. Στη βάση του κουτιού τοποθετείται ένα κομμάτι από σφουγγάρι ώστε να διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα το φύλλο που φέρει την αποικία. Τα κουτιά εκτροφής τοποθετούνται μέσα σε δοχεία που περιέχουν μικρή ποσότητα νερού για τη διαβροχή του σφουγγαριού και τη διατήρηση του φύλλου.

Για τη διατήρηση των σειρών πριν την έναρξη της πειραματική διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε βιοκλιματικός θάλαμος (Εικόνα 11). Οι συνθήκες διατήρησης ήταν $17^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ θερμοκρασία, $50\% \pm 5$ σχετική υγρασία και L16 : D8 (L= light, D= darkness) φωτοπερίοδος.



Εικόνα 10. Κουτί εκτροφής αφίδων Blackman.

2.2 Τα φυτά

Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς των δύο σειρών 02AGVELC2 και 02AGKTC5 της αφίδας κατά τη διατροφή επάνω σ' αυτά, ήταν νεαρά φυτά βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* L.) ποικιλίας Carmen και νεαρά φυτά κολοκυθιού (*Cocumprita para* L.) ποικιλίας Frini. Σε εβδομαδιαία συχνότητα πραγματοποιούταν σπορά αυτών των ποικιλιών στο θερμοκήπιο του

Εργαστηρίου Εντομολογίας σε γλαστράκια διαμέτρου 10cm, 2-3 σπόροι σε κάθε γλαστράκι. Στα γλαστράκια αυτά παρέμεναν μέχρι το στάδιο των δύο με τριών πραγματικών φύλλων, πάντα μέσα στο θερμοκήπιο, όπου στη συνέχεια χρησιμοποιούνταν για το πείραμα. Για το πείραμα απαραίτητα ήταν μονάχα τα κορυφαία φύλλα του κάθε φυτού στα οποία και εγκαθίστανται οι αφίδες κατά τη μελέτη τους στο EPG.



Εικόνα 11. Βιοκλιματικός θάλαμος διατήρησης αφίδων.

Εκτός των φυτών του βαμβακιού και του κολοκυθιού, που χρησιμοποιήθηκαν στο EPG για την μελέτη της διατροφικής συμπεριφοράς, χρησιμοποιήθηκαν επίσης φύλλα πατάτας (*Solanum tuberosum* L.), ποικιλίας Jaerla, για τη διατήρηση των αποικιών των εντόμων. Η παραγωγή φυτών πατάτας πραγματοποιούνταν επίσης στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Εντομολογίας με χρήση πατατόσπορου (ένας κόνδυλος / γλαστράκι). Η επιλογή φύλλων πατάτας για τη διατήρηση των αποικιών της αφίδας *A. gossypii* έγινε διότι αποτελούν κατάλληλο ξενιστή για γρήγορο πολλαπλασιασμό με ικανοποιητικό αριθμό απογόνων. Παράλληλα, τα φυτά της πατάτας αναπτύσσονται εύκολα στο θερμοκήπιο παρέχοντας μεγάλο αριθμό φύλλων. Επίσης

αποφεύχθηκαν τυχόν επιδράσεις του φυτού εκτροφής, καθώς όλες οι αφίδες εκτράφηκαν στο ίδιο φυτό πριν την εξέτασή τους στα πειραματικά φυτά.

2.3 Παρακολούθηση της διατροφής της αφίδας το με ηλεκτρικό σύστημα EPG

Η παρακολούθηση της διατροφής της αφίδας έγινε με το μηχάνημα EPG εναλλασσόμενου ρεύματος του οποίου η κατασκευή περιγράφηκε στο γενικό μέρος και σύμφωνα με τη μέθοδο του Tjallingii (1988). Ο συνδεδεμένος στο σύστημα EPG ενισχυτής ήταν Giga – 8 και η αντίσταση ήταν $10^9 \Omega$ ($n=9$). Για κάθε καταγραφή χρησιμοποιούνταν ταυτόχρονα από 1 έως 8 κανάλια (ανάλογα με τον αριθμό των διαθέσιμων αφίδων) και κάθε καταγραφή διαρκούσε 6 ώρες (21600 sec). Κατά τη διάρκεια των 6 ωρών τα έντομα παρατηρούνταν περιοδικά και ελέγχονταν αν είναι σε επαφή με την φυτική επιφάνεια. Όλες οι καταγραφές έγιναν σε δωμάτιο με συνθήκες τεχνητού φωτισμού και θερμοκρασία $23^{\circ}\text{C} \pm 1$.

Τα φυτά βαμβακιού ή κολοκυθιού, που επάνω τους εγκαθίστανται οι αφίδες κατά την διάρκεια της καταγραφής, βρίσκονταν μέσα σε κλωβό Faraday για την μείωση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Για τη σύνδεση των αφίδων, ώστε να δημιουργηθεί κύκλωμα, χρησιμοποιήθηκε χρυσή ίνα μήκους 2cm και διαμέτρου 20 μm . Η μία άκρη της ίνας συνδέθηκε με τον ενισχυτή και η άλλη άκρη με την αφίδα. Η συγκόλληση της ίνας στα φτερά ή θώρακα της αφίδας γινόταν με μίγμα χαρτόκολλας μη τοξικής, νερού, και ρινισμάτων ασημιού λεπτότατα διαμερισμένων υπό μορφή πούδρας. Το μίγμα αυτό ήταν ηλεκτρικά αγωγίμο και ταυτόχρονα μη τοξικό για τα έντομα. Για την τοποθέτηση της ίνας στα φτερά της αφίδας γινόταν χρήση συσκευής παραγωγής υποπίεσης, η οποία συνδέονταν με μία αντλία νερού κενού. Επάνω σε αυτή ακινητοποιούνταν η αφίδα και με την βοήθεια στερεοσκοπίου επικολλώνταν ανάμεσα στο ζεύγος των φτερών η άκρη της ίνας.

Τα πειραματικά φυτά που χρησιμοποιούνταν για την μελέτη της συμπεριφοράς της διατροφής των αφίδων (βαμβάκι – κολοκύθι), τοποθετούνταν στον κλωβό Faraday και με ειδικά κλιπάκια στερεώνονταν τα επάνω φύλλα τους, τα οποία χρησιμοποιούνταν, με την κάτω επιφάνειά τους προς τα πάνω. Αυτό γίνονταν για να προσομοιάζει την πραγματικότητα το πείραμα, μιας και οι αφίδες τρέφονται κατά κύριο λόγο στην κάτω επιφάνεια του φύλλου. Ακολουθούσε σύνδεση των αφίδων με τους ενισχυτές και τοποθέτησή τους επάνω στο φύλλο.

Η καταγραφή των ηλεκτρικών σημάτων που παράγονταν από την δράση των αφίδων κατά την διατροφή τους γινόταν άμεσα στο σκληρό δίσκο ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το λογισμικό του υπολογιστή που ήταν συνδεδεμένος με το όλο σύστημα και κατέγραφε τα σήματα ήταν το STYLET 2.5 (Tjallingii & Hogen Esch 1993).

2.4 Πειραματική διαδικασία και συλλογή δεδομένων

Από τις αποικίες των δύο παρθενογενετικών σειρών 02AGVELC2 και 02AGKTC5 λαμβάνονταν σε τακτά χρονικά διαστήματα πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στο πείραμα. Για την παραγωγή μεγάλου αριθμού πτερωτών μορφών της αφίδας, μεταφέρθηκε μεγάλος αριθμός άπτερων παρθενογενετικών θηλυκών αφίδων σε ένα 'clip cage' (Εικόνα 12) το οποίο τοποθετήθηκε πάνω σε φύλλο φυτού πατάτας σε θερμοκρασία 17°C και φωτοπερίοδο L16 : D8. Στις συνθήκες αυτές και ως αποτέλεσμα του συνωστισμού παράχθηκαν πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά. Επίσης, μία άλλη πρακτική μέθοδος παραγωγής μεγάλου αριθμού πτερωτών μορφών είναι η λιγότερο τακτική ανανέωση των φύλλων συντήρησης με αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού τις αποικίας και τη δημιουργία συνωστισμού.



Εικόνα 12. Κλουβί φύλλου (clip cage) μέσα στο οποίο τοποθετούνταν μεγάλος αριθμός άπτερων παρθενογενετικών θηλυκών αφίδων προς δημιουργία κατάστασης συνωστισμού.

Στην καταγραφή χρησιμοποιούνταν οι αφίδες ηλικίας μίας ημέρας. Πριν την τοποθέτηση των αφίδων στο EPG προηγούνταν νηστεία. Τα πτερωτά και των δύο παρθενογενετικών σειρών νήστευαν για 6 ώρες. Κατά τη διάρκεια αυτών των 6 ωρών

οι αφίδες βρίσκονταν σε ένα γυάλινο κουτί διαστάσεων 30cm*22cm*15cm, ώστε να μπορούν να πετάξουν, να εξαντληθούν και να τραφούν έπειτα πάνω στο πειραματικό φυτό συνδεδεμένες με το σύστημα του EPG, μιμούμενες τη διαδικασία στη φύση.

Συνολικά 10 πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά από την παρθενογενετική σειρά 02AGVELC2 εξετάστηκαν σε φυτά κολοκυθίου και 5 πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά της ίδιας σειράς σε φυτά βαμβακιού, επίσης 8 πτερωτά παρθενογενετικά θηλυκά από την παρθενογενετική σειρά 02AGKTC5 διατράφηκαν σε φυτά κολοκυθίου και άλλα 8 διατράφηκαν σε φυτά βαμβακιού.

2.5 Ανάλυση δεδομένων

Οι βιολογικές ερμηνείες των διαφορετικών παραμέτρων του EPG που χρησιμοποιήθηκαν σ' αυτή την μελέτη ήταν οι εξής : nr (το έντομο δεν διατρύπα το φυτικό ιστό), C (συμπεριλαμβανόμενων των A και B, περιλαμβάνει γενική δραστηριότητα και τα σιλέτα βρίσκονται ανάμεσα στην επιδερμίδα και το φλοιώμα), E1(έκκριση σιέλου στους ηθμοσωλήνες του φλοιώματος), E2 (αναρρόφηση χυμού από το φλοιώμα), G (αναρρόφηση νερού από το ξύλωμα) και rd (πτώσεις της διαφοράς δυναμικού και διάτρηση κυττάρων) σύμφωνα με τους Tjallingii (1978, 1985, 1988) και Prado & Tjallingii (1994).

Αρχικά η διάρκεια καθεμιάς από τις εξεταζόμενες παραμέτρους υπολογίστηκε με το MS – Excel. Οι μέσοι όροι (συνολική διάρκεια παραμέτρου / συνολικό αριθμό που απαρτίζει την παράμετρο αυτή) υπολογίστηκαν με το ίδιο πρόγραμμα καθώς και οι τυπικές αποκλίσεις. Για τη σύγκριση μεταξύ των παρθενογενετικών σειρών και μεταξύ των φυτών-ξενιστών για την εύρεση πιθανών σημαντικών διαφορών έγινε χρήση του στατιστικού πακέτου STATISTICA. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη μέθοδο ανάλυσης παραλλακτικότητας (two-way ANOVA).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους πίνακες 1-3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη διαφόρων παραγόντων που λαμβάνουν μέρος κατά τη διατροφή των δύο παρθενογενετικών σειρών 02AGVELC2 και 02AGKTC5 *A. gossypii*, σε φυτά βαμβακιού και κολοκυθιού.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η συχνότητα εμφάνισης σύντομων νυγμάτων (pd), που αφορούν διάτρηση κυττάρου, στα άτομα των δύο παρθενογενετικών σειρών, κατά τη διάρκεια της πρώτης ώρας της καταγραφής. Οι μετρήσεις αφορούν τα πρώτα 2, 5, 10, 30, και 60 λεπτά από την έναρξη της καταγραφής της διατροφικής δραστηριότητας.

Ο αριθμός των σύντομων νυγμάτων που πραγματοποιήθηκαν τα δύο πρώτα λεπτά κυμάνθηκε κατά μέσο όρο από 0,75 έως 2 για όλες τις μεταχειρίσεις, με την παρθενογενετική σειρά 02AGKTC5 στο κολοκύθι να επιχειρεί τα λιγότερα νύγματα χωρίς ωστόσο να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μέση διάρκεια των pd' s στα 2 πρώτα λεπτά ήταν από 0,81sec για τον κλώνο 02AGKTC5 στο βαμβάκι έως και 2,9sec για την παρθενογενετική σειρά 02AGVELC2 επίσης στο βαμβάκι. Η επόμενη μέτρηση που έγινε στα 5 λεπτά έδειξε ότι ο μέσος αριθμός των pd' s είχε αυξηθεί (με 2,3 για την σειρά 02AGKTC5 στο κολοκύθι και 4 για την σειρά 02AGVELC2 στο κολοκύθι). Η αντίστοιχη μέση διάρκεια των pd' s σε αυτό το χρονικό διάστημα υπολογίστηκε από 2,8sec για την σειρά 02AGKTC5 στο κολοκύθι έως 5,0sec για την ίδια σειρά αλλά στο βαμβάκι. Μετά την πάροδο των 10 λεπτών από την αρχή της καταγραφής ο αριθμός των σύντομων νυγμάτων κυμαίνεται από 4,8 που εμφανίζει η σειρά 02AGVELC2 στο βαμβάκι έως 8,4 για την ίδια σειρά στο κολοκύθι. Η μέση διάρκεια των pd' s για τα 10 λεπτά κυμαίνεται από 2,9sec για την σειρά 02AGKTC5 στο κολοκύθι έως 5sec για την ίδια σειρά στο βαμβάκι.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΝΤΟΜΩΝ ΝΥΓΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΣΕΙΡΩΝ 02AGVELC2 ΚΑΙ 02AGKTC5 ΤΗΣ ΑΦΙΔΑΣ *Aphis gossypii* ΣΕ ΦΥΤΑ ΚΟΛΟΚΥΘΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ (N= αριθμός επαναλήψεων, αριθμός σε παρένθεση= τυπική απόκλιση)

ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	02AGVELC2 ΚΟΛΟΚΥΘΙ (N=10)	02AGVELC2 ΒΑΜΒΑΚΙ (N=5)	02AGKTC5 ΚΟΛΟΚΥΘΙ (N=8)	02AGKTC5 ΒΑΜΒΑΚΙ (N=8)
Χρόνος ως το πρώτο pd (2)(sec)	95,657 (146,2224) a (1)	87,138 (64,10426) a	870,2787 (1446,314) a	158,88 (116,202) a
Αριθμός pd's που πραγματοποιήθηκαν έως τα 2 πρώτα λεπτά.	2,0 (2,144761) a	1,2 (0,83666) a	0,75 (0,886405) a	1,5 (1,85164) a
Μέση διάρκεια pd έως τα 2 πρώτα λεπτά (sec).	2,77166 (2,450246) a	2,876 (1,890946) a	2,40125 (2,973898) a	0,813666 (1,056702) a
Αριθμός pd's που πραγματοποιήθηκαν έως τα 5 πρώτα λεπτά.	4,0 (3,126944) a	3,4 (2,073644) a	2,25 (2,187628) a	3,625 (1,995531) a
Μέση διάρκεια pd έως τα 5 πρώτα λεπτά (sec).	3,40734 (3,041587) a	3,477866 (2,073644) a	2,793125 (2,680865) a	5,04383 (3,586556) a
Αριθμός pd's που πραγματοποιήθηκαν έως τα 10 πρώτα λεπτά.	8,4 (4,115013) a	4,8 (3,271085) a	5,5 (3,625308) a	7,625 (5,501623) a
Μέση διάρκεια pd έως τα 10 πρώτα λεπτά (sec).	3,14755 (1,61503) a	(3,663108) 0,711567 a	2,881663 (1,37246) a	4,991156 (3,367129) a
Αριθμός pd's που πραγματοποιήθηκαν έως τα 30 πρώτα λεπτά.	23,3 (10,91431) a	16,8 (16,40732) a	17 (10,32334) a	28,5 (17,29575) a
Μέση διάρκεια pd έως τα 30 πρώτα λεπτά (sec).	3,2175 (0,847012) a	3,64307 (0,389017) a	3,40375 (0,54219) a	3,686979 (0,655584) a
Αριθμός pd's που πραγματοποιήθηκαν έως τα 60 πρώτα λεπτά.	36,3 (11,69093) ab	26,6 (21,1849) a	25,75 (14,6263) a	43,5 (19,26507) b
Μέση διάρκεια pd έως τα 60 πρώτα λεπτά (sec).	3,4105 (0,566875) a	3,763755 (0,302254) a	3,51375 (0,54432) a	3,615275 (0,581749) a

1. Οι μέσοι όροι, στην ίδια σειρά, που συνοδεύονται από διαφορετικό γράμμα της λατινικής αλφαβήτου διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($p \geq 0,05$). Σε αντίθετη περίπτωση δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

2. pd για επεξήγηση ίδε κείμενο.

Η μέτρηση στα 30 λεπτά έδωσε τον αριθμό των rd's να κυμαίνεται από 16,8 για τη σειρά 02AGVELC2 στο βαμβάκι έως 28,5 για τον κλώνο 02AGKTC5 επίσης στο βαμβάκι. Αντίστοιχα η μέση διάρκεια στα 30 λεπτά διαμορφώνονταν στα 3,2sec για τη σειρά 02AGVELC2 στο κολοκύθι έως τα 3,7sec για τη δεύτερη σειρά στο βαμβάκι. Τέλος και αναφορικά με τα σύντομα νύγματα που παρουσιάζει η σειρά 02AGKTC5 στο κολοκύθι και στο βαμβάκι αντίστοιχα, μέχρι τα πρώτα 60 λεπτά της καταγραφής της διατροφικής δραστηριότητας, αυτά βρέθηκαν να κυμαίνονται από 25,75 έως 43,5, με σημαντική στατιστικά διαφορά μεταξύ τους (Πίνακας 1). Η μέση διάρκεια των rd's σε αυτά τα 60 λεπτά ήταν 3,4sec για τον κλώνο 02AGVELC2 στο κολοκύθι, 3,7sec για τον ίδιο κλώνο στο βαμβάκι, 3,5sec για τον κλώνο 02AGKTC5 στο κολοκύθι και 3,6sec για τον ίδιο κλώνο στο βαμβάκι.

Το χρονικό διάστημα από την έναρξη της καταγραφής, που εμφάνισαν οι κλώνοι το πρώτο τους σύντομο νύγμα, κυμάνθηκε κατά μέσο όρο από 87,1sec έως 870,3sec. Συγκεκριμένα ο κλώνος 02AGVELC2 στο κολοκύθι εμφάνισε πρώτο rd στα 95,65sec, ενώ στο βαμβάκι κάποια δευτερόλεπτα νωρίτερα, δηλαδή στα 87,13sec. Η σειρά 02AGKTC5 στο κολοκύθι εμφάνισε πρώτο σύντομο νύγμα στα 870,27sec ενώ στο βαμβάκι στα 158,88sec.

Όσον αφορά τον αριθμό των φάσεων C (Πίνακας 2) (κατά το χρονικό αυτό διάστημα το στίλετο της αφίδας βρίσκεται ανάμεσα στην επιδερμίδα και το φλοιώμα) βρέθηκε ότι η σειρά 02AGKTC5 στο βαμβάκι παρουσιάζει το μεγαλύτερο, 165,87sec, αλλά ταυτόχρονα και τη μικρότερη συνολική διάρκεια της φάσης αυτής, 10976sec, σε συνολική διάρκεια 6 ωρών καταγραφής. Για την ίδια σειρά, αλλά στο κολοκύθι, καταγράφηκε ο αριθμός των 104 φάσεων C με συνολική διάρκεια 16808sec. Η σειρά 02AGVELC2 στο κολοκύθι παρουσιάζει 115 φορές τη φάση C, με συνολική διάρκεια 17133sec, ενώ στο βαμβάκι έδωσε 116 φορές τη φάση C με συνολική διάρκεια 12457sec. Συγκεκριμένα, στο κολοκύθι η διάρκεια του C είναι σαφώς μεγαλύτερη και για τους δύο κλώνους πράγμα που σημαίνει πως οι αφίδες καταναλώνουν μεγαλύτερο χρόνο ανάμεσα στην επιδερμίδα και το φλοιώμα του ξενιστή παρά να εισχωρήσουν στο φλοιώμα και να τραφούν εφόσον δεν εμφανίζονται οι φάσεις των E1 και E2.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί πως και για τις δύο σειρές και στα δύο φυτά, η φάση C εμφανίστηκε για πρώτη φορά με την έναρξη της καταγραφής.

Όταν τα στίλετα της αφίδας βρίσκονταν στο ξύλωμα και απορροφούσαν νερό, στο EPG εμφανιζόταν η κυματομορφή που χαρακτηρίζεται ως G (Πίνακας 2). Η

κυματομορφή αυτή είχε αρκετά μεγάλη συχνότητα εμφάνισης. Στο βαμβάκι όλες οι αφίδες που μελετήθηκαν, και από τις δύο σειρές, απορρόφησαν νερό από τα αγγεία του φυτού. Στο κολοκύθι το ποσοστό ήταν επίσης υψηλό και συγκεκριμένα 80% και 75% για τη σειρά 02AGVELC2 και τη σειρά 02AGKTC5, αντίστοιχα. Ο μέσος αριθμός των G κυμάνθηκε από 1,5 (η σειρά 02AGKTC5 στο κολοκύθι) έως 2,25, που εμφάνισε η ίδια σειρά στο βαμβάκι. Το χρονικό διάστημα συνολικά, στη διάρκεια των έξι ωρών, που τα σιλέτα της αφίδας βρίσκονταν στο ξύλωμα, κυμαίνεται από 2338sec έως 3057sec κατά μέσο όρο. Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε ως προς τον αριθμό της φάσης G ούτε ως προς τη διάρκεια της φάσης αυτής ανάμεσα στις σειρές ή στα φυτά.

Σχολιάζοντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 2, όσον αφορά το χρονικό διάστημα που οι αφίδες δεν παρουσιάζουν καμιά διατροφική δραστηριότητα (nr), μπορούμε να πούμε πως για όλες τις μεταχειρίσεις ο αριθμός με τον οποίο απαντάται, βρίσκεται στο ίδιο περίπου επίπεδο χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος αριθμός των φάσεων nr για τη σειρά 02AGVELC2 στο κολοκύθι είναι 6, ενώ στο βαμβάκι 5. Για τη σειρά 02AGKTC5 στο κολοκύθι επίσης 6 και στο βαμβάκι 4,9. Το ίδιο ισχύει και για τη χρονική διάρκεια της φάσης αυτής για τις τέσσερις μεταχειρίσεις, δηλαδή δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Για τον κλώνο 02AGVELC2 στο κολοκύθι είναι 295sec, ενώ στο βαμβάκι 385sec κατά μέσο όρο. Για τον κλώνο 02AGKTC5 στο κολοκύθι 196sec και στο βαμβάκι 282sec.

Η συχνότητα εμφάνισης της κυματομορφής E1 (Πίνακας 3), η οποία υποδηλώνει ότι τα στοματικά μόρια του εντόμου βρίσκονταν στο φλοιώμα και εξέκριναν σίελο, παρουσιάστηκε μικρότερη στο κολοκύθι και για τις δύο σειρές, με 60% για την πρώτη σειρά και 50% για τη δεύτερη. Στο βαμβάκι όμως υπήρξε 100% εμφάνιση αυτής της κυματομορφής και στις δύο σειρές. Το πλήθος των φάσεων E1 για τη σειρά 02AGVELC2 στο κολοκύθι ήταν 2,2 και στο βαμβάκι 11,8, ενώ για τη σειρά 02AGKTC5 2,3 στο κολοκύθι και 15,1 στο βαμβάκι. Οι διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των φυτών είναι στατιστικά σημαντικές.

Όσον αφορά τη μέση διάρκεια της κυματομορφής E1 (Πίνακας 3), επίσης υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, με τους δύο κλώνους να βρίσκονται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο φλοιώμα του βαμβακιού και να εκκρίνουν σίελο. Για τη σειρά 02AGVELC2 στο κολοκύθι η διάρκεια του E1, κατά τη συνολική

καταγραφή των 6 ωρών, είναι 230,7sec και για το βαμβάκι 3277,2sec, ενώ για τη σειρά 02AGKTC5 είναι 660,2sec στο κολοκύθι και 3670,9sec στο βαμβάκι.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ C, G, NP ΤΩΝ ΣΕΙΡΩΝ 02AGVELC2 ΚΑΙ 02AGKTC5 ΤΗΣ ΑΦΙΔΑΣ *Aphis gossypii* ΣΕ ΦΥΤΑ ΚΟΛΟΚΥΘΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ (N= αριθμός επαναλήψεων, αριθμός σε παρένθεση= τυπική απόκλιση)

ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	02AGVELC2 ΚΟΛΟΚΥΘΙ N=10	02AGVELC2 ΒΑΜΒΑΚΙ N=5	02AGKTC5 ΚΟΛΟΚΥΘΙ N=8	02AGKTC5 ΒΑΜΒΑΚΙ N=8
Αριθμός C (2)	114,9 (44,62835) a (1)	115,6 (53,04055) a	104 (54,82928) a	165,875 (57,3347) a
Διάρκεια C (sec)	17133,98 (3851,108) b	12457,61 (4594,039) a	16808,04 (4501,114) b	10976,02 (5394,825) a
Αριθμός αφίδων που παρουσιάζουν G (2)	[8: 10]	[5: 5]	[6: 8]	[8: 8]
Αριθμός G	1,7 (1,636392) a	2,2 (1,095445) a	1,5 (1,414214) a	2,25 (1,164965) a
Διάρκεια G (sec)	2338,571 (1673,092) a	2548,156 (1694,97) a	3057,871 (4325,798) a	2400,947 (1481,875) a
Αριθμός np (2)	6 (8,354639) a	5 (6,123724) a	6 (7,837638) a	4,875 (9,171968) a
Διάρκεια np (sec)	295,952 (305,8311) a	385,9439 (706,6011) a	196,7976 (204,1078) a	282,7647 (644,4299) a

1. Οι μέσοι όροι, στην ίδια σειρά, που συνοδεύονται από διαφορετικό γράμμα της λατινικής αλφαβήτου διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά ($p \geq 0,05$). Σε αντίθετη περίπτωση δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

2. Για εξήγηση των συμβόλων ίδε κείμενο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ Ε1 ΚΑΙ Ε2 ΤΩΝ ΣΕΙΡΩΝ 02AGVELC2 ΚΑΙ 02AGKTC5 ΤΗΣ ΑΦΙΔΑΣ *Aphis gossypii* ΣΕ ΦΥΤΑ ΚΟΛΟΚΥΘΙΑΣ ΚΑΙ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ (N= αριθμός επαναλήψεων, αριθμός σε παρένθεση= τυπική απόκλιση)

ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	02AGVELC2 ΚΟΛΟΚΥΘΙ N=10	02AGVELC2 ΒΑΜΒΑΚΙ N=5	02AGKTC5 ΚΟΛΟΚΥΘΙ N=8	02AGKTC5 ΒΑΜΒΑΚΙ N=8
Αριθμός αφίδων που παρουσιάζουν Ε1*	[6: 10]	[5: 5]	[4: 8]	[8: 8]
Αριθμός Ε1	2,2 (2,925748) b(1)	11,8 (10,37786) a	2,375 (3,889087) b	15,125 (10,13392) a
Διάρκεια Ε1	230,7203 (278,1451) b	3265,591 (3277,17) a	660,2113 (1373,271) b	3670,927 (1901,766) a
Αριθμός αφίδων που παρουσιάζουν Ε2*	[6: 10]	[5: 5]	[4: 8]	[8: 8]
Αριθμός Ε2	2,2 (2,925748) b	11,8 (10,37786) a	2,375 (3,889087) b	15,125 (10,13392) a
Διάρκεια Ε2	1217,661 (2466,032) b	2563,204 (2850,774) a	520,8274 (854,1308) b	3756,526 (3277,473) a

1. Οι μέσοι όροι, στην ίδια σειρά, που συνοδεύονται από διαφορετικό γράμμα της λατινικής αλφαβήτου διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($p \geq 0,05$). Σε αντίθετη περίπτωση δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

* Για εξήγηση των συμβόλων ιδε κείμενο.

Η συχνότητα εμφάνισης της κυματομορφής Ε2 (Πίνακας 3), κατά την οποία οι αφίδες απορροφούσαν παθητικά χυμό από το φλοιώμα, παρουσιάστηκε μεγαλύτερη στο βαμβάκι (100%). Το πλήθος των φάσεων Ε2 για τη σειρά 02AGVELC2 στο κολοκύθι ήταν 2,2 και στο βαμβάκι 11,8, ενώ στη σειρά 02AGKTC5 2,3 στο κολοκύθι και 15,1 στο βαμβάκι. Οι διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των φυτών

είναι στατιστικά σημαντικές. Όσον αφορά τη μέση διάρκεια της κυματομορφής E2, επίσης υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, με τις δύο σειρές να βρίσκονται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο φλοιώμα και να απορροφούν παθητικά χυμό. Για τη σειρά 02AGVELC2 στο κολοκύθι η διάρκεια του E2, κατά τη συνολική καταγραφή των 6 ωρών, είναι 1217sec και για το βαμβάκι 2563,2sec, ενώ για τη σειρά 02AGKTC5 είναι 520,8sec στο κολοκύθι και 3756,5sec στο βαμβάκι.

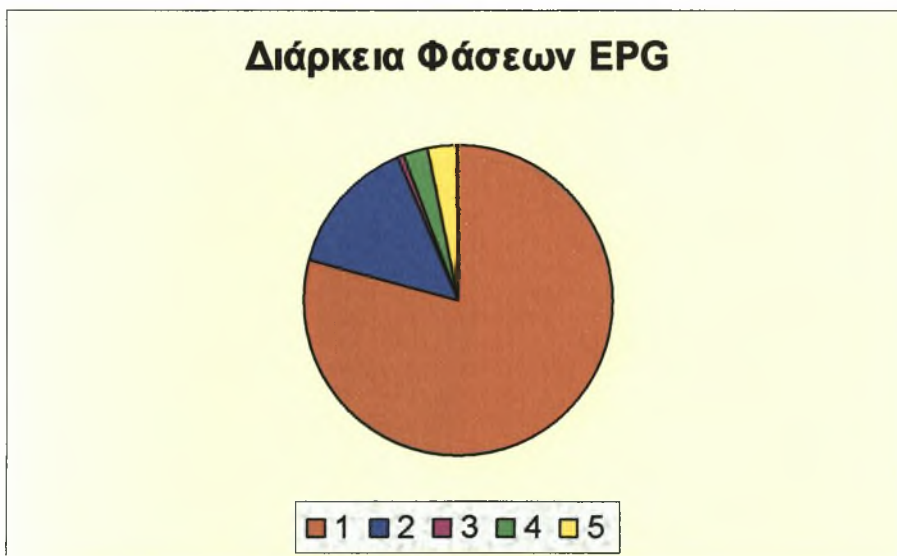
Η παραπάνω παρουσίαση των δεδομένων επικεντρώνεται στη σημασία που έχει η κάθε επιμέρους φάση της διατροφικής συμπεριφοράς. Ωστόσο, εξίσου σημαντική είναι η κατανομή του χρόνου ανάλογα με τη διατροφική δραστηριότητα που πραγματοποιεί η αφίδα στο σύνολο των 6 ωρών της καταγραφής. Οι κύριες κυματομορφές που παρατηρήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι οι C, G, NP, E1 και E2. Στη σειρά 02AGVELC2 για το κολοκύθι η φάση C υπερτερεί με ποσοστό 79,3% ενώ οι φάσεις E1 και E2, που αποτελούν τη βασική χρονική διάρκεια όπου η αφίδα τρέφεται, βρίσκονται σε ποσοστά, 1,07% και 5,6% αντίστοιχα. (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Η χρονική συνεισφορά των φάσεων C, G, np, E1, E2, ως ποσοστό % στο συνολικό διάστημα που παρατηρείται διατροφική δραστηριότητα από τον κλώνο 02AGVELC2 της αφίδας *Aphis gossypii* στο κολοκύθι. (1:C:79,3% - 2:G:10,8% - 3:np:1,4% - 4:E2:5,6% - 5:E1:1,07%).

Το ίδιο περίπου σχήμα επικρατεί και για την περίπτωση της σειράς 02AGKTC5 στο κολοκύθι. Πιο συγκεκριμένα, οι κυματομορφές E1 και E2 βρίσκονται στο ποσοστό του 3% και 2,4%. (Σχήμα 2).

Από την άλλη πλευρά η διατροφική συμπεριφορά διαφοροποιείται στο βαμβάκι. Τόσο η σειρά 02AGVELC2 όσο και η σειρά 02AGKTC5 παρουσιάζουν αυξημένο ποσοστό συμμετοχής της φάσης E1 και E2, πράγμα που σημαίνει πως ένα αρκετά σημαντικό χρονικό διάστημα το κατανάλωσαν απορροφώντας θρεπτικά συστατικά από το φλοιώμα του ξενιστή (Σχήμα 3 και 4). Τέλος, σε όλα τα σχήματα τα οποία δείχνουν την κατανομή του χρόνου ως προς τις φάσεις διατροφής, παρατηρείται η φάση G σταθερή. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί με το ότι, όλες οι αφίδες που συμμετείχαν στο συγκεκριμένο πείραμα, είχαν υποστεί την ίδια διάρκεια νηστείας και αποχής από οποιοδήποτε μέσο διατροφής, με αποτέλεσμα να έχουν τις ίδιες ανάγκες πρόσληψης νερού.



Σχήμα 2. Η χρονική συνεισφορά των φάσεων C, G, np, E1, E2, ως ποσοστό % στο συνολικό διάστημα που παρατηρείται διατροφική δραστηριότητα από τον κλώνο 02AGKTC5 της αφίδας *Aphis gossypii*, στο κολοκύθι. (1:C:77,8% - 2:G:14,2% - 3:np:0,9% - 4:E2:2,4% - 5:E1:3%).



Σχήμα 3. Η χρονική συνεισφορά των φάσεων C, G, np, E1, E2, ως ποσοστό % στο συνολικό διάστημα που παρατηρείται διατροφική δραστηριότητα από τον κλώνο 02AGVELC2 της αφίδας *Aphis gossypii*, στο βαμβάκι. (1:C:57,8% - 2:G:11,8% - 3:np:1,8% - 4:E2:11,9% - 5:E1:15,1%).



Σχήμα 4. Η χρονική συνεισφορά των φάσεων C, G, np, E1, E2, ως ποσοστό % στο συνολικό διάστημα που παρατηρείται διατροφική δραστηριότητα από τον κλώνο 02AGKTC5 της αφίδας *Aphis gossypii*, στο βαμβάκι. (1:C:50,8% - 2:G:11,1% - 3:np:1,3% - 4:E2:17,4% - 5:E1:17%).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την μέθοδο παρακολούθησης της συμπεριφοράς της αφίδας *A. gossypii* βρέθηκαν συγκεκριμένες διαφορές ανάμεσα στις τέσσερις μεταχειρίσεις που εξετάστηκαν (σειρά 02AGVELC2 σε φυτά κολοκυθιάς, σειρά 02AGVELC2 σε φυτά βαμβακιού, σειρά 02AGKTC5 σε φυτά κολοκυθιάς, σειρά 02AGKTC5 σε φυτά βαμβακιού). Οι διαφορές αυτές αφορούν κατά κύριο λόγο τις φάσεις E1 και E2 και συσχετίζονται με τη δραστηριότητα των στιλέτων της αφίδας στην περιοχή του φλοιώματος του φυτού. Παράλληλα όμως βρέθηκαν διαφορές και ως προς τα σύντομα νύγματα που πραγματοποιήθηκαν μέχρι την πρώτη ώρα καταγραφής αλλά και ως προς την φάση C.

Ο χρόνος πραγματοποίησης του πρώτου δοκιμαστικού νύγματος η αλλιώς rd, βρίσκεται περίπου στα πρώτα 100 δευτερόλεπτα από τη στιγμή που το έντομο εγκαθίσταται στο φυτό και δεν διαφέρει από μεταχείριση σε μεταχείριση. Φαίνεται πως το γεγονός όπου η διάρκεια της νηστείας παρέμεινε σταθερή (6 ώρες), σε όλες τις μεταχειρίσεις, συνέβαλε στο να ξεκινάει άμεσα η διαδικασία της δοκιμής για την αποδοχή ή απόρριψη του ξενιστή με την τοποθέτηση του εντόμου επάνω στο φυτό. Επίσης, δείχνει ότι δεν υπάρχουν διαφορετικοί μηχανισμοί στην επιφάνεια του φυτού. Η μελέτη του αριθμού και της μέσης διάρκειας των σύντομων νυγμάτων σε διάφορα χρονικά διαστήματα (2,5,10,30, 60 λεπτά) έδειξε πως στατιστικά σημαντικές διαφορές υπάρχουν μόνο μετά τη διέλευση της πρώτης ώρας. Έτσι τα 2,5,10,30, λεπτά έχουμε την ίδια προθυμία για πραγματοποίηση σύντομων νυγμάτων, πράγμα που δικαιολογείται αν σκεφτεί κανείς τη βιολογία των πτερωτών θηλυκών ατόμων, ο βασικός παράγοντας που θα εξασφαλίσει τη γέννηση και επιβίωση των νέων απογόνων είναι η ύπαρξη ευνοϊκών συνθηκών, στις οποίες συμπεριλαμβάνεται τόσο η τροφή (απορρόφηση χυμού) όσο και το ενδιαίτημα. Ωστόσο, η διαφορά μεταξύ του αριθμού των σύντομων νυγμάτων κατά την πρώτη ώρα καταγραφής υποδηλώνει ότι το βαμβάκι αποτελεί καταλληλότερο ξενιστή του συγκεκριμένου είδους αφίδας εφόσον επάνω σε αυτό παρατηρήθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός.

Η διάρκεια των φάσεων C (αλλά όχι και ο αριθμός της φάσης αυτής) σε κάθε μεταχείριση στη διάρκεια της 6ωρης καταγραφής ποικίλει, με τη μικρότερη διάρκεια να παρατηρείται στο βαμβάκι και στις δύο προς μελέτη σειρές. Το γεγονός αυτό

συγκλίνει στο ότι οι αφίδες, στο βαμβάκι, καταναλώνουν λιγότερο χρονικό διάστημα ανάμεσα στην επιδερμίδα και στο φλοιώμα, ενώ προτιμούν να προχωρούν στην φάση E2, όπου και τρέφονται απορροφώντας χυμό. Η κατανομή του χρονικού διαστήματος της ώρης καταγραφής στα σχήματα 1, 2, 3 και 4 παρουσιάζουν με περισσότερο παραστατικό τρόπο τη μείωση της φάσης C και την αντίστοιχη αύξηση των φάσεων E1, E2 στο βαμβάκι. Με τον τρόπο αυτό επισημαίνεται για ακόμα μία φορά η καταλληλότητα του βαμβακιού σε σχέση με το κολοκύθι ως ξενιστής των συγκεκριμένων παρθενογενετικών σειρών της αφίδας *A. gossypii* εφόσον της προσφέρει τα θρεπτικά συστατικά που είναι αναγκαία για την ολοκλήρωση του βιολογικού της κύκλου.

Όλες οι μεταχειρίσεις, όσον αφορά τη φάση G, η οποία ταυτίζεται με την πρόσληψη νερού από τα αγγεία του ξύλου, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ούτε ως προς την διάρκεια αλλά ούτε και ως προς τον αριθμό της φάσης αυτής. Το χρονικό δηλαδή διάστημα που καταναλώνουν και οι δύο κλώνοι στα δύο είδη φυτών να μυζούν νερό βρίσκεται σε ένα σταθερό επίπεδο γύρω στα 2600 δευτερόλεπτα. Επίσης, η συχνότητα εμφάνισης της φάσης υποδηλώνει ότι η διάρκεια της νηστείας ήταν τέτοια ώστε να προκαλέσει έλλειψη νερού στην αφίδα.

Η φάση nr κατά την οποία η αφίδα δεν παρουσιάζει καμία διατροφική δραστηριότητα, δεν παρουσίασε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά. Τόσο ο αριθμός, όσο και η διάρκεια που εμφανίζει αυτή η φάση παραμένει σε ένα σταθερό επίπεδο και στις δύο σειρές, στα δύο φυτά που χρησιμοποιούνται στο πείραμα. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει πως οι αφίδες δεν έχουν καμία δυσκολία ως προς τη διάτρηση της επιδερμίδας.

Ο συνολικός αριθμός των πραγματοποιούμενων E1 (στην φάση αυτή η αφίδα εκκρίνει υδατώδη σιέλο στο φλοιώμα) είναι στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερος στο βαμβάκι τόσο στη σειρά 02AGVELC2 όσο και στη σειρά 02AGKTC5. Η αφίδα πλέον διατρέφεται κανονικά και προετοιμάζεται να προχωρήσει στην επόμενη φάση διατροφής E2, όπου και θα απορροφήσει χυμό από το φλοιώμα του ξενιστή. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η καλύτερη ανάπτυξη, διάρκεια ζωής και φυσικά μεγαλύτερος ρυθμός αναπαραγωγής της αφίδας. Εξάλλου η E1 κυματομορφή μπορεί να υποδηλώνει και την πρόσληψη μικρών ποσοτήτων χυμού του φλοιώματος από ένα εξειδικευμένο όργανο γεύσης της αφίδας (Wensler & Filshie, 1969). Από την άλλη πλευρά στο κολοκύθι το χρονικό διάστημα της φάσης αυτής είναι αρκετά μικρό, πράγμα που δεν συμβάλει στην αποδοχή αυτού του φυτού ως κατάλληλου ξενιστή για

τον άριστο πολλαπλασιασμό των συγκεκριμένων παρθενογενετικών σειρών της αφίδας *A. gossypii*.

Στο βαμβάκι επίσης παρουσιάστηκε μεγαλύτερος αριθμός της φάσης E2 και στις δύο προς μελέτη σειρές. Στη φάση αυτή το έντομο απορροφά παθητικά χυμό από το φλοίωμα και συνεπώς προσλαμβάνει όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη του στοιχεία. Η αναπαραγωγή του ευνοείται ενώ ο χρόνος ζωής του αυξάνεται. Αντίθετα, στο κολοκύθι το χρονικό διάστημα που καταναλώνεται από τις αφίδες στη φάση E2 είναι κατά πολύ μικρότερο, πράγμα που εμποδίζει την ομαλή εξέλιξη του εντόμου επάνω στον συγκεκριμένο ξενιστή. Πιθανές αιτίες της μικρής συμμετοχής της φάσης E2 στο συνολικό χρόνο καταγραφής των δύο σειρών στο κολοκύθι είναι: α) Οι κλώνοι της αφίδας *A. gossypii* που μελετήθηκαν συλλέχθηκαν από φυτείες βαμβακιού και όχι από φυτά κολοκυθιού ή άλλου είδους της οικογένειας Cucurbitaceae ώστε να είναι ήδη προσαρμοσμένα σε αυτό το είδος ξενιστή, β) Η ύπαρξη ορισμένων χημικών ενώσεων στο φλοίωμα του κολοκυθιού απωθούν την αφίδα να διατραφεί για μεγάλο χρονικό διάστημα (Kennedy & Kishaba 1977) και γ) Η έλλειψη κατάλληλων ερεθισμάτων (Cues) για να συνεχίσει να τρέφεται.

Με τη συνεκτίμηση των παραπάνω στοιχείων της παρούσας εργασίας προκύπτει ότι : Α) Δεν υπάρχει σημαντική παραλλακτικότητα στις διατροφικές συνήθειες μεταξύ των δύο σειρών, που συλλέχθηκαν από φυτείες βαμβακιού και μελετήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα.

Β) Υπάρχει σημαντική παραλλακτικότητα στις διατροφικές συνήθειες μεταξύ των δύο ξενιστών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, (κολοκύθι – βαμβάκι), με το βαμβάκι να αποτελεί καταλληλότερο ξενιστή.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί πως απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση των διατροφικών συνηθειών σε επιπλέον παρθενογενετικές σειρές που θα προέρχονται από βαμβακοφυτείες και από καλλιέργειες κολοκυθιού και άλλους ξενιστές, ώστε να υπάρξει πλήρης εικόνα των καταλληλότερων ξενιστών για το είδος *A. gossypii* ή και ακόμα να σημειωθεί τυχόν διαφοροποίηση του είδους σε διαφορετικούς βióτυπους. _

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Auclair, J.L. (1963) Aphid feeding and nutrition. *Annu. Rev. Entomol.*, 8: 439 – 490.
- Balch, R.E. (1952) Studies on the balsam woody aphid, *Adelges piceae* (Ratz) and its effect on balsam fir, *Abies balsamea* (L.) Mill. Canadian Department of Agriculture, Ottawa, Publication No. 867, 76pp.
- Baumann, L. and Baumann, P. (1995) Soluble salivary proteins secreted by *Schizaphis graminum*. *Entomol. Exp. Appl.*, 77: 57 – 60.
- Blackman, R.L. (1974) Aphids. Ginn & Company Limited. London and Aylesbury.
- Blackman, R.L. (1974) Life cycle variation in *Myzus persicae* (Sulz) (Hom., Aphididae) in different parts of the world, in relation to genotype and environment. *Bull. Entomol. Res.*, 63: 595 – 607.
- Blackman, R.L. and Eastop, V.F. (1984) Aphids on the World's Crops. Wiley, Chichester, 466pp.
- Blackman, R.L. and Eastop, V.F. (1994) Aphids on the World's Trees. Cab. International.
- Bradley, R.H.E. (1952) Studies on the aphid transmission of a strain of henbane mosaic virus. *Ann. Appl. Biol.*, 39: 78 – 97.
- Brandes, E.W. (1923) Mechanics of inoculation with sugar cane mosaic by insect vectors. *J. Agr. Res.*, 23: 279 – 283.
- Brown, C.M. and Holbrook, F.R. (1976) An improved system for monitoring feeding of aphids. *American Potato Journal*, 53: 457 – 462.
- Brunt, A.A. Crattle, K. Dallwitz, M.J. Gidds A.J. and Watson, L. Viruses of plants. Descriptions and Lists from the VIDE Database. Cab International.
- Caillaud, M.C. (1999) Behavioural correlates of genetic divergence due to host specialization in the pea aphid, *Acyrtosiphum pisum*. *Entom. Exp. Appl.*, 91: 227 – 232.
- Dixon, A.F.G. (1958) Escape responses shown by certain aphids to the presence of the coccinellid, *Adalia decempunctata* (L.) *Trans. R. Entomol. Soc. Lond.*, 10: 319 – 334.
- Dixon, A.F.G. (1998) Aphid Ecology. Chapman and Hall.
- Esau, K., Namba, R. and Rasa, E.A. (1961) Studies on penetration of sugar beet leaves by stylets of *Myzus persicae*. *Higardia*, 30: 517 – 529.

- Evert R.F., Eschrich, W., Eichorn, S.E. and Limbach, S.T. (1973) Observations on penetration of barley leaves by the aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch). *Protoplasma*, 77: 95 – 110.
- Harris, K. F and Bath, J.E. (1973) Regurgitation by *Myzus persicae* during membrane feeding: its likely function in transmission of non-persistent plant viruses. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 66: 793 – 796.
- Harris, K.F. & Maramorosch, K (Editors) (1977a) *Aphids as Virus Vectors*. Academic Press. New York.
- Harris, K.F. (1977b) *Aphids as Virus Vectors*. Academic Press. New York.
- Helden, M. van and Tjallingii, W.F. (1993) Tissue localization of lettuce resistance to the aphid *Nasonovia ribisnigri* using electrical penetration graphs. *Entomol. Exp. Appl.* 68: 269 – 278.
- Hill Ris Lambers, D. (1966) Polymorphism in Aphididae. *Annu. Rev. Entomol.*, 11: 47 – 78.
- Hoggan, I.A. (1933) Some factors involved in aphid transmission of the cucumber – mosaic virus to tobacco. *Agr. Res.*, 47: 689 – 704.
- Huff, C.G. (1931) A proposed classification of disease transmission by arthropods. *Science*, 74: 456 – 457.
- Kassanis, B. (1942) Transmission of tobacco etch viruses by aphids. *Ann. Appl. Biol.*, 28: 238 – 243.
- Kennedy, J.S. and Booth, C.O. (1951) Host alternation in *Aphis fabae* Scop. I. Feeding preferences and recundity in relation to the ages and kind of leaves. *Ann. App. Biol.*, 38: 25 – 64.
- Kennedy, J.S. and Booth, C.O. (1954) Host alternation in *Aphis fabae* Scop. II. Changes in the aphids. *Ann. App. Biol.*, 41: 81 – 106.
- Kennedy, J.S., Day, M.F. and Eastop, V.F. (1962) *A Conspectus of Aphids as Vectors of Plants Viruses*. Commonwealth Institute of Entomology, London, 114pp.
- Kennedy, G. G. & A. N. Kishaba, 1977. Response of alate melon aphids to resistance and susceptible muskmelon lines. *Journal of Econ. Entom.* 70: 407 - 410.

- Kimmins, F.M. and Tjallingii, W.F. (1985) Ultrastructure of sieve element penetration by aphid stylets during electrical recording. *Entomol. Exp. Appl.*, 39: 135 – 143.
- Klingauf, F.A. (1987) Host Plant Finding and Acceptance. In: W. Helle (Editor-in-Chief) *World crop pests. Aphids. Their biology, natural enemies and control. Volume 2A.* Elsevier. pp209 – 220.
- Klingauf, F.A. (1987) Feeding, adaptation and excretion. . In: W. Helle (Editor-in-Chief) *World crop pests. Aphids. Their biology, natural enemies and control. Volume 2A.* Elsevier.
- Klinger, J. Powell, G. Thompson G.A. and Isaacs, R. (1998) Phloem specific aphid resistance in *Cucumis melo* line AR 5: effects on feeding behaviour and performance of *Aphis gossypii*. *Entomol. Exp. Appl.*, 86: 79 – 88.
- McLean, D.L. and Kinsey, M.G. (1964) A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. *Nature*, 202: 1358 – 1359.
- McLean, D.L. and Kinsey, M.G. (1965) Identification of electrically recorded curve patterns associated with aphid salivation and ingestion. *Nature*, 205: 1130 – 1331.
- McLean, D.L. and Kinsey, M.G. (1967) Probing behaviour of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. I. Define correlation of electronically recorded wave forms with aphid probing activities. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 60: 400 – 406.
- McLean, D.L. and Kinsey, M.G. (1968) Probing behaviour of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. III. Effect of temperature differences on certain probing activities. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 61: 927 – 993.
- Mentink, P.J.M., Kimmins, F.M., Harrewijn, P., Dieleman, F.L., Tjallingii, W.F., Van Rheemen, B. and Eenink, A.H. (1984) Electrical penetration graphs combined with stylet cutting in a study of host plant resistance to aphids. *Entomol. Exp. Appl.* 35: 210 – 213.
- Miles, P.W. (1972) The saliva of Hemiptera. *Advances in Insect Physiology*, 9: 183 – 255. *Entomol. Exp. Appl.*, 59: 123 – 134.
- Miles, P.W. and Harrewijn, P. (1995) Discharge by aphids of soluble secretions into dietary sources.

- Mittler, T.E. (1973) Aphid polymorphism as effected by diet. In: A.D. Lowe (Editor), Perspectives in Aphid Biology. Entomological Society of New Zealand, pp. 65 – 75.
- Miyazaki, M. (1987) Forms and morphs of aphids. In: W. Helle (Editor-in-Chief) World crop pests. Aphids. Their biology, natural enemies and control. Volume 2A. Elsevier pp 27 – 47.
- Müller, F.P. (1954) Holozyklie und Anholozyklie bei der grünen Pflirsichblattlaus *Myzodes persicae* (Sulzer). Z. angew. Ent., 36 : 369 – 380.
- Müller, F.P. (1958) Binomische Rassen der grünen Pflirsichblattlaus *Myzodes persicae* (Sulzer). Arch. Freundr NatGesch. Macklelb., 4: 200 – 233.
- O' Loughling, G.T and Chambers, T.S. (1969) The feeding sites in *Sonchus oleraceus* of *Hyperomyzus lactucae*, the aphid vector of lettuce necrotic yellow virus. Austr. J. Biol. Sc., 20: 629 – 637.
- Pettersson, J. (1971) An aphid sex-attractant II – Histological, ethological and comparative studies (Hemiptera – Homoptera, Aphidoidea). Entomol. Scand. 2: 81 – 93.
- Pollard, D.G. (1973) Plant penetration by feeding aphids (Hemiptera; Aphidoidea): a review. Bull. Entomol. Res., 62: 631 – 714.
- Pollard, D.G. (1977) Aphid penetration of plant tissue In: Harris, K.F. & Maramorosch, K. (Editors) Aphids as virus vector. Academic Press. New York. pp 106 – 109.
- Prado, E. and Tjallingii, W.F. (1994) Aphids activities during sieve element punctures. Entomol. Exp. Appl., 157 – 165.
- Richardson, P. (1982) Cereal aphid honeydew production. In: J.H. Visser and A.K. Minks (Editors), Proceeding 5th International symposium on Insect – Plant Reationships. Wageningen, pp. 413 – 414.
- Rivnay, E. (1962) Fied Crop Pest in the Near East. W. Jung, Den Haag.
- Robert, Y. (1987) Dispersion and migration. In: W. Helle (Editor-in- Chief) World crop pests. Aphids. Their biology, natural enemies and control. Volume 2A. Elsevier. pp 229 – 310.
- Rohfritsch, O. (1977) Ultrastacture of the nutritive tissue of *Chermus abietus* L. fundatrix of *Picea exelsa* L. Marsellia, 40: 135 – 149.

- Sauge, M.H. Kervella, J. and Rahbe, Y. (1998) Probing behaviour of the green peach aphid *Myzus persicae* on resistant *Prunus* genotypes. Entomol. Exp. Appl. 89: 223 – 232.
- Saxena, P.N. and Chada, H.L. (1971) The greenbug, *Schizaphis graminum*. I. Mouthparts and feeding habits. Ann. Entomol. Soc. Am., 64: 897 – 904.
- Schaefers, G.A. (1966) The use of direct current electronically recording aphid feeding and salivation. Ann. Entomol. Soc. Am., 59: 1022 – 1024.
- Shepherd, R.J. (1977) Properties and taxonomy of aphid – borne viruses In: Harris, K.F. & Maramorosch, K (Editors) Aphids as virus vectors. Academic Press. New York. pp 125 – 134.
- Smith, K.M. (1926) A comparative study of feeding methods of certain Hemiptera and of the resulting effects upon the plant tissue, special reference to the potato plant. Ann. Appl. Biol., 13:109 – 139.
- Smolarz, S. (1970) Studies on feeding and nutrition of *Hyalopterus pruni* (Geoff.) (Homoptera: Aphididae). Polskie Pismo Entomologiczne, 40: 329 – 343.
- Srivastava, P.N. and Auclair, J.L. (1971) Influence of sucrose concentration on diet uptake and performance by the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. Ann. Entomol. Soc. Am., 64: 739 – 743.
- Srivastava, P.N. (1987) Nutrition Physiology. In: W. Helle (Editor-in-Chief) World crop pests. Aphids. Their biology, natural enemies and control. Volume 2A. Elsevier. pp 99 – 115.
- Sylvester, E. (1988) Virus transmission studies. In: W. Helle (Editor-in-Chief) World crop pests. Aphids. Their biology, natural enemies and control. Volume 2B. Elsevier. pp 69 – 80.
- Sylvester, E.S. (1949) Beet-mosaic virus-green peach aphid relationship. Phytopathology, 39: 417 – 424.
- Sylvester, E.S. (1989) Viruses transmitted by aphids. In: W. Helle (Editor-in-Chief) World crop pests. Aphids. Their biology, natural enemies and control. Volume 2c. Elsevier. pp 65 - 83.
- Taylor, C.E. and Robertson, W.N. (1974) Electron microscopy evidence for the association of tobacco severe etch virus with the maxillae in *Myzus persicae* (Sulz). Phytopathologische Zeitschrift, 80: 257 – 266.

- Tjallingii, W.F. (1978a) Electronic recording of penetration behaviour by aphids. *Entomol. Exp. Appl.*, 24: 721 – 730.
- Tjallingii, W.F. (1978b) Mechanoreceptors of the aphid labium. *Entomol. Exp. Appl.*, 24: 731 – 737.
- Tjallingii, W.F. (1985) Stylet penetration activities by aphids. Thesis, Agricultural University, Wageningen, 100pp.
- Tjallingii, W.F. (1985a) Electrical nature of recorded signals during stylet penetrations by aphids. *Entomol. Exp. Appl.*, 38: 177 – 186.
- Tjallingii, W.F. (1985b) Membrane potential as an indication for plant cell penetration by aphid's stylets. *Entomol. Exp. Appl.*, 40: 89 – 98.
- Tjallingii, W.F. (1987) Stylet penetration activities by aphids: new correlations with electrical penetration graphs. In: *Proceeding of the 6th International Symposium on Insect – Plant Relationship*, Pau, France.
- Tjallingii, W.F. and Hogen Esch (1993). Fine structure of stylet routes in plant tissues in correlation with EPG signals. *Physiol. Entomol.* 18: 317 – 328.
- Tjallingii, W.F. (1988) Electrical recording of stylet penetration activities. In: W. Helle (Editor-in-Chief) *World crop pests. Aphids. Their biology, natural enemies and control*. Volume 2B. Elsevier. pp 95 – 106.
- Van Emden, H.F. Eastop, V.F., Hughes, R.D. and Way, M.J. (1969) The ecology of *Myzus persicae*. *Ann. Rev. Entomol.*, 14: 197 – 270.
- Watson, M.A. (1938) Further studies on the relationship between *Hyoscyamus virus 3*, and the aphid *Myzus persicae* (Sulz) with special reference to the effect of fasting. *Proceeding of the Royal Society of London, Series B*, 125: 144 – 170.
- Watson, M.A. and Nixon, H.L. (1953) Studies on the feeding of *Myzus persicae* (Sulz) on radioactive plants. *Ann. Appl. Biol.*, 40: 537 – 545.
- Watson, M.A. and Roberts, F.M. (1940) Evidence against the hypothesis that certain plant viruses are transmitted by aphids. *Ann. Appl. Biol.*, 27: 227- 233.
- Wensler, R.J.D. (1974) Sensory innervations monitoring movement and position in the mandibular stylets of the aphid, *Brevicoryne brassicae* L.J. *Morphol.*, 143: 349 – 364.



- Wensler, R.J.D. (1977) The fine structure of distal receptors on the labium of the aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera). Cell and Tissue Research, 181: 409 – 421.
- Wensler, R.J.D. and Filshie, B.K. (1969) Gustatory sense organs in the food canal of aphids. J. Morphol., 129: 473 – 492.
- Wilkinson, T.L. and Douglas, A.E. (1998) Plant penetration by pea aphids (*Acyrtosiphon pisum*) of different plant range. Entomol. Exp. Appl., 87: 43 – 50.
- Γεωργόπουλος, Σ.Γ. (1984) Βασικές γνώσεις φυτοπαθολογίας. Αθήνα.
- Τζανακάκης, Μ.Ε. και Κατσόγιαννος, Β.Ι. (1988) Έντομα καρποφόρων δέντρων και αμπέλου. Αγρότυπος.
- Τζανακάκης, Μ.Ε. (1995) Εντομολογία. University studio press. Θεσσαλονίκη.
- Τσιτσιπής, Ι.Α. (2000) Αρχές φυτοπροστασίας. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τσιτσιπής, Ι.Α. (1999) Εφαρμοσμένη Εντομολογία. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τσιτσιπής, Ι.Α. (1999) Γενική Εντομολογία. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Tsitsipis, J.A, Lykouressis, D., Katis, N., Avgelis, A.D., Gargalianou, J., Papapanayotou, A., & Kokinis, G.M. (1998) Aphid species diversity demonstrated by suction trap captures in different areas in Greece. p. 495 – 501. in Nafria & Dixon (Ed.) Aphids in natural managed ecosystems. Universidad de Leon (Secretariado de publicaciones).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074287