



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ



Εισηγητής

Άρης Παπαπαναγιώτου



Σπουδάστριες

Τσάκιρη Δήμητρα
Φαϊτά Ευαγγελία

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

Τρόποι μετάδοσης των φυτικών ιών.....	1
1.1 Μετάδοση με έντομα	1
1.1.1 Εισαγωγή	1
1.1.2 Μετάδοση με αφίδες.....	1
1.1.3 Μη - έμμονοι ιοί.....	2
1.1.4 Ημί – έμμονοι ιοί	3
1.1.5 Έμμονοι ιοί	4

Κεφάλαιο 2

Οι αφίδες ως φορείς φυτικών ιών	7
2.1 Εισαγωγή	7
2.2 Υπεροικογένεια APHIDOIDEA	8
2.3 Οικογένεια APHIDIDAE.....	9
• Βιολογικός κύκλος.....	10

Κεφάλαιο 3

Μη έμμονη μετάδοση των φυτικών ιών από τις αφίδες.....	12
3.1 Εισαγωγή	12
3.2 Αναγνώριση του ξενιστή	13
3.3 Η συμπεριφορά των αφίδων κατά τη διάρκεια της διατροφής και των νυγμάτων δοκιμασίας	15
3.4 Χαρακτηριστικά μη-έμμονου τρόπου μετάδοσης.....	17
3.4.1 Επίδραση της νηστείας που προηγείται στην πρόσληψη του ιού.....	17
3.4.2 Διάρκεια των νυγμάτων πρόσληψης.....	18
3.4.3 Λανθάνουσα περίοδος	19
3.4.4 Διάρκεια των νυγμάτων μόλυνσης	19
3.4.5 Περίοδος διατήρησης της μολυσματικότητας	19

Κεφάλαιο 4

Ομάδες ιών που μεταδίδονται με μη έμμονο τρόπο	21
4.1 Ιοί της οικογένειας Potyviridae.....	21

4.2 Ιοί Potex	22
4.3 Ιοί Carla	22
4.4 Ιοί με πολυγενωμικό RNA (Multicomponent RNA viruses).....	23
4.4.1 Ιός της κηλίδωσης των κουκιών	23
4.4.2 Ιοί Cucumo (Cucumo – viruses)	23
4.4.3 Alfalfa mosaic (μωσαϊκό της μηδικής)	23
4.5 Φυσικές ιδιότητες των μη έμμονων ιών	24
4.5.1 Ο ρόλος της βοηθητικής πρωτεΐνης (helper component)	24

Κεφάλαιο 5

Μονογραφίες των ιών που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη	27
• Εισαγωγή	27
• Ιοί των κολοκυνθοειδών	27
• Ιοί της τομάτας	27
• Ιοί των ψυχανθών	28
• Ιοί των σκιαδανθών (Umbelliferae / Apiaceae)	28
5.1 Ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (Cucumber mosaic virus, CMV)	28
• Συμπτώματα	29
• Καταπολέμηση	33
5.2 Μωσαϊκό της καρπουζιάς 2 (Watermelon mosaic virus 2 wmv 2)	37
• Συμπτώματα	37
• Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης	37
• Καταπολέμηση	38
5.3 Κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς (Zucchini yellow mosaic virus, ZYMV)	39
• Γεωγραφική κατανομή	39
• Εύρος ξενιστών	39
• Συμπτώματα	40
• Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης	41
• Καταπολέμηση	41
5.4 Κοινό μωσαϊκό της τομάτας (Tomato mosaic virus, ToMV)	42
• Συμπτώματα	42
• Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης	44

• Καταπολέμηση	46
5.5 Ιός Υ της πατάτας (Potato virus Y, PVY)	48
• Συμπτώματα	48
• Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης	50
• Καταπολέμηση	51
5.6 Μωσαϊκό της μηδικής (Alfalfa mosaic virus, AMV)	52
• Συμπτώματα	52
• Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης	54
• Καταπολέμηση	54
5.7 Κοινό μωσαϊκό της φασολιάς (Bean common mosaic virus, BCMV)	54
• Συμπτώματα	55
• Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης	57
• Καταπολέμηση	57
• Ιός του μωσαϊκού του σέλινου (Celery mosaic virus, CeMV)	58
• Συμπτώματα	58
• Παθογόνο αίτιο	59
• Κύκλος της ασθένειας – επιδημιολογία	60
• Καταπολέμηση	61

APHIS NERII BOYER DE FONSCOLOMBE

(A. asdepiadis, A. calotropidis) (HEMIPTERA, APHIDIDAE)

κν. κίτρινη αφίδα της πικροδάφνης	62
• Ενήλικο	62
• Γεωγραφική κατανομή	62
• Ξενιστές	62
• Βιολογία – Ζημιές	62
• Μετάδοση φυτικών ιών	63
• Καταπολέμηση	63

Κεφάλαιο 6

Πειραματικό μέρος

Εργασία διαδοχικών μεταδόσεων των ιών CMV, WMV 2, ZYMV, PVY, AMV από την αφίδα της πικροδάφνης *aphis nerii*, επί μολυσμένων φυτών κολοκυθιού και πιπεριάς πριν οι αφίδες καταλήξουν σε υγιή φυτά κολοκυθιού 64

- Εισαγωγή 64
- Υλικά – Μέθοδοι 67
- Αποικίες των αφίδων 67
- Απομονώσεις των ιών 67
- Διεξαγωγή των αφιδομεταδόσεων 68
- Αποτελέσματα – συζήτηση 69

Διερεύνηση της αλληλεπίδρασης των ιών PVY, BCMV, CEMV, AMV, TMV στην ικανότητα μετάδοσης του CMV από το είδος *APHIS NERII* όταν προηγείται και όταν ακολουθεί η πρόσληψη του μωσαϊκού της αγγουριάς από τα έντομα – φορείς 75

- Εισαγωγή 75
- Υλικά – Μέθοδοι 79
 - Αποικίες των αφίδων 79
 - Απομονώσεις των ιών 79
 - Παραγωγή μολυσμένων ιών 80
 - Φυτά – δείκτες 81
 - Πραγματοποίηση των αφιδομεταδόσεων 81
- Αποτελέσματα – Συζήτηση 82

Βιβλιογραφία 86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΩΝ

1.1. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΜΕ ΕΝΤΟΜΑ

1.1.1. Εισαγωγή

Τα έντομα αποτελούν τους κυριότερους φορείς των φυτικών ιών για δύο λόγους. Πρώτο, γιατί μεταδίδουν μεγάλο αριθμό ιών και δεύτερο, γιατί οι εντομομεταδιδόμενοι ιοί είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας. Από τα 381 είδη ζωικών φορέων φυτικών ιών περίπου το 94% ανήκει στο φύλο Αρθρόποδα και το 6% στο φύλο των Νηματωδών (Harris, 1981). Από τα αρθρόποδα-φορείς το 99% είναι έντομα.

Περισσότερα από το 70% των εντόμων-φορέων ανήκουν στην τάξη των Ομοπτέρων. Οι Αφίδες (Οικογ. Aphididae) είναι οι σπουδαιότεροι φορείς αυτής της τάξης. Ακολουθούν κατά σειρά σπουδαιότητας οι οικογένειες Jassidae (Cicadellidae), Membracidae και Delphacidae. Άλλα έντομα-φορείς είναι οι αλευρώδεις (Aleyrodidae), ορισμένα κοκκοειδή (Pseudococcidae), τα κολεόπτερα (Coleoptera) και οι θρίπες (Thysanoptera). Από τις υπόλοιπες ομάδες Αρθροπόδων μόνο τα Ακάρεα (Τάξη Acarina - Οικογ. Eriophyidae), που ανήκουν στην κλάση Arachnida, είναι σημαντικοί φορείς ιών.

Συνήθως οι φορείς ενός ιού ανήκουν σε μια ταξινομική οικογένεια ή γένος, αν και, όπως συμβαίνει σε κάθε κανόνα, υπάρχουν και εξαιρέσεις. Ο ιός π.χ. της δακτυλιωτής κηλίδωσης του καπνού μεταδίδεται με θρίπες (Messieha, 1969), ακάρεα (Thomas, 1969), καθώς και με νηματώδεις.

1.1.2. Μετάδοση με αφίδες

Δυο συστήματα ταξινόμησης έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση των ιών με έντομα. Το πρώτο σύστημα βασίζεται στη χρονική διάρκεια που οι αφίδες παραμένουν ιοφόρες, ενώ το δεύτερο βασίζεται στον τρόπο και τη θέση που βρίσκεται ο ιός στο έντομο κατά τη μετάδοση. Το πρώτο σύστημα, που είναι και το παλιότερο, προτάθηκε από τους Watson και Roberts (1939). Σύμφωνα με αυτό το σύστημα οι ιοί που μεταδίδονται με αφίδες ταξινομούνται ως: (1) μη-έμμονοι και (2) έμμονοι, όταν οι αφίδες παραμένουν ιοφόρες για (1) λίγα λεπτά και (2) μερικές εβδομάδες έως όλη τη διάρκεια της ζωής της αφίδας (διατηρούν τη μετάδοση και μετά την έκδυση). Ο όρος ημι-έμμονος χρησιμοποιήθηκε αργότερα (Sylvester, 1956), για να καλύψει τις περιπτώσεις εκείνες όπου τα έντομα παραμένουν ιοφόρα από μια έως μερικές μέρες.

Αυτή η μέθοδος ταξινόμησης έχει το πλεονέκτημα ότι στηρίζεται σε μια ιδιότητα, όπως η διάρκεια που οι αφίδες παραμένουν ιοφόρες, η οποία εκτιμάται αρκετά εύκολα, ενώ από την άλλη πλευρά είναι γνωστό ότι η ιδιότητα αυτή επηρεάζεται από ορισμένους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η δραστηριότητα των αφίδων πριν και μετά την πρόσληψη του ιού.

Το δεύτερο σύστημα προτάθηκε από τους Kennedy κ.ά., 1962 και έδωσε έμφαση στη θέση συγκράτησης του ιού στο φορέα. Σύμφωνα με αυτό οι ιοί που μεταδίδονται με αφίδες ταξινομούνται ως φερόμενοι επί των στιλέτων ή ως κυκλοφορούντες. Στους φερόμενους επί των στιλέτων ιούς ανήκουν οι μη-έμμονοι, μικρός αριθμός των ημι-έμμονων και μερικοί έμμονοι ιοί σύμφωνα με το προηγούμενο σύστημα ταξινόμησης. Οι κυκλοφορούντες ιοί περιλαμβάνουν την πλειονότητα των έμμονων ιών. Ο όρος κυκλοφορούντες αναφέρεται στη διαδικασία κατά την οποία ο ιός προσλαμβάνεται με το μολυσμένο χυμό, προσροφάται διαμέσου του εντερικού τοιχώματος, μεταφέρεται στους σιελογόνους αδένες και τελικά μεταφέρεται στα υγιή φυτά. Οι κυκλοφορούντες ιοί, οι οποίοι πολλαπλασιάζονται στο σώμα των αφίδων-φορέων, ονομάζονται κυκλοφορούντες-πολλαπλασιαζόμενοι ιοί (Smith, 1965). Αυτό το σύστημα έχει υιοθετηθεί από πολλούς ερευνητές, αλλά δεν υπάρχουν πειραματικά δεδομένα που να αποδεικνύουν ότι οι 'μεταδιδόμενοι μέσω των στιλέτων ιοί' μεταδίδονται πραγματικά με αυτόν τον τρόπο. Υπάρχουν αρκετά δεδομένα που στηρίζουν την άποψη ότι ορισμένοι έμμονοι ιοί κυκλοφορούν στο σώμα των εντόμων-φορέων τους. Το τρίτο σύστημα που προτάθηκε πιο πρόσφατα (Harris, 1983) διαιρεί τους ιούς που μεταδίδονται με έντομα σε δύο κατηγορίες: στους μη-κυκλοφορούντες (περιλαμβάνει τους μη-έμμορους και ημι-έμμορους) και στους κυκλοφορούντες, όπου περιλαμβάνονται μόνον οι έμμονοι (Harris, 1976; 1977α; 1977β; 1979; 1981). Οι κυκλοφορούντες υποδιαιρούνται στους κυκλοφορούντες-πολλαπλασιαζόμενους, όπου περιλαμβάνονται ιοί που πολλαπλασιάζονται στο φορέα, και στους κυκλοφορούντες-μη-πολλαπλασιαζόμενους, ομάδα στην οποία τα μέλη-ιοί δεν πολλαπλασιάζονται στο φορέα.

1.1.3. Μη-έμμονοι ιοί

Περισσότεροι από 100 ιοί, από τους οποίους ορισμένοι είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας, μεταδίδονται με μη έμμοιο τρόπο. Έτσι μεταδίδονται ιοί των γενών *Potyvirus*, *Carlavirus*, *Caulimovirus* (με το είδος *Myzus persicae*), *Cucumovirus*, *Alfavirus* και *Fabavirus*. Τα γένη αυτά περιλαμβάνουν σφαιρικούς και νηματοειδείς

ιούς, ιούς με DNA ή RNA γένωμα, καθώς και ιούς με μονομερές, διμερές και τριμερές γένωμα. Η μετάδοση μ' αυτό τον τρόπο έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- α) Η πρόσληψη του ιού επιτυγχάνεται μετά από νύγματα δοκιμασίας των αφίδων στα ασθενή φυτά διάρκειας λίγων δευτερολέπτων ή λεπτών.
- β) Τα ιοφόρα άτομα έχουν τη δυνατότητα άμεσης μετάδοσης του ιού (δεν απαιτείται λανθάνουσα περίοδος) σε υγιή φυτά μετά από νύγματα δοκιμασίας διάρκειας λίγων δευτερολέπτων ή λεπτών.
- γ) Οι αφίδες διατηρούν τη μολυσματικότητα για λίγα λεπτά έως μερικές ώρες μετά την απομάκρυνσή τους από το ασθενές φυτό, γι' αυτό οι μεταδιδόμενοι μ' αυτόν τον τρόπο ιοί ονομάζονται μη-έμμονοι (Watson και Roberts, 1939).
- δ) Οι μη-έμμονοι ιοί μεταφέρονται επάνω ή κοντά στα στοματικά μόρια των εντόμων και δεν πολλαπλασιάζονται στους ιστούς του φορέα. Ο ιός δεν εισέρχεται στο μεσοέντερο του φορέα, γι' αυτό οι αφίδες χάνουν την ιοφόρο ικανότητα μετά την έκδυση.

Η αποτελεσματικότητα μετάδοσης των μη-έμμονων ιών αυξάνεται, όταν τα έντομα υποβάλλονται σε νηστεία (για λίγα λεπτά ή μερικές ώρες), πριν τους επιτραπούν νύγματα δοκιμασίας σε μολυσμένα φυτά (Watson, 1972). Τα νύγματα δοκιμασίας των εντόμων μετά από νηστεία, είναι συνήθως μικρής διάρκειας (δευτερολέπτων ή λίγων λεπτών), γεγονός που ευνοεί την πρόσληψη των μη έμμονων ιών. Επειδή η πρόσληψη αλλά και η μετάδοση των μη-έμμονων ιών από τις αφίδες-φορείς επιτυγχάνεται με νύγματα δοκιμασίας διάρκειας ακόμη και 10 δευτερολέπτων, πιστεύεται ότι τόσο η πρόσληψη όσο και η μετάδοση των ιών αυτών γίνεται στα επιδερμικά κύτταρα του ξενιστή. Η παρουσία των ιών αυτών στα επιδερμικά κύτταρα των ξενιστών τους δικαιολογεί την σχετικά εύκολη μετάδοσή τους μηχανικά (με χυμό στο εργαστήριο).

1.1.4. Ημι-έμμονοι ιοί

Περίπου 15 ιοί μεταδίδονται με ημι - έμμοιο τρόπο. Απ' αυτούς οι καλύτερα μελετημένοι είναι ο ίκτερος των τεύτλων και η τριστέσσα των εσπεριδοειδών (Raccah κ.ά., 1976). Τα ισωμάτια του ιού του ίκτερου των τεύτλων είναι εύκαμπτα νηματοειδή (μήκος 1 ως 2 μm), εντοπίζονται στο φλοίωμα των ασθενών φυτών και προκαλούν ίκτερο των φύλλων των τεύτλων. Με ημι-έμμοιο τρόπο μεταδίδεται επίσης και ο ιός της κίτρινης στιγμάτωσης του καρότου, ο οποίος είναι πολυεδρικός με διάμετρο ιωσωματίων 30 nm. Κατ' ουσία οι ιοί αυτοί είναι μη-έμμοιοι, με την έννοια ότι δεν κυ-

κλοφορούν στο σώμα των εντόμων (Harris, 1981), αλλά τα έντομα-φορείς διατηρούν την ικανότητα μετάδοσης μέχρι 3 έως 4 ημέρες. Ο ελάχιστος χρόνος πρόσληψης των ημι-έμμονων ιών είναι 30 λεπτά, αν και η αποτελεσματικότητα μετάδοσης είναι μεγαλύτερη, όταν ο χρόνος πρόσληψης αυξάνεται σε μερικές ώρες. Όπως και οι έμμονοι ιοί, οι ημι-έμμονοι εντοπίζονται συνήθως στο φλοιώμα των ασθενών φυτών και συνεπώς οι αφίδες πρέπει να έλθουν σε επαφή μ' αυτούς τους ιστούς προκειμένου να προσλάβουν και να τους μεταδώσουν. Η νηστεία των αφίδων πριν από τα νύγματα διατροφής στα μολυσμένα φυτά δεν αυξάνει την αποτελεσματικότητα μετάδοσης των ημι-έμμονων ιών. Τέλος, οι ημι-έμμονοι ιοί δεν μεταδίδονται μετά την έκδυση των αφίδων.

1.1.5. Έμμονοι ιοί

Οι ιοί που μεταδίδονται με έμμονο τρόπο (Πίνακας 1) έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- α) Για την πρόσληψη του ιού απαιτείται τροφική δραστηριότητα μεγάλης διάρκειας στο μολυσμένο ξενιστή. Αν και μερικά είδη αφίδων μεταδίδουν έμμοτους ιούς, όταν διατρέφονται στο μολυσμένο ξενιστή για 20 μόνο λεπτά (Watson, 1972), η αποτελεσματικότητα μετάδοσης αυξάνεται, όταν ο χρόνος διατροφής κυμαίνεται από 6 έως 24 ώρες.
- β) Απαιτείται μια λανθάνουσα περίοδος, μεγαλύτερη των 12 ωρών από την πρόσληψη του ιού από το φορέα μέχρι τη στιγμή που γίνεται μολυσματικός.
- γ) Τα έντομα διατηρούν την ικανότητα μετάδοσης των ιών τουλάχιστον για μία εβδομάδα ή, στις περισσότερες περιπτώσεις, για όλη τη διάρκεια της ζωής τους.
- δ) Τα ιοφόρα άτομα διατηρούν τη μολυσματικότητα και μετά την έκδυση, ένα χαρακτηριστικό που ονομάζεται "μετάδοση του ιού από στάδιο σε στάδιο".

Οι έμμονοι ιοί διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: σ' αυτούς, όπως ο ιός του κίτρινου νανισμού του κριθαριού (BYDV), που δεν πολλαπλασιάζονται στο φορέα (Paliwal και Sinha, 1970) και σ' αυτούς που πολλαπλασιάζονται εντός του σώματος του φορέα, όπως είναι ο ιός του νεκρωτικού ίκτερου του μαρουλιού (Ο' Loughlin και Chambers, 1967). Κατά τη διάρκεια της λανθάνουσας περιόδου οι έμμονοι ιοί κυκλοφορούν στο σώμα των εντόμων. Η κυκλοφορία του ιού γίνεται από το σώμα στον πεπτικό σωλήνα, στην αιμολέμφο και καταλήγει στους σιελογόνους αδένες απ' όπου με το σάλιο εισάγεται κατά τη διατροφή στο υγιές φυτό.

Οι έμμονοι ιοί που πολλαπλασιάζονται στο φορέα ονομάζονται "πολλαπλα-

σιαζόμενοι ιοί” και μερικές φορές μεταδίδονται με τα αυγά του φορέα στους απογόνους. Αυτός ο τρόπος ‘μετάδοσης’ του ιού ονομάζεται ‘μετάδοση με τα αυγά’ και αποδείχτηκε ότι συμβαίνει με τον ιό των κίτρινων νεύρων ενός είδους ζωχού (*Sonchus arvensis*) στο φορέα *Hyperomyzus lactucae* (Sylvester και Richardson, 1969).

Σε αντίθεση με τους μη-έμμονους ιούς, οι οποίοι μεταδίδονται με μεγάλο αριθμό ειδών αφίδων, τα περισσότερα των οποίων δεν έχουν ως ξενιστή τον ξενιστή του ιού, οι έμμονοι ιοί εμφανίζουν υψηλό βαθμό εξειδίκευσης στη σχέση τους με το φορέα. Καταρχήν, η μετάδοση των έμμονων ιών γίνεται μόνο από είδη αφίδων που ξενίζουν τον ξενιστή του ιού. Έτσι ο ιός του καρουλιάσματος των φύλλων της πατάτας (PLRV) μεταδίδεται από τα είδη *Myzus persicae*, *Aphis nasturtii*, *Myzus ascalonicus*, *Aphis fabae* και *Macrosiphum euphorbiae* που έχουν ως ξενιστή την πατάτα. Η αποτελεσματικότητα μετάδοσης δεν αυξάνεται, όταν τα έντομα υποβληθούν σε νηστεία, πριν τραφούν στα ασθενή φυτά. Οι έμμονοι ιοί εντοπίζονται κυρίως στο φλοιώμα των φυτών. Αυτός είναι ο λόγος που οι περισσότεροι δε μεταδίδονται μηχανικά με χυμό (Peters, 1971).

Πίνακας 1. Παραδείγματα ιών που μεταδίδονται με αφίδες (από: Κατής, 1996α)

Ιός	Φορέας	Τρόπος μετάδοσης
Ευλογιά της δαμασκηνιάς	<i>Myzus persicae</i>	Μη-έμμοнос
Μωσαϊκό της μηδικής	Διάφορα είδη	"
Κοινό μωσαϊκό της φασολιάς	<i>Acyrtosiphum pisum</i> *	"
Κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς	<i>M. persicae</i>	"
Κίτρινο μωσαϊκό της φασολιάς	<i>M. pisum</i> *	"
Μωσαϊκό των τεύτλων	<i>Myzus persicae</i> *	"
Μωσαϊκό της αγγουριάς	Διάφορα είδη	"
Μωσαϊκό με νανισμό του καλαμποκιού	<i>Rhopalosiphum maydis</i>	"
Μωσαϊκό του μαρουλιού	<i>M. persicae</i> *	"
Ιός Υ της πατάτας	<i>M. persicae</i> *	"
	<i>B. helichrysi</i>	
Μωσαϊκό της σόγιας	<i>A. pisum</i> *	"
Αφιδομεταδιδόμενος ίκτερος των κολοκυνθοειδών	<i>Aphis gossypii</i> , <i>M. persicae</i>	έμμοнос
Καρούλιασμα των φύλλων της πατάτας	<i>M. persicae</i>	"
Κίτρινος νανισμός του κριθαριού	<i>Acyrtosiphum dirhodum</i> * <i>M. persicae</i> *	έμμοнос
Νεκρώτικός ίκτερος του μαρουλιού	<i>Hyperomyzus lactucae</i>	έμμοнос
Μωσαϊκό με γλωσσίδα του μπιζελιού	<i>A. pisum</i> *	έμμοнос
Ίκτερος των τεύτλων	<i>M. persicae</i> *	ημι-έμμοнос
Τριστέτσα	<i>Toxoptera citricida</i>	ημι-έμμοнос

*Αναφέρεται μόνον ο πιο αποτελεσματικός φορέας του ιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΙ ΑΦΙΔΕΣ ΩΣ ΦΟΡΕΙΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΩΝ

2.1. Εισαγωγή

Τα περισσότερα από τα 228 είδη αφίδων τα οποία έχουν αναφερθεί ως φορείς ιών ανήκουν στην υποοικογένεια *Aphidinae*, η οποία περιλαμβάνει τα γένη *Aphis*, *Myzus* και *Macrosiphum*.

Τα *Aphidinae* είναι πιθανότατα σημαντικότερα από τις υπόλοιπες υποοικογένειες γιατί οι πτερωτές μορφές τους πετούν σε μεγάλους αριθμούς στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών. Τα *Aphidinae* συνήθως υπερτερούν αριθμητικά στο σύνολο όλων των άλλων υποοικογενειών (όπως αποτυπώνεται η παρουσία τους σε συλλήψεις παγίδων) κατά μια αναλογία 3:1 και η αναλογία μπορεί να επεκταθεί έως και 20:1. Παρομοίως, εντός της υποοικογένειας *Aphidinae* μερικά είδη μπορεί να είναι τόσο άφθονα ώστε ακόμα και αν είναι σχετικά ανεπαρκείς ('αδύναμοι') ως φορείς να αποβαίνουν οι σημαντικότεροι. Για παράδειγμα, οι πτήσεις μεγάλου αριθμού ατόμων του είδους *Brachycaudus helichrysi* στη Δυτική Ευρώπη και του *Aphis citricola* στη Μεσόγειο μπορούν να οδηγήσουν σε αξιοσημείωτη εξάπλωση ιών σε καλλιέργειες τις οποίες δεν αποικίζουν.

Πίνακας 2. Είδη-φορείς φυτικών ιών των *Aphidoidea* κατά οικογένειες και υποοικογένειες (από: Eastop, 1983)

Οικογένεια και Υποοικογένεια	Αριθμοί ειδών παγκοσμίως	Αριθμός ειδών φορέων / ειδών που ελέγχθηκαν
Aphididae		
Lachninae	347	1/4
Chaitophorinae	141	6/14
Drapanosiphinae	446	14/20
Aphidinae	2229	200/236
Greenideinae	127	0/0
Phloeomyzinae	1	0/0
Anoeciinae	32	0/3
Hormaphidinae	171	0/0
Pemphiginae	226	4/9
Adelgidae	57	1/1
Phylloxeridae	69	1/1
Σύνολο	3846	227/288

2.2. Υπεροικογένεια APHIDOIDEA

Στην υπερικογένεια αυτή των Ομοπτέρων ανήκουν πολλοί εχθροί των καλλιεργούμενων φυτών. Είναι μικρόσωμα έντομα με μαλακό σώμα, λεπτά και συνήθως με μακρὰ πόδια με διάρθρους ταρσούς και με κεραίες από 1 έως 6 άρθρα. Οι πτερωτές μορφές έχουν 2 ζεύγη διαφανών πτερυγών. Τα πλείστα είδη είναι πολυμορφικά. Οι διαφορετικές μορφές παρατηρούνται σε διαφορετικές γενεές ή (μερικές) και στην ίδια γενεά. Οι πιο συνηθισμένες μορφές είναι: άπτερα, πτερωτά, με αναπτυγμένα ή με ατροφικά στοματικά μόρια και άτομα του ίδιου φύλου με διαφορετικό αναπαραγωγικό σύστημα όπως θηλυκά ζωοτόκα παρθενογενετικά, ωοτόκα παρθενογενετικά ή ωοτόκα γονιμοποιούμενα. Στην αναπαραγωγή τους παρατηρείται ωοτοκία, ζωοτοκία, παρθενογένεση, εγγενής αναπαραγωγή και γενεές με λίγα ή καθόλου αρσενικά. Ως προς τα ήθη τους παρατηρούνται: 1) εναλλαγή φυτών-ξενιστών (μετανάστευση σε άλλο είδος ή είδη φυτων), 2) διαφορετικοί τρόποι ζωής στο ίδιο είδος φυτού-ξενιστή, και 3) διαφορετικοί τρόποι ζωής σε άτομα της ίδια γενεάς.

Όλες οι παραπάνω περιπτώσεις μπορεί να συμβαίνουν σε ένα είδος, στα πιο πολλά όμως είδη συμβαίνουν μόνο ορισμένες. Στα είδη με δύο ξενιστές παρατηρείται στον πρωτεύοντα μεν ξενιστή ο λεγόμενος πλήρης αναπαραγωγικός ετήσιος κύκλος, στον δευτερεύοντα δε ξενιστή ο λεγόμενος μεταναστευτικός ετήσιος κύκλος.

Στα μεταναστευτικά είδη παρατηρούνται οι εξής κυρίως τρόποι ή μορφές ατόμων κατά σειρά εμφανίσεως, αρχίζοντας από την άνοιξη:

- 1) *Fundatrices* (θεμελιωτικά ή ιδρυτικά). Βγαίνουν από τα χειμερινά αυγά, στον κύριο ξενιστή. Είναι συνήθως άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά, ωοτόκα ή ζωοτόκα. Αναπτύσσονται την άνοιξη στον κύριο ξενιστή.
- 2) *Fundatrigeniae*. Άπτεροι παρθενογενετικοί, θηλυκοί απόγονοι των ιδρυτικών. Παράγονται συνήθως την άνοιξη και ζουν στον κύριο ξενιστή, σε περισσότερες από μία γενεές.
- 3) *Migrantes* (μεταναστευτικά). Παράγονται σε περισσότερες γενεές στον κύριο ξενιστή, μαζί με τα *fundatrigeniae*, αλλά συνήθως από τη 2η γενεά και μετά. Είναι πτερωτά παρθενογενετικά άτομα και μεταναστεύουν στο δευτερεύοντα ξενιστή, όπου δίνουν απογόνους.
- 4) *Alienicolae*. Γεννιούνται στο δευτερεύοντα ξενιστή σε περισσότερες από μία γενεές, από άνοιξη ως φθινόπωρο. Είναι απόγονοι των μεταναστευτικών και είναι παρθενογενετικά άπτερα ή πτερωτά. Τα πτερωτά μπορεί να μεταναστεύουν σε άλλα φυτά του δευτερεύοντα ή του πρωτεύοντα ξενιστή.

- 5) Sexuparae. Είναι παρθενογενετικά πτερωτά ή άπτερα, ωοτόκα ή ζωοτόκα. Στα ωοτόκα τα αυτά που δίνουν θηλυκά άτομα είναι μεγαλύτερα. Τα φυλογόνα παράγονται συνήθως στο δευτερεύοντα ξενιστή και είναι τέκνα της τελευταίας γενεάς των alienicola. Τα πτερωτά μεταναστεύουν και ωοτοκούν (τέλη θέρους με φθινόπωρο) στον πρωτεύοντα ξενιστή, όπου γεννούν τα έμφυλα. Τα μη πτερωτά (στα είδη όπου αυτά συμβαίνει) γεννούν στο δευτερεύοντα ξενιστή πτερωτά αρσενικά που θα μεταναστεύουν στον πρωτεύοντα ξενιστή.
- 6) Sexuales (Έμφυλα ή αμφιγονικά, δηλαδή αρσενικά και θηλυκά). Εμφανίζονται μόνο μία φορά το έτος, συνήθως το φθινόπωρο. Τα θηλυκά είναι σχεδόν πάντα άπτερα και γεννιούνται στον πρωτεύοντα ξενιστή από τα φυλογόνα. Αφού συζευχθούν, γεννούν ένα ή λίγα χειμερινά αυτά. Τα αρσενικά που γεννιούνται στο δευτερεύοντα ξενιστή (σε όσα είδη συμβαίνει αυτό) είναι πτερωτά και μεταναστεύουν στον πρωτεύοντα ξενιστή για να συζευχθούν με τα θηλυκά. Τα έμφυλα άτομα έχουν κατά κανόνα ατροφικά στοματικά μόρια και δεν τρέφονται.

Στα μεταναστευτικά είδη η διαχείμαση γίνεται κατά κανόνα στο στάδιο του αυγού. Σε περιοχές όμως με ήπιο χειμώνα είναι δυνατή και η διαχείμαση σε άλλα στάδια και κυρίως του ενήλικου παρθενογενετικού θηλυκού συνήθως σε δευτερεύοντα ξενιστή και σπανιότερα σε πρωτεύοντα. Είναι δηλαδή δυνατή και η διαίωσιση του είδους σε δευτερεύοντα ξενιστή ή ξενιστές χωρίς τη μεσολάβηση του πρωτεύοντα. Οι φυσιολογικοί μηχανισμοί που ρυθμίζουν την εναλλαγή ξενιστών και τη δημιουργία πτερωτών ή άπτερων μορφών στα Aphidoideae δεν είναι πλήρως γνωστοί. Ανάμεσα στους παράγοντες που παρεμβαίνουν είναι η θερμοκρασία, η διάρκεια της φωτοπεριόδου, ο συνωστισμός και η φυσιολογική κατάσταση του αναπτυσσόμενου φυτού ξενιστή.

2.3. Οικογένεια APHIDIDAE

Είναι πολύ γνωστά έντομα στον αγρότη και στο μέσο άνθρωπο, με τα κοινά ονόματα μελίγκρα, φυτοφθείρες. Είναι μικρά μαλακά έντομα μήκους συνήθως 1-3 και σπάνια ως 7 mm. Έχουν μακρύ ρύγχος και κεραίες αποτελούμενες από 3-6 άρθρα. Εκτός από τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά της υπεριοικογένειας όπου ανήκουν, οι πιο πολλές αφίδες έχουν στα νώτα του 5ου κοιλιακού δακτυλίου ένα ζευγάρι σωληνόμορφων αποφύσεων που λέγονται “σίφωνες” ή “κεράτια” και στην άκρη της κοιλιάς μια απόφυση που λέγεται ουρίτσα ή ουρά (cauda). Οι σίφωνες είναι οι εκφο-

ρητικοί αγωγοί αδένων που παράγουν φερομόνες συναγερμού (alarm pheromones). Όταν η αφίδα προσβληθεί από ένα αρπακτικό έντομο ή κάποιο παράσιτο, εκλύει τις κηρώδους φύσεως φερομόνες που προκαλούν διασπορά-διαφυγή των γύρω της αφίδων. Οι αφίδες ζουν κυρίως στην επάκρια βλάστηση (τρυφερούς βλαστούς και τρυφερά φύλλα διαφόρων φυτών). Μερικά είδη είναι ριζόβια ή φυλλόβια και ριζόβια και αρκετά είναι κηκιδόβια, ζουν δηλαδή μέσα σε κηκίδες που τα ίδια δημιουργούν στο φύλλωμα των φυτών-ξενιστών τους. Ζουν συνήθως σε ομάδες το ένα κοντά στο άλλο με την κεφαλή συνήθως προς τη βάση του βλαστού ή του φύλλου.

Οι αποικίες τους την άνοιξη μπορεί να σκεπάσουν ολόκληρο το κορυφαίο μέρος νέων βλαστών ορισμένων φυτών. Τα θηλυκά των παρθενογενετικών γενεών είναι στις αφίδες ζωοτόκα ενώ της γενεάς που αναπαράγεται εγγενώς, ωοτόκα.

Βιολογικός κύκλος

Στις αφίδες παρατηρούνται οι διάφορες μορφές που ήδη αναφέρθηκαν στην υπεροικογένεια *Aphidoidea*. Τα διάφορα είδη αφίδων από πλευρά ετήσιου κύκλου ζωής κατατάσσονται σε μεταναστευτικά και σε μη μεταναστευτικά.

Στα μεταναστευτικά είδη είναι απαραίτητοι δύο τουλάχιστον ξενιστές: ο κύριος ξενιστής, όπου το έντομο αναπτύσσεται και εγγενώς, δηλαδή το είδος του φυτού όπου γίνεται η σύζευξη αρσενικών και θηλυκών ατόμων και γεννιούνται τα χειμερινά αυγά και ο δευτερεύοντας ξενιστής, όπου τα έντομα αναπτύσσονται μόνο αγενώς (παρθενογενετικά). Ένας συνηθισμένος ετήσιος κύκλος ενός μεταναστευτικού είδους αφίδας είναι ο εξής: τα χειμερινά αυγά (ένα ή λίγα) γεννιούνται και εναποτίθενται από το γονιμοποιημένο θηλυκό το φθινόπωρο στο φλοιό του κύριου ξενιστή. Την άνοιξη τα αυγά εκκολάπτονται και δίνουν άπτερα παρθενογενετικά ζωοτόκα θηλυκά. Αυτά δίνουν νέα γενεά όμοιων θηλυκών, που μπορεί να περιέχει και λίγα πτερωτά θηλυκά. Ακολουθούν κι άλλες παρθενογενετικές γενεές αλλά με αυξανόμενο το ποσοστό των πτερωτών θηλυκών. Τα πτερωτά αυτά θηλυκά διασπείρονται σε άλλα φυτά του δευτερεύοντα ξενιστή (ή ξενιστών), όπου δημιουργούν νέες αποικίες πτερωτών ή άπτερων παρθενογενετικών ατόμων. Την άνοιξη, το θέρος και τις αρχές φθινοπώρου, στο δευτερεύοντα ξενιστή, η μια γενεά διαδέχεται την άλλη όπως και στον πρωτεύοντα. Τα τέλη του θέρους ή το φθινόπωρο από άπτερα άτομα παράγονται στο δευτερεύοντα ξενιστή φυλογόνα στον κύριο ξενιστή. Έτσι κλείνει ο ετήσιος κύκλος ζωής. Στα μεταναστευτικά είδη, δηλαδή σε είδη με υποχρεωτική μετανάστευση (σε ορισμένες τουλάχιστον περιοχές της γης), είναι απαραίτητοι δύο τουλάχιστον ξενι-

στές, διότι τα φυλογόνα άτομα παράγονται μόνο στο δευτερεύοντα ξενιστή και ο ετήσιος κύκλος δεν μπορεί να συμπληρωθεί μόνο στον κύριο ξενιστή. Σε άλλες όμως περιοχές της γης παράγονται έμφυλα άτομα και από άπτερα που μένουν στον κύριο ξενιστή, οπότε μπορούμε να πούμε ότι ο δευτερεύοντας ξενιστής δεν είναι απαραίτητος. Γενικά, είδη με μη υποχρεωτική μετανάστευση είναι περισσότερο πολυφάγα από τα άλλα.

Οι αφίδες αφαιρούν μεγάλη ποσότητα χυμού από τα φυτά και το νύγμα πολλών ειδών προκαλεί συστροφή των φύλλων πράγμα που τις προστατεύει από το ψεκαστικό υγρό και δυσκολεύει την καταπολέμησή τους όταν δεν γίνει πολύ νωρίς.

Οι αφίδες είναι άφθονες την άνοιξη και το φθινόπωρο και γενικά με μετρίως θερμό και υγρό καιρό. Αντίθετα, το καλοκαίρι ο ζεστός και ξηρός καιρός δεν ευνοεί την συνεχή αναπαραγωγή τους και οι πληθυσμοί τους περιορίζονται σημαντικά. Το ότι με φυσικές συνθήκες οι αφίδες δεν καταστρέφουν τελείως την φυτική παραγωγή οφείλεται κατά μέγα μέρος στους πολλούς και αποτελεσματικούς φυσικούς εχθρούς τους. Ανάμεσα στους εχθρούς αυτούς συγκαταλέγονται είδη διπτέρων (Syrphidae, Cecidomyiidae), Νευρόπτερων (Hemerobiidae, Chrysopidae) κ.ά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΗ ΕΜΜΟΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΙΚΩΝ ΙΩΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΦΙΔΕΣ

3.1. Εισαγωγή

Δύο κύρια συστήματα ταξινόμησης έχουν χρησιμοποιηθεί για την ταξινόμηση του τρόπου μετάδοσης των ιών από τις αφίδες. Το ένα σύστημα βασίζεται στη διάρκεια του χρόνου κατά τον οποίο οι φορείς συγκρατούν (διατηρούν) τον ιό ενώ το άλλο βασίζεται στο πού και πώς ο ιός μεταφέρεται από τον φορέα.

Το δεύτερο σύστημα (το παλιότερο εκ των δύο) προτάθηκε από τους Watson και Roberts (1939). Σύμφωνα με το σύστημα αυτό οι ιοί οι οποίοι μεταδίδονται με αφίδες ταξινομούνται ως: 1) μη-έμμονοι, 2) ημι-έμμονοι (Sylvester 1956) ή 3) έμμονοι εξαρτώμενοι από το αν ο ιός συγκρατείται εύκολα 1) για λεπτά, 2) για αρκετές ώρες έως ημέρες, ή 3) για εβδομάδες έως και όλη τη διάρκεια ζωής του εντόμου (διάμεσου μιας έκδυσης). Αυτή η μέθοδος ταξινόμησης διαθέτει το πλεονέκτημα της χρησιμοποίησης (αξιοποίησης) μιας εύκολα καθοριζόμενης ιδιότητας, αλλά η αξία του μειώνεται κατά κάποιο τρόπο από το γεγονός ότι η συγκράτηση του ιού μπορεί να κυμαίνεται, επηρεαζόμενη από παράγοντες όπως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η δραστηριότητα εκτέλεσης νυγμάτων δοκιμασίας του φορέα πριν ή μετά την πρόσληψη του ιού. Το δεύτερο σύστημα προτάθηκε από τον Kennedy κ.ά. (1962). Οι ερευνητές αυτοί ταξινόμησαν τους ιούς σε μεταδιδόμενους μέσω του στίλετου και σε κυκλοφορούντες. Οι μεταδιδόμενοι με το στίλετο ιοί συμπεριλαμβάνουν όλους αυτούς τους γνωστούς ως μη-έμμορους, μαζί με μερικούς ημι-έμμορους ακόμα και κάποιους έμμορους ιούς.

Οι κυκλοφορούντες ιοί συνιστούν την κύρια μάζα των έμμορων ιών. Ο όρος κυκλοφορών αναφέρεται σε μία διαδικασία κατά την οποία ο ιός στον μολυσμένο χυμό, απορροφάται και εισέρχεται διαμέσου του εντερικού τοιχώματος του φορέα μεταφέρεται στον σιελογόνο αδένα και “μεταβιβάζεται” κατά τη διάρκεια των νυγμάτων δοκιμασίας, μολύνοντας τα φυτά καθώς περιέχεται στο σάλιο. Οι κυκλοφορούντες ιοί οι οποίοι επιπλέον πολλαπλασιάζονται στους φορείς τους, περιγράφηκαν ως κυκλοφορούντες - πολλαπλασιαζόμενοι (Smith, 1965). Αυτό το σύστημα της ταξινόμησης έγινε ευρέως αποδεκτό, αλλά μειονεκτεί λόγω έλλειψης αποδείξεων του ότι οι επονομαζόμενοι μεταδιδόμενοι με στίλετο ιοί μεταφέρονται πράγματι μέσω των στίλετων. Υπάρχουν επαρκείς αποδείξεις για ορισμένους έμμονα μεταδιδόμενους ιούς

ότι ο ιός κυκλοφορεί δια μέσω του φορέα και συχνότερα έχει προταθεί ότι ο όρος κυκλοφορών θα πρέπει να διατηρηθεί αλλά ο αντίστοιχος “μεταδιδόμενος με σιλέτο” θα έπρεπε να αντικατασταθεί από τον όρο μη κυκλοφορών (ο οποίος συμπεριλαμβάνει τις υποκατηγορίες μη έμμοнос και ημιέμμοнос). Παρόλα αυτά, η καταχώρηση των περισσότερων ιών στη μία ή την άλλη κατηγορία βασίζεται ακόμα στην εμμονή (διάρκεια διατήρησής τους) στον φορέα.

3. 2. Αναγνώριση του ξενιστή

Αφότου προσγειωθούν πάνω σε ένα φυτό, οι αφίδες μετακινούνται πάνω στην επιφάνεια, ελέγχοντάς την με τις κεραίες τους και πραγματοποιώντας νύγματα δοκιμασίας με τα στοματικά τους μόρια. Οι κεραίες είναι εφοδιασμένες με πολλά αισθητήρια (sensilla) μεταξύ των οποίων ανήκουν και ορισμένα των οποίων η δομή και οι ηλεκτροφυσιολογικές αντιδράσεις υποδεικνύουν ότι χρησιμοποιούνται για λήψη χημικών ερεθισμάτων (chemoreception) - χημειούποδοχείς - από μικρές αποστάσεις ή για την αίσθηση της γεύσης και την αντίληψη της φυλλικής επιφάνειας.

Τα αισθητήρια στο άκρο της προβοσκίδας είναι δύο τύπων: υποδοχείς αφής (tactile receptors) και υποδοχείς χημικών ερεθισμάτων (chemoreceptors). Οι υποδοχείς αφής αντιδρούν στην επαφή και τη δομή της επιφάνειας και επιτρέπουν στις αφίδες να επισημάνουν και να επιλέξουν το περίγραμμα των νεύρων, σημείο που συνιστά το προτιμητέο σημείο διατροφής πολλών διαφορετικών ειδών αφίδων. Οι υποδοχείς των χημικών ερεθισμάτων πιθανώς αναγνωρίζουν το προϊόν της αλληλεπίδρασης μεταξύ του σιέλου των αφίδων και της επιδερμίδας των φυτών. Παρόλο που τα σιλέτα των στοματικών μορίων περιέχουν νεύρα, δεν έχουν υπάρξει ούτε μορφολογικές αλλά ούτε και ηλεκτροφυσιολογικές αποδείξεις για ύπαρξη υποδοχέων χημικών ερεθισμάτων στα άκρα των σιλέτων. Παρόλα αυτά στο νωτιαίο τοίχωμα του “καναλιού διατροφής” (food canal) στη βάση των σιλέτων και προσθίως του διαστολέα μυός της αντλίας λήψεως τροφής (cibarial pump) υπάρχει μια ‘κατασκευή’ που παρουσιάζει την τυπική δομή ενός χημικού υποδοχέα επαφής. Το όργανο αυτό βρίσκεται σε άμεση επαφή με υγρό στο κανάλι διατροφής και πιθανώς εντοπίζει χημικές ουσίες στο χυμό που λήφθηκε (καταπόθηκε).

Καθώς οι αφίδες μετακινούνται και πραγματοποιούν νύγματα δοκιμασίας πάνω στην επιφάνεια του φυτού συλλέγουν πληροφορίες όσο αφορά τις φυσικές ιδιότητες και τη χημεία της επιφάνειας καθώς και την εσωτερική χημεία του φυτού. Αυτή η αρχική έρευνα της επιφάνειας εμπεριέχει μικρή ή και καθόλου διεξόδυση του σιλέ-

του, αλλά συχνά επιτρέπει σε μια αφίδα να αισθανθεί την καταλληλότητα ενός φυτού μέσα σε διάστημα 60 sec. Αυτό είναι το διάστημα το οποίο απαιτεί μια αφίδα για να διεισδύσει στην επιδερμίδα και να εκκρίνει το σάλιο στην επιφάνεια. Αφότου εγκατασταθεί μία αφίδα πραγματοποιεί βαθιά νύγματα μέσα στο φυτό.

Επιπλέον, καθώς οι αφίδες κάνουν δοκιμαστικά νύγματα στους φυτικούς ιστούς εκκρίνουν σάλιο το οποίο διαμορφώνει (σχηματίζει) ένα “στεφάνι” (sheath) γύρω από τα στιλέτα. Το στεφάνι αυτό ‘αποτελούμενο’ από σάλιο, προσφέρει σταθερότητα στα πολύ εύκαμπτα στιλέτα και επιτρέπει στις αφίδες να ελέγχουν την κατεύθυνση του νύγματος δοκιμασίας εμποδίζοντας την κάμψη τους (εκτός από το άκρο των στιλέτων). Το στεφάνι των στιλέτων συνήθως καταλήγει στο φλοιώμα, υποδηλώνοντας ότι οι αφίδες τρέφονται από τους ηθμώδεις σωλήνες (sieve tubes). Ο χυμός του φλοιώματος βρίσκεται υπό πίεση 15-30 atm, τιμές επαρκείς για να ‘εξαναγκάσουν’ το χυμό να διέλθει μέσω του εξαιρετικά λεπτού “τροφικού καναλιού” στο στιλέτο των αφίδων και κατ’ επέκταση θα μπορούσε να λεχθεί ότι οι αφίδες τρέφονται παθητικά. Παρόλα αυτά αναισθητοποιημένες αφίδες όχι μόνο διακόπτουν την έκκριση αλλά επίσης δεν παρουσιάζουν διαρροή, ούτε διογκώνονται.

Οι αφίδες είναι πιθανό να χρησιμοποιούν την αντλία λήψεως τροφής για να ελέγξουν τη ροή του χυμού και ακόμα είναι ικανές να ρουφήξουν χυμό, όπως όταν τρέφονται με συνθετικές διατροφικές αγωγές. Απαιτούνται περίπου 40 λεπτά για την αφίδα των κουκιών (*Aphis fabae*) ώστε να φτάσει στο φλοιώμα του φυτού-ξενιστή και πιθανώς αξιοσημείωτα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για αφίδες που τρέφονται με τα στοιχεία του φλοιώματος που είναι εγκατεστημένα βαθιά μέσα στους ξυλώδεις ιστούς των φυτών. Καθώς απαιτείται τόσος χρόνος για να φτάσουν στο φλοιώμα διαπιστώνεται ένα αξιοσημείωτο πλεονέκτημα των αφίδων στο να είναι ικανές να αναγνωρίζουν γρήγορα τον κατάλληλο ξενιστή. Τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του φυτού, όπως η φύση των κηρών και η ύπαρξη τριχών μπορεί να αποβούν πολύ σημαντικά στα αρχικά στάδια επιλογής της καταλληλότητας του φυτού-ξενιστή. Κατά τη διάρκεια των επιφανειακών δοκιμαστικών νυγμάτων μια αφίδα απορροφά μικρές ποσότητες φυτικού χυμού, εξειδικευμένα χημικά συστατικά τα οποία μπορούν να διαγείρουν το επιφανειακό όργανο της αίσθησης της γεύσης.

Πολλά είδη αφίδων αντιδρούν σε εξειδικευμένους δευτερεύοντες φυτικούς μεταβολίτες. Το γλυκοζίδιο φλοροριζίνη (pholorizinin) που είναι παρόν στα φύλλα της μηλιάς και άλλων *Romoideae* προκαλεί τον αποκισμό από τις αφίδες της μηλιάς *Aphis pomi* και *Phopalosiphum insertum*. Κατά παρόμοιο τρόπο η σινιγκρίνη (sini-

grin), χαρακτηριστική των Cruciferae - προκαλεί την εγκατάσταση και την έναρξη τροφικής δραστηριότητας της αφίδας του λαχάνου (*Brevicoryne brassicae*). Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι οι ουσίες και οι δομές αυτές συχνά λειτουργούν αποτρεπτικά στον αποικισμό των φυτών από πολλά παθογόνα και φυτοφάγα είδη, αλλά επιτρέπουν στις εξειδικευμένες στον ξενιστή τους αφίδες ν' αναγνωρίζουν τα φυτά-ξενιστές τους. Προστατεύουν επίσης τα φυτά έναντι του αποικισμού τους από πολυφάγα είδη αφίδων και αποτελούν ένα "φραγμό" στην επέκταση του εύρους των ξενιστών τους σε είδη αφίδων που παρουσιάζουν υψηλού βαθμού εξειδίκευση με τα φυτά-ξενιστές τους.

3.3. Η συμπεριφορά των αφίδων κατά τη διάρκεια της διατροφής και των νυγμάτων δοκιμασίας

Παρά το γεγονός ότι οι αφίδες μεταδίδουν τους μη έμμονους ιούς κατά τη διάρκεια των νυγμάτων δοκιμασίας υπάρχει ανεπαρκής πληροφόρηση όσο αφορά τη συμπεριφορά τους κατά τη διάρκεια των νυγμάτων δοκιμασίας εκτός από το βαθμό της διείσδυσης του στιλέτου και την έκκριση του σάλιου.

Οι αφίδες συνήθως τρέφονται στο φλοιώμα των φυτών ξενιστών τους· μπορεί δε να απαιτηθούν 15 λεπτά ή και περισσότερο έως ότου να εισάγουν τα στιλέτα τους μέσα στο φλοιώμα. Πριν να επιχειρήσουν να διατραφούν οι αφίδες συνήθως βυθίζονται τα στιλέτα τους μια ή και περισσότερες φορές μέσα στον ξενιστή. Αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα συμπεριφοράς που επιτρέπει την ιδανική μετάδοση των μη-έμμονων ιών. Τα μεγαλύτερης διάρκειας νύγματα δοκιμασίας έχουν σαν αποτέλεσμα φτωχότερη μετάδοση και οι αφίδες που μόλις διέκοψαν τη διατροφή τους επί του φλοιώματος των μολυσμένων φυτών σπάνια μεταδίδουν ιούς, εκτός αν επιχειρήσουν εκ νέου σύντομα δοκιμαστικά νύγματα.

Η εισαγωγή του στιλέτου πραγματοποιείται με δύναμη, αλλά και τα ένζυμα που εκκρίνονται με το σάλιο παίζουν πιθανότατα κάποιο ρόλο. Η αφίδα εκκρίνει πάνω στην επιφάνεια του φυτού-ξενιστή μια σταγόνα σάλιο διαμέσου της οποίας διεισδύουν τα στιλέτα. Το σάλιο περιέχει δύο συστατικά, ένα εκ των οποίων στερεοποιείται για να σχηματίσει το σιελογόνο περίβλημα, ενώ το άλλο παραμένει υγρό. Το υγρό συστατικό πιθανώς περιέχει πεκτινάση (pectinase), οξειδάση πολυφαινόλης, φαινολικές ενώσεις και ένα αραιό διάλυμα αιμολέμφου.

Η πεκτινάση πιθανώς συνεισφέρει στη διείσδυση του στιλέτου με τη δράση της στο μέσο λεπτό στρώμα (middle lamella), και οι αφίδες οι οποίες δεν εκκρίνουν

πεκτινάση συνήθως εισαγάγουν τα σιλέτα τους μέσω των κυττάρων. Παρόλα αυτά, η έκταση της ζημιάς η οποία προκαλείται στα κυτταρικά τοιχώματα από την εισαγωγή του σιλέτου διαμέσου των κυττάρων δεν είναι γνωστή και τα σιλέτα μπορεί να πραγματοποιήσουν άμεση επαφή με το κυτόπλασμα. Επίσης, τα άκρα των σιλέτων μπορεί να διεισδύσουν ασυνεχώς μέσα στα γειτονικά κύτταρα και κατά αυτόν τον τρόπο πραγματοποιούν επαφή με το κυτόπλασμα. Η έκκριση του σάλιου μπορεί να διευκολύνει την μεσοκυττάρια διείσδυση του σιλέτου αλλά δεν συμπεριλαμβάνει τη διείσδυση στα κυτταρικά τοιχώματα. Η τελευταία εισαγωγή των άκρων των σιλέτων στα κύτταρα του φλοιώματος, η οποία πρέπει να λάβει χώρα για να επιτρέψει τη διατροφή μέσω του φλοιώματος, δείχνει ότι αυτό είναι πιθανό. Το είδος *Myzus persicae* που εκκρίνει πεκτινάση μαζί με το σάλιο του, έχει αναφερθεί ότι πραγματοποιεί νύγματα δοκιμασίας μεταξύ, δια μέσου των κυττάρων ή και κατά τους δύο τρόπους. Αξιίζει να επισημανθεί ότι διαφορετικοί πληθυσμοί (βιότυποι) του ίδιου είδους μπορεί να συμπεριφέρονται με αρκετά διαφορετικό τρόπο.

Ο τρόπος με τον οποίο οι αφίδες εντοπίζουν το φλοιώμα δεν είναι γνωστός, και μπορεί να το καταφέρνουν τυχαία. Η επακόλουθη διατροφή εξαρτάται πιθανότατα από την πίεση του χυμού που εξαναγκάζει τα υλικά να 'εισαχθούν' μέσα στην αφίδα. Η έκταση στην οποία χρησιμοποιείται η φαρυγγική αντλία λήψης τροφής κατά τη διάρκεια μακράς διάρκειας διατροφής δεν είναι γνωστή. Η αφίδα διατηρεί την ικανότητα να ρυθμίζει την πρόσληψη του φυτικού χυμού και αυτό μπορεί να πραγματοποιείται με εσωτερική πίεση ή με τη δράση της φαρυγγικής αντλίας λήψης τροφής.

Μια οισοφαγική βαλβίδα, η οποία βρίσκεται στην είσοδο του στομάχου παρεμποδίζει το άνοιγμα όταν το στομάχι είναι πλήρες. Αυτό φαίνεται περισσότερο πιθανό να εμποδίζει την παλινδρόμηση του υλικού που ήδη καταπόθηκε από το στομάχι στο εσωτερικό του και θα ήταν ανίκανο να 'ελέγξει' υλικά που εισέρχονται ή απομακρύνονται από το πρόσθιο έντερο.

Οι αφίδες δε θα επιμείνουν στις προσπάθειές τους να διατραφούν σε φυτά που δεν αποτελούν ξενιστές τους. Τα είδη *B. brassicae* και *A. fabae* έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν ταχύτατα τα φυτά-ξενιστές τους κατά την πραγματοποίηση των νυγμάτων δοκιμασίας. Πάνω στους ξενιστές, οι αφίδες εφάρμοσαν σύντομα νύγματα δοκιμασίας όταν εγκαταστάθηκαν σ' αυτούς για να διατραφούν, ελκυσόμενες από το άμεσο πράσινο φως. Παρόλα αυτά σε φυτά μη-ξενιστές, οι αφίδες πραγματοποίησαν σύντομα νύγματα διατροφής, έγιναν ανήσυχες και διαπιστώθηκε ότι απωθούνταν από το άμεσο πράσινο φως. Βρέθηκε επίσης ότι ένα σιναπέλαιο (sinigrin) παίζει πιθανώς

κάποιο ρόλο στην αναγνώριση των σταυρανθών (*Brassicaceae*) από το είδος *B. brassicae*. Το είδος αυτό τρέφεται συνήθως και αναπαράγεται μόνο πάνω στη Σταυρανθή αλλά μπορεί να διατραφεί πάνω σε φυτά κουκιών (*Vicia faba*) τα οποία ψεκάστηκαν με σινιγκρίνη. Η αντίδραση των αφίδων στα φυτά εξαρτιόταν από τα νύγματα διατροφής και τα ίδια αποτελέσματα προέκυψαν όταν οι αφίδες τράφηκαν μέσω φιλμ κολλόδιου (collidion films) στα φύλλα.

Επειδή η συμπεριφορά των αφίδων μεταβάλλεται ταχύτατα κατά τη διάρκεια των νυγμάτων δοκιμασίας και μετά, και ενδεχόμενα απαιτούν ερεθίσματα που εμμένουν για ορισμένο χρόνο και επηρεάζουν όχι μόνο τη διατροφή αλλά εξίσου και την αντίδρασή τους στο περιβάλλον. Τέτοια επιφανειακά ερεθίσματα μπορούν να προέλθουν κατά την πρόσληψη του χυμού και από τη διέλευση των δειγμάτων φυτικού χυμού από το γάγγλιο. Εναλλακτικά, τα στίλετα των αφίδων μπορούν να είναι επαρκώς ευαίσθητα ώστε να αναγνωρίζουν τα φυσικά ή χημικά περιβάλλοντα, εντός των οποίων διεισδύουν.

3.4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΗ-ΕΜΜΟΝΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

3.4.1. Επίδραση της νηστείας που προηγείται στην πρόσληψη του ιού

Οι ρυθμοί μετάδοσης των μη-έμμονων ιών αυξάνονται με την υποβολή των αφίδων σε νηστεία πριν την πρόσληψη, ακόμα και για περιόδους τόσο σύντομης διάρκειας που δεν υπερβαίνουν τα 15 λεπτά. Μικρές μόνο αυξήσεις σημειώνονται με περιόδους νηστείας μεγαλύτερες της μίας ώρας και το αποτέλεσμα αυτών υποβαθμίζεται όταν στις υποβλήθεισες στη νηστεία αφίδες επιτραπεί να πραγματοποιήσουν νύγματα δοκιμασίας σε ένα φύλλο για περισσότερο από λίγα λεπτά. Έχουν υποστηριχθεί διαφορετικές υποθέσεις στην προσπάθεια να εξηγηθεί το φαινόμενο αυτό. Ο Watson (1938) και οι Watson και Roberts (1939) υποστήριξαν ότι η μετάδοση από αφίδες που δεν υποβλήθηκαν σε νηστεία παρεμποδίζεται από μια ουσία που αδρανοποιεί τον ιό, την οποία εκκρίνουν οι αφίδες κατά τη διατροφή τους, πιθανότατα στο σάλιο. Διατηρώντας τις αφίδες εκτός των φυτών, για κάποιο χρονικό διάστημα αδρανοποιείται ή επιβραδύνεται η παραγωγή αυτής της ανασταλτικής ουσίας και η μετάδοση του ιού από τις αφίδες που υπέστησαν νηστεία παραμένει σχετικά ανεπηρέαστη, μέχρις ότου η δραστηριότητα των νυγμάτων δοκιμασίας και της διατροφής ενεργοποιούν την παραγωγή του/των αδρανοποιητή(των).

Η νηστεία επηρεάζει επίσης τη συμπεριφορά διατροφής των αφίδων. Έτσι, όταν οι αφίδες μετά από νηστεία τοποθετούνται πάνω σ' ένα φύλλο σχεδόν πάντοτε

πραγματοποιούν ένα ή περισσότερα σύντομης διάρκειας δοκιμαστικά νύγματα κατά τη διάρκεια των οποίων μπορεί να λαμβάνουν δείγματα χυμού ώστε να εξακριβώσουν την κατάσταση του ξενιστή, ενώ αντίθετα οι αφίδες που δεν υποβλήθηκαν σε νηστεία πραγματοποιούν συχνά μακράς διάρκειας νύγματα ώστε ν' αρχίσουν να τρέφονται.

Διαπιστώθηκε ότι οι λίγες αφίδες για τις οποίες δεν προηγήθηκε νηστεία εφάρμοσαν σύντομα νύγματα δοκιμασίας διάρκειας ενός έως δύο λεπτών αφότου τοποθετήθηκαν πάνω σ' ένα φυτό-πηγή κάποιου φυτικού ιού, μετέδωσαν τον ιό σχεδόν εξίσου αποτελεσματικά όσο και οι αφίδες οι οποίες υποβλήθηκαν σε νηστεία (Bradley 1961). Κατά τη διάρκεια αυτών των σύντομων νυγμάτων δοκιμασίας που αξιολογούνται ως δειγματοληπτικά φυτικού χυμού, οι αφίδες μπορεί διαδοχικά να προσλαμβάνουν και να αποβάλλουν χυμό και η διαδικασία αυτή μπορεί να εξασφαλίσει 'έπαρκή' πρόσληψη του ιού. Οι Van der Want (1954) και Brandley (1952), (1964) υποστήριξαν επίσης ότι η πρόσληψη του ιού μπορεί να είναι επιτυχής κατά τη διάρκεια των σύντομων αυτών νυγμάτων γιατί οι αφίδες δεν εκκρίνουν σιελογόνα περιβλήματα (salivary sheaths), αλλά αυτό σήμερα μοιάζει απίθανο. Όποια κι αν είναι η αιτία της ευνοούμενης μετάδοσης των ιών από αφίδες που υποβλήθηκαν σε νηστεία, η έκθεση των εντόμων-φορέων σε περίοδο νηστείας μπορεί να είναι σημαντική από επιδημιολογική άποψη καθώς καθιστά τις αφίδες που μεταναστεύουν σε μια καλλιέργεια δυνητικά αποτελεσματικότερους φορείς από ότι εκείνες που δημιούργησαν-ανέπτυξαν αποικίες στην καλλιέργεια (Broadbent και Martin, 1959).

3.4.2. Διάρκεια των νυγμάτων πρόσληψης

Οι αφίδες μπορούν να προσλάβουν τον ιό κατά τη διάρκεια νυγμάτων σύντομων όσο 5 δευτερόλεπτα (Swenson 1968, Harris 1977a). Παρόλα αυτά, μη διακοπτόμενα δοκιμαστικά νύγματα διάρκειας 15-60 δευτερολέπτων είναι γενικότερα ιδανικά, ενώ η μεγαλύτερης διάρκειας πρόσβαση (επαφή) στα προσβεβλημένα φύλλα έχει σαν αποτέλεσμα "φτωχή" πρόσληψη των ιών. Έτσι λοιπόν, μόνο 5 άτομα του είδους *M. persicae* (Sulz) από τα 45 που δοκιμάστηκαν μετέδωσαν τον ιό Y της πατάτας (PVY) μετά από διαδικασία πρόσληψης διάρκειας 4 ωρών, ενώ 25 άτομα μετέδωσαν τον ιό μετά από διάρκεια τροφικής δραστηριότητας-πρόσληψης μόλις 2 λεπτών (Watson και Robert, 1939). Οι Hodges και McLean (1969) χρησιμοποιώντας ηλεκτρική αγωγιμότητα ώστε να μετρήσουν με ακρίβεια τη διάρκεια των δοκιμαστικών νυγμάτων, κατέδειξαν ότι η αφίδα του μπιζελιού *Acythosiphon pisum* (Harris) προσέλαβε τον ιό του κίτρινου μωσαϊκού της φασολιάς (Bean yellow mosaic virus - BYMV) με νύγματα

δοκιμασίας διάρκειας 16 ± 4 δευτερολέπτων. Καθώς η διάρκεια των νυγμάτων αυξήθηκε πέρα του ενός λεπτού, σημειώθηκε μια μείωση της πρόσληψης (Watson 1940, Hashiba και Misawa, 1969).

3.4.3. Λανθάνουσα περίοδος

Μία αφίδα είναι μολυσματική αμέσως μετά την εκτέλεση των δοκιμαστικών νυγμάτων στο μολυσμένο φυτό. Έτσι, σε αντίθεση με τους έμμοιους ιούς οι οποίοι απαιτούν χρόνο ώστε ο ιός να κυκλοφορήσει στο εσωτερικό της αφίδας, οι μη έμμοιοι ιοί δεν παρουσιάζουν λανθάνουσα περίοδο και το στοιχείο αυτό αποτελεί μέρος της ένδειξης ότι οι ιοί μεταφέρονται στην περιοχή των στοματικών μορίων και του πρόσθιου εντέρου. Στην πράξη όμως αυτό είναι σημαντικό γιατί επιτρέπει τη μόλυνση των γειτονικών φυτών (Doncaster και Gregory, 1948, Duncan κ.ά., 1956).

3.4.4. Διάρκεια των νυγμάτων μόλυνσης

Ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για μόλυνση είναι ελαφρά συντομότερος από ότι αυτός που απαιτείται για την πρόσληψη του ιού (Sylvester, 1950, Hamlyn, 1953, Sylvester, 1955, Hodges και McLean, 1969), αλλά σε αντίθεση με τα μακράς διάρκειας δοκιμαστικά νύγματα πρόσληψης, προσδίδουν υψηλούς βαθμούς μόλυνσης (Bradley, 1964). Παρόλα αυτά οι ιοφόρες αφίδες γενικά καθίστανται μη μολυσματικές μετά από ιδιαίτερα μεγάλης διάρκειας νύγματα δοκιμασίας πάνω σε υγιή φυτά (Hashiba και Misawa, 1969).

3.4.5. Περίοδος διατήρησης της μολυσματικότητας

Ακολουθώντας την πρόσληψη, η πιθανότητα του να μεταδώσει μια αφίδα έναν μη έμμοιο ιό μειώνεται βαθμιαία με το χρόνο. Στους 20°C περίπου, μια αφίδα παραμένει συνήθως ιοφόρα για διάστημα όχι μεγαλύτερο από ορισμένες ώρες. Για παράδειγμα, το είδος *M. persicae* διατηρεί τον ιό του μωσαϊκού με νανισμό του αραβόσιτου (Maize rough dwarf virus - MDMV) έως και 30 λεπτά (Thongmeearkom κ.ά., 1976) αλλά τον ιό του μωσαϊκού της αραχίδας (peanut mottle virus - PeMotV-) για τουλάχιστον 12 ώρες (Paguio και Kuhn, 1976). Οι αφίδες παραμένουν μολυσματικές κάπως περισσότερο εκτός (μακριά) παρά επί υγιών φύλλων. Για παράδειγμα, όταν οι αφίδες που μετέφεραν τον ιό Υ της πατάτας (PVY) πραγματοποίησαν νύγματα δοκιμασίας σε υγιή φυτά καπνού, συνήθως έπαυαν να είναι ιοφόρες εντός χρονικής διάρκειας μιας ώρας ενώ αντίθετα ορισμένες αφίδες οι οποίες διατηρήθηκαν σε

γυάλινο σωλήνα παρέμειναν ιοφόρες έως και τέσσερις ώρες (Bradley, 1959). Ο ρυθμός με τον οποίο καθίστανται μη μολυσματικές είναι παρόμοιος πάνω σε φύλλα φυτών που είναι ή δεν είναι ευπαθή στον ιό (Bradley, 1959). Σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να παραμείνουν μολυσματικές επί μακρότερο χρονικό διάστημα (Kassanis, 1941; Bradley, 1954; Sylvester, 1954; Cockbain κ.ά., 1963). Οι μη έμμονοι ιοί δεν συγκατατούνται διαμέσω της έκδυσης και το χαρακτηριστικό αυτό παραμένει ένα ξεκάθαρο μέσο διάκρισης των μη έμμονων και των έμμονων ιών.

Η ανάγκη μελέτης της εξάπλωσης του ιού στον αγρό ήταν η αιτία να μελετηθεί σε βάθος η ικανότητα διατήρησης της μολυσματικότητας που διαθέτουν οι αφίδες. Στα περισσότερα πειράματα, οι συνθήκες δεν προσέγγιζαν ιδιαίτερα αυτές που πιθανώς υφίστανται κάτω από συνθήκες αγρού, αλλά ο Cockbain et al. (1963) αποπειράθηκαν να μιμηθούν τις συνθήκες αγρού, επιτρέποντας σε αφίδες να πετάξουν για διάφορα χρονικά διαστήματα σ' ένα ρεύμα αέρος. Η μολυσματικότητα των πτερωτών ατόμων των ειδών *M. persicae* και *A. fabae*, τα οποία μετέφεραν είτε το μωσαϊκό της αραχίδας (PMV) ή το μωσαϊκό των τεύτλων (BMV) ελαττώθηκε περίπου με τον ίδιο ρυθμό ανεξάρτητα αν οι αφίδες εκτελούσαν πτήση ή υποβάλλονταν σε νηστεία σ' ένα γυάλινο σκεύος. Λίγες αφίδες μετέδωσαν τους ιούς αυτούς όταν διατηρήθηκαν σε θερμοκρασίες πάνω από 30°C για διάστημα 30 λεπτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΜΑΔΕΣ ΙΩΝ ΠΟΥ ΜΕΤΑΔΙΔΟΝΤΑΙ ΜΕ ΜΗ ΕΜΜΟΝΟ ΤΡΟΠΟ

4.1. Ιοί της οικογένειας Potyviridae

Υπάρχουν 85 ιοί οι οποίοι προσβάλλουν μονοκοτυλήδονα και δικοτυλήδονα φυτά, ποώδεις και ξυλώδεις ξενιστές, οι οποίοι αναφέρεται ότι συμπεριλαμβάνονται ή ότι πιθανά ανήκουν στην οικογένεια Potyviridae. Αυτοί που είναι αφιδομεταδιδόμενοι συνιστούν την μεγαλύτερη και σημαντικότερη οικονομικά ομάδα ιών.

Η αναπαραγωγή τους συμβαίνει στο κυτόπλασμα και οι ιοί τυπικά βρίσκονται σε μετρίως υψηλές συγκεντρώσεις εντός των φυτών, μπορούν δε να μεταδοθούν μηχανικά στο εργαστήριο, είναι αρκετά σταθεροί, αποτελούν καλά αντιγόνα και σχετίζονται ορολογικά. Ορισμένοι είναι και σπορομεταδιδόμενοι. Η πρόσληψη από το έντομο-φορέα μερικές φορές απαιτεί την παρουσία μιας βοηθού-πρωτεΐνης (helper component-HC) (Pirone, 1977).

Τα συμπτώματα που προκαλούνται από τους *poty* ιούς περιλαμβάνουν λεύκανση των νευρώσεων, μωσαϊκό, ποικιλοχλώραση, ρυτίδωμα-τραχύτητα του φυλλώματος και σε ορισμένες περιπτώσεις παραμόρφωση, νανισμό και νέκρωση. Μπορεί επίσης να υπάρξει διάσπαση του χρώματος των ανθέων. Ορισμένοι από τους *poty* ιούς διαθέτουν εκτεταμένα εύρη ξενιστών παρά το γεγονός ότι το εύρος ξενιστών των περισσότερων περιορίζεται σε λίγα φυτικά είδη. Πολλοί από τους *poty* ιούς παρουσιάζουν μεγάλο αριθμό φυλών.

Οι περισσότεροι ιοί έχουν ως φορείς τις αφίδες, παρόλο που η πρόσφατη ταξινόμηση τοποθετεί τους ιούς *poty* σε τέσσερις υποομάδες, διάκριση εξαρτώμενη από το αν μπορούν να μεταδοθούν με αφίδες, ακάρεα, αλευρώδεις ή μύκητες. Υπάρχουν επίσης κάποιες πειραματικές ενδείξεις για μετάδοση *poty* ιών με υπονομευτές (Zitter και Tsai, 1977) και νηματώδεις. Η έλλειψη εξειδίκευσης, η οποία συχνά υποστηρίζεται ότι παρουσιάζει η μετάδοση των ιών με τις αφίδες δεν είναι εξ' ολοκλήρου αληθινή. Πολλές αναφορές καταδεικνύουν μια διακύμανση της αποτελεσματικότητας μετάδοσης μεταξύ διαφόρων ειδών αφίδων, κλώνων ή αποικιών που δοκιμάστηκαν καθώς επίσης καταγράφουν και την αποτυχία να μεταδώσουν ακόμα και φυλές του ίδιου ιού.

4.2. Ιοί *Potex*

Υπάρχουν τουλάχιστον 12 ιοί (με άλλα 21 πιθανά μέλη) σ' αυτή την ομάδα. Οι ιοί μολύνουν τόσο μονοκοτυλήδωνα όσο και δικοτυλήδωνα φυτά, ποώδεις και ξυλώδεις ξενιστές, μεταδίδονται με χυμό και οι περισσότεροι δεν διαθέτουν φυσικούς φορείς. Τα συμπτώματα που προκαλούνται από τους ιούς του γένους *Potex* περιλαμβάνουν μωσαϊκό, ποικιλοχλώραση, διαφάνεια των νεύρων, περινεύριο μεταχρωματισμό, νανισμό, νέκρωση καθώς και δακτυλιοειδείς κηλίδες. Τα συμπτώματα μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να είναι ήπια ή μη εμφανή (λανθάνοντα). Τα περισσότερα μέλη της ομάδας έχουν περιορισμένο εύρος ξενιστών, αλλά το τυπικό μέλος, ο ιός X της πατάτας (*Potato virus X*) προσβάλλει 240 είδη σε 16 βοτανικές οικογένειες.

Η μετάδοση με αφίδες του μωσαϊκού του άσπρου τριφυλλιού (*white clover mosaic*) μπορεί να αμφισβητείται, αλλά ο ιός *centiosema mosaic* αναφέρεται ότι μεταδίδεται από τέσσερα είδη αφίδων και ο ιός 5 του μαϊντανού (*parsley virus 5*) βρέθηκε ότι μεταδίδεται με χαμηλή αποτελεσματικότητα από το είδος *Cavariella pastinaceae* (Linnaeus).

4.3. Ιοί *Carla*

Το όνομα θα μπορούσε να υποδηλώνει ότι η λανθάνουσα κατάσταση αποτελεί χαρακτηριστικό τους. Παρόλα αυτά, αρκετοί από τους ιούς της ομάδας [π.χ. *cowpea mild mottle*, μωσαϊκό του λυκίσκου (*hop mosaic*), ράβδωση του πιτταριού (*pea streak*), μωσαϊκό της λεύκας (*poplar mosaic*), ιός M της πατάτας (*potato virus M*) και μωσαϊκό των νεύρων του τριφυλλιού (*clover vein mosaic*)] προκαλούν εμφανή (έντονα) συμπτώματα στους ξενιστές τους από τους οποίους πήραν και την ονομασία τους.

Οι ιοί μεταδίδονται και αναφέρεται (αν και σπάνια) ότι λαμβάνει χώρα μετάδοση με σπόρο σε ορισμένα ψυχανθή. Έως τώρα οι αφίδες είναι οι μόνοι γνωστοί φυσικοί φορείς και ο τρόπος/είδος μετάδοσης παρουσιάζεται να είναι μη-έμμονος. Η αποτελεσματικότητα μετάδοσης ποικίλει αξιοσημείωτα τόσο μεταξύ των ιών, όσο και μεταξύ των φυλών του ίδιου ιού.

4.4. ΙΟΙ ΜΕ ΠΟΛΥΓΕΝΩΜΙΚΟ RNA (Multicomponent RNA viruses)

4.4.1. Ιός της κηλίδωσης των κουκιών

Ο ιός μεταδίδεται μηχανικά και διαθέτει μεγάλο εύρος ξενιστών. Αν και παρουσιάζει δομικές και χημικές ομοιότητες με τους *pepo*-ιούς (πολυεδρικοί ιοί μεταδιδόμενοι με νηματώδεις) και τους *comto*-ιούς (ομάδα ιών μεταδιδόμενων με κολεόπτερα), δε σχετίζεται ορολογικά με τη μία ή την άλλη ομάδα και είναι μοναδικός στο ότι μεταδίδεται με αφίδες.

4.4.2. Ιοί *Cucumo* (*Cucumo*-viruses)

Ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς, ο ιός της ασπερμίας της τομάτας και ο ιός του νανισμού της αραχίδας αποτελούν τρεις ορολογικά αυτόνομες οντότητες σ' αυτή την ομάδα· μεταδίδονται με χυμό και με αφίδες. Οι *Cucumo*-ιοί προσβάλλουν μονοκοτυλήδονα και δικοτυλήδονα φυτά, τόσο ποώδη όσο και ξυλώδη. Ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς είναι ευρύτατα διαδεδομένος και αποτελεί έναν ιό με πολλές φυλές και προκαλεί ποικιλία συμπτωμάτων. Ο ιός της ασπερμίας της τομάτας (*tomato aspermy virus*) αποτελεί τη σημαντικότερη ασθένεια των χρυσανθέμων στην Ευρώπη και ο αγενής πολλαπλασιασμός της καλλιέργειας (με μοσχεύματα) “εξασφαλίζει” την παρουσία του όπου καλλιεργούνται τα χρυσάνθεμα. Ο νανισμός της αραχίδας (*peanut stunt*) είναι μια ασθένεια του καπνού και των ψυχανθών και παρουσιάζεται στις ΗΠΑ, την Ευρώπη, το Μαρόκο και την Ιαπωνία. Ο καθαρός ιός μπορεί να προσληφθεί μέσω διατροφής μεμβράνης και δεν απαιτείται η παρουσία ενός βοηθού συστατικού (*helper component*). Μετάδοση μέσω σπόρων του μωσαϊκού της αγγουριάς έχει αναφερθεί σε τουλάχιστον 18 είδη φυτών και τόσο η μετάδοση με το σπόρο όσο και ο αγενής τρόπος αναπαραγωγής παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση του ιού.

4.4.3. Alfalfa mosaic (μωσαϊκό της μηδικής)

Ο ιός του μωσαϊκού της μηδικής είναι ευρύτατα διαδεδομένος και έχει βρεθεί ότι οι διαφορετικές φυλές του προσβάλλουν περισσότερα από 300 είδη φυτών που ανήκουν σε 47 οικογένειες. Σε πολλούς ξενιστές δεν προκαλεί την εμφάνιση συμπτωμάτων. Σε κάποιους άλλους ξενιστές ο ιός μπορεί να είναι σπορομεταδιδόμενος. Σε καλλιέργειες όπως η μηδική, το τριφύλλι, ο αρακάς, η πατάτα, ο καπνός, η πιπεριά, η τομάτα, το σέλινο, ο ιός προκαλεί σημαντικές απώλειες. Τα συμπτώματα ποικίλουν με τη φυλή, τον ξενιστή και τις περιβαλλοντικές συνθήκες και μπορούν να είναι λανθάνοντα ή παροδικά, να εκδηλώνονται ως πράσινο ή κίτρινο μωσαϊκό και ως

τοπική ή διασυστηματική νέκρωση.

Τουλάχιστον 13 είδη αφίδων από τα 20 που δοκιμάστηκαν πειραματικά, αποδείχθηκαν ικανά να μεταδώσουν μία ή περισσότερες φυλές του ιού (Kennedy κ.ά. 1962) και ο τρόπος μετάδοσης είναι μη έμμενος. Οι αφίδες μπορούν να προσλάβουν τον καθαρό ιό με διατροφή μέσω μεμβράνης και όπως ισχύει και με το μωσαϊκό της αγγουριάς δεν απαιτείται βοηθός πρωτεΐνη (helper component) (Pirone 1977).

4.5. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΗ ΕΜΜΟΝΩΝ ΙΩΝ

4.5.1. Ο ρόλος της βοηθητικής πρωτεΐνης (helper component)

Η μετάδοση συγκεκριμένων μη έμμενων ιών απαιτεί κάτι περισσότερο από την πρόσληψη απλώς και μόνο του ιού. Οι *Poty*-ιοί όπως το μωσαϊκό *aucuba* της πατάτας (Potato aucuba mosaic virus), ο ιός C της πατάτας (Potato virus C) και συγκεκριμένες φυλές του ιού της ποικιλόχρωσης της αραχίδας (Peanut mottle virus) καθώς και του ιού *etch* του καπνού (Tobacco etch virus) μπορούν να μεταδοθούν από αφίδες οι οποίες πραγματοποιούν νύγματα δοκιμασίας ή τρέφονται πάνω σε φυτά μολυσμένα μ' έναν ιό *poty*, που έχει τη βοηθητική πρωτεΐνη, αλλά δεν μπορεί να μεταδοθεί, όταν δεν λαμβάνεται η βοηθός πρωτεΐνη. Μια παρόμοια κατάσταση ισχύει για ορισμένες απομονώσεις του μωσαϊκού του κουνουπιδιού (Cauliflower mosaic virus) καθώς και τον ημι-έμμενο ιό *parsnip yellow fleck*. Επιπρόσθετα, αν χρησιμοποιηθούν καθαρά παρασκευάσματα των ιών *Poty* ή *Caulimo*, οι αφίδες παρουσιάζονται ανίκανες να μεταδώσουν τους ιούς, εκτός αν προηγουμένα πραγματοποιήσουν δοκιμαστικά νύγματα ή διατραφούν σε φυτά μολυσμένα μ' έναν αφιδομεταδιδόμενο ιό εντός της ίδιας ομάδας, ή πάνω σε καθαρά παρασκευάσματα βοηθητικής πρωτεΐνης. Οι υπάρχουσες, διαθέσιμες αποδείξεις υποδηλώνουν την ακόλουθη εξήγηση για τα παραπάνω: Οι αφίδες προκειμένου να μεταδώσουν συγκεκριμένους ιούς πρέπει να προσλάβουν ένα βοηθητικό συστατικό (helper component) το οποίο παράγεται σε φυτά, ως αποτέλεσμα της μόλυνσης από αυτούς τους ιούς. Κατά την κάθαρση, οι ιοί αυτοί χάνουν την ικανότητα μετάδοσής τους με αφίδες γιατί το βοηθό συστατικό χάνεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κάθαρσης. Ένα κοινό γνώρισμα όλων των “βοηθητικών συστημάτων” αποτελεί το γεγονός ότι οι αφίδες πρέπει να τραφούν ή να επιχειρήσουν νύγματα στην πηγή του βοηθού-συστατικού πριν ή κατά την ίδια στιγμή που προσλαμβάνουν τον εξαρτώμενο ιό (αν πρόκειται να πραγματοποιηθεί η μετάδοση). Το γεγονός αυτό οδήγησε στην πρόταση ότι το βοηθό συστατικό δρα επιτρέποντας στον εξαρτώμενο ιό να προσκολληθεί σε θέσεις (σημεία) της αφίδας από τα οποία μπορεί

επακόλουθα να μεταδοθεί ή με το να επηρεάζει την ικανότητα πρόσληψης του ιού, εμποδίζοντας την κατάρρευση της συσσώρευσης των σωματιδίων.

Πιο πρόσφατα, έχειδειχθεί ότι η βοηθητική πρωτεΐνη (HP) δεν έχει κανένα εμφανές αποτέλεσμα στην πρόσληψη του ιού (Berger και Pirone, 1986). Παρόλα αυτά, τα στοιχεία υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η HP μπορεί να λειτουργεί (δρα) μέσω ενός μηχανισμού σύνδεσης, παρά το γεγονός ότι δεν αποκλείονται εναλλακτικές ή επιπρόσθετες λειτουργίες της HP.

Στις περισσότερες έρευνες ως φορέας χρησιμοποιήθηκε το είδος *M. persicae*. Παρόλα αυτά, το είδος *Aphis gossypii* Glou. απαιτεί επίσης βοηθό συστατικό για να μεταδώσει έναν ιό (Pirone, 1981). Η απαίτηση για την HP έχει καταδειχθεί αναγκαία στη μετάδοση πολλών *poty* ιών συμπεριλαμβανομένων των PVY, TEV, TVMV, μωσαϊκό της καρπουζιάς (WMV 2), κίτρινο μωσαϊκό της φασολιάς (BYMV) και μωσαϊκού του γογγυλιού (TuMV): έτσι, η εξάρτηση του βοηθού συστατικού μπορεί να λάβει χώρα για όλους τους συνδυασμούς αφίδων-*poty* ιών. Ορολογικά διάφορες πρωτεΐνες της HP παράγονται σε αντίδραση στην εξειδικευμένη μόλυνση από *poty* ιούς, ονός που υποδηλώνει ότι το βοηθό συστατικό είναι ένα κωδικοποιημένο πολυπεπτίδιο του ιού (Thornbury και Pirone, 1983; Hellman κ.ά., 1983; Hiebert κ.ά., 1984) και ότι αυτό που προκαλείται από έναν ιό μπορεί να μην είναι εξίσου αποτελεσματικό για τη μετάδοση ενός άλλου (Pirone, 1981; Sako και Ogata, 1981). Υπάρχει επίσης έμμεση ένδειξη ότι το ιδιαίτερο βοηθό συστατικό που προκαλείται από έναν ιό, εμπλέκεται στον καθορισμό του αν ένα είδος είναι φορέας ή όχι (Sako, 1981; Sako κ.ά., 1984). Παρόλα αυτά, η ικανότητα μετάδοσης τουλάχιστον του TEV αποτελεί μια λειτουργία των ισοωματιών καθώς επίσης και της HP (Pirone και Thornbury, 1983). Έως τώρα, η ύπαρξη της HP που ρυθμίζει/καθορίζει τη μετάδοση των μη έμμοων ιών έχει τεκμηριωθεί μόνο για τέσσερις *poty* ιούς: το μωσαϊκό της αγγουριάς -CMV- (Pirone και Megahed, 1966), το μωσαϊκό της μηδικής -AMV- (Pirone, 1964; Pirone και Megahed, 1966) και δύο *carla* ιοί (Weber και Hampton, 1980) διατηρούν την ικανότητα μετάδοσης μετά την κάθαρση.

Πίνακας 3. Παραδείγματα αφιδομεταδιδόμενων ιών των οποίων η μετάδοση εξαρτάται από έναν δεύτερο ιό (βοηθό συστατικό) (από: Κατής, 1996)

Ιός	Βοηθό συστατικό	Φορέας	Τύπος Μετάδοσης
Ιός C της πατάτας	Ιός Y της πατάτας	<i>M. persicae</i>	Μη-έμμονη
Ιός etch του καπνού (φυλή NAT)	Ιός Y της πατάτας	<i>M. persicae</i>	Μη-έμμονη
Ιός της κίτρινης στιγμάτωσης του parsnip	Ίκτερος του <i>Anthriscus</i>	<i>Cavariella aegopodii</i>	Ημι-έμμονη
Κίτρινος νανισμός της κριθής (φυλή MAV)	Κίτρινος νανισμός της κριθής (φυλή RPV)	<i>Rhopalosiphum padi</i>	Έμμονη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΩΝ ΙΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

Εισαγωγή

Ιοί των κολοκυνθοειδών. Τα κολοκυνθοειδή προσβάλλονται από μεγάλο αριθμό ιών που προκαλούν σοβαρές ιολογικές ασθένειες. Οι διάφοροι ιοί των κολοκυνθοειδών διαφέρουν ως προς τον τρόπο διατήρησης, το εύρος ξενιστών καθώς και τον τρόπο μετάδοσης. Η υιοθέτηση της κατάλληλης στρατηγικής για την αντιμετώπιση ενός ιού αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιτυχή διαχείρισή του και την μείωση των επιπτώσεων που προκαλεί στις καλλιέργειες.

Τα συμπτώματα που προκαλούνται από τους διάφορους ιούς που αναφέρονται να προσβάλλουν τα κολοκυνθοειδή είναι συνήθως παρόμοια και ως εκ τούτου δεν είναι δυνατή η ταυτοποίησή τους μόνο από τα εικόνα που εμφανίζουν τα προσβεβλημένα φυτά. Γι' αυτό το λόγο, ο ακριβής προσδιορισμός (ταυτοποίηση) του παθογόνου αιτίου απαιτεί εργαστηριακές εξετάσεις (μόλυνση φυτών-δεικτών, ορολογικές δοκιμές, ηλεκτρονική μικροσκοπία). Στη χώρα μας έχουν εντοπισθεί 12 ιοί: ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) (Κυριακοπούλου και Μπεμ, 1982), ιός της δακτυλιωτής κηλίδωσης της carica papaya (PRSV), ο ιός του μωσαϊκού της καρπουζιάς (WMV-2) (Avgelis, 1983), ο ιός της ράβδωσης των καρπών της αγγουριάς (CFSV) (Gallitelli κ.ά., 1983), ο ιός της κίτρινης στιγμάτωσης της κολοκυθιάς (ZYFV) (Vovlas, κ.ά., 1983), ο ιός της νεκρωτικής κηλίδωσης της πεπονιάς (MNSV) (Avgelis, 1985), ο ιός της πράσινης ποικιλόχρωσης της αγγουριάς (CGMMV) (Avgelis και Vovlas, 1986), ο ιός του μωσαϊκού της κολοκυθιάς (SqMV) (Avgelis και Katis, 1989), ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV) (Κυριακοπούλου και Βαρβέρη, 1991) και πιο πρόσφατα ο αφιδομεταδιδόμενος ίκτερος των κολοκυνθοειδών (CABYV) (Κατής κα. 1992), οκτρινοϊός του δυτικού ίκτερου των τεύτλων (BWYV) (Δόβας κ.α., 2000) και ο ψευδο-ίκτερος των τεύτλων (BPYV) (Παπαβασιλείου, 2001).

Ιοί της τομάτας. Οι σπουδαιότερες ιώσεις της τομάτας στη χώρα μας προκαλούνται από τον ιό του μωσαϊκού του καπνού και της τομάτας (TMV, ToMV) (Avgelis, 1986), τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς (Κυριακοπούλου και Μπεμ, 1990), τον κηλιδωτό μαρασμό της τομάτας (TSWV) (Κατής, 1991), τον ιό του κίτρινου καρουλιάσματος των φύλλων της τομάτας (TYLCV) (Αυγελής και Κατής, 2001) και τους ιούς της χλώρωσης (ToCV) και μολυσματικής χλώρωσης της τομάτας (ToICV)

(Κατής κ.α., 2001). Λιγότερο σημαντικές είναι οι προσβολές από τον ιό Υ της πατάτας (PVY) και τον ιό του μωσαϊκού της μηδικής (AMV).

Ιοί των ψυχανθών. Ο ιός του κοινού μωσαϊκού της φασολιάς (BCMV) αποτελεί μαζί με το μωσαϊκό της αγγουριάς (CMV) τον συχνότερα συναντώμενο ιό στην καλλιέργεια φασολιάς στη χώρα (Κατής κ.α. 1987, Κυριακοπούλου, 1992).

Ιοί των σκιαδανθών (Umbelliferae/Apiaceae). Ο ιός του μωσαϊκού του σέλινου (CeMV) αποτελεί μαζί με τον ιό Arion virus 2 τους σημαντικότερους ιούς των καλλιεργούμενων σκιαδανθών στην Ελλάδα, παρουσιάζοντας ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά μόλυνσης στις κυριότερες περιοχές καλλιέργειάς τους (Χουλιάρα, δημοσίευτα δεδομένα).

5.1. Ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (Cucumber mosaic virus , CMV)

Το μωσαϊκό της αγγουριάς είναι από τους πιο διαδεδομένους ιούς των κολοκυνθοειδών στις εύκρατες χώρες. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μεγάλο εύρος ξενιστών του ιού και στον μεγάλο αριθμό των ειδών-φορέων του.

Το μωσαϊκό της αγγουριάς έχει ίσως το μεγαλύτερο εύρος ξενιστών, που περιλαμβάνει διάφορα λαχανικά, καλλωπιστικά καθώς επίσης και αυτοφυή είδη που ανήκουν σε 86 βοτανικές οικογένειες .

Ανάμεσα στα πιο σπουδαία λαχανικά και καλλωπιστικά ο ιός προσβάλλει το αγγούρι, το πεπόνι, το κολοκύθι, τη ντομάτα, την πιπεριά, αποτελώντας ένα από τα σημαντικότερα παθογόνα των κολοκυνθοειδών αλλά και σημαντικών σολανωδών ειδών (Κυριακοπούλου και Μπεμ, 1982., Κατής και Αυγελής, 1991). Προσβάλλει επίσης την αγκινάρα, το σπανάκι, το σέλινο, τα φασόλια, το γλαδίολο, την πετούνια και τη ζίννια. Επισημάνθηκε, επίσης, σαν ίωση του σπαραγγιού (*Asparagus officinallis* L var. *officinallis*) στην Ανατολική Γερμανία και στη Αγγλία. Στη χώρα μας η ίωση αυτή φαίνεται να αποτελεί ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα των κολοκυνθοειδών και ιδιαίτερα της κολοκυθιάς, στην οποία η μείωση της παραγωγής στα μολυσμένα φυτά κυμαίνεται συνήθως από 40 έως 80%. Μάλιστα σε πρώιμες προσβολές τα φυτά αναπτύσσονται ελάχιστα εμφανίζοντας έντονα συμπτώματα νανισμού, δε δίνουν καρπούς και συνήθως νεκρώνονται.

Αρκετές φορές ο ιός εντοπίστηκε σε μικτές μολύνσεις με το μωσαϊκό της καρπουζιάς (Watermelon mosaic virus 2). Παρατηρήθηκε επίσης, σε καλλιέργεια αγ-

αγγουριάς, πεπονιάς, σπανακιού, αγκινάρας, πιπεριάς, τομάτας, σέλινου, μαϊντανού, μαρουλιού, πετούνιας, ζίννιας και κατηφέ.

Στην Κρήτη, ο ιός επισημάνθηκε και στη μελιτζάνα αλλά δε φαίνεται να αποτελεί σοβαρό πρόβλημα. Πρόσφατα, ο ιός εντοπίστηκε σε φυτεία μπανάνας στην περιοχή Μαλίων της Κρήτης.

Συμπτώματα

Τα συμπτώματα που προκαλεί ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς εξαρτώνται κυρίως από τον ξενιστή.

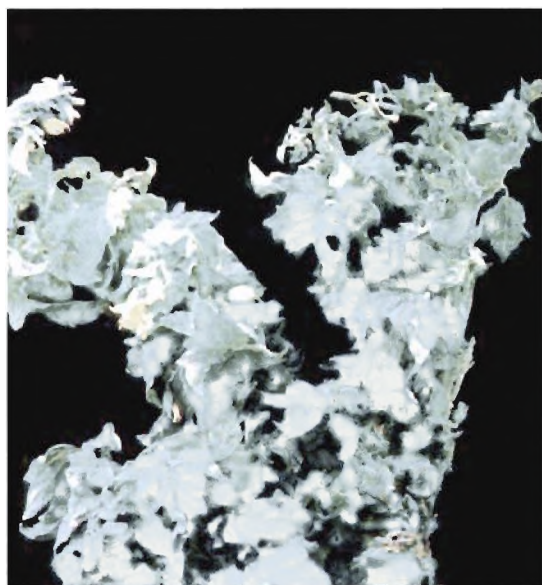
Στην αγγουριά, ιδιαίτερα όταν η προσβολή από τον ιό συμβαίνει σε νεαρό στάδιο, τα φυτά μένουν νάνα και τελικά ξηραίνονται. Σε μεγαλύτερης ηλικίας φυτά, χαρακτηριστικά συμπτώματα της ασθένειας είναι στα φύλλα διαφάνεια των νευρώσεων, ποικιλόχρωση, μωσαϊκό και κίτρινες κηλίδες (Εικ. 1α). Στους καρπούς εμφανίζεται κίτρινο μωσαϊκό, ποικιλόχρωση, βοθρίωση, βυθίνσεις (βοθρία) και άλλες παραμορφώσεις (Εικ 1β). Έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένες φυλές του ιού προκαλούν γρήγορο μαρασμό σε ευαίσθητες ποικιλίες αγγουριάς. Παρατηρείται επίσης, αποπληξία των φυτών της αγγουριάς ως αποτέλεσμα της συνεργιστικής δράσης του CMV και διαφόρων εδαφογενών φυτοπαθογόνων μυκήτων όπως το πύθιο (*Pythium ultimum*) και παθογόνα είδη που προκαλούν αδροφουζαριώσεις (*Fusarium spp.*), σε φυτά μολυσμένα ταυτόχρονα με τα δύο παθογόνα.



Εικόνα 1α. Μωσαϊκό σε φύλλο αγγουριάς

Εικόνα 1β. Μωσαϊκό, ποικιλόχρωση και παραμόρφωση σε καρπό αγγουριάς από τον CMV

Στην τομάτα ο CMV προκαλεί σοβαρές ασθένειες, ιδιαίτερα στις υπαίθριες καλλιέργειες, επιτραπέζιες και βιομηχανικές. Τα συμπτώματα προσβολής είναι νημάτωση των φύλλων και εσωτερική καστανώση (από τις τυπικές φυλές), συμπαγής, θαμνώδης εμφάνιση φυτών, βράχυνση των μεσογονατίων διαστημάτων και αλλοιώσεις καρπών (ασθένεια **συρρίκνωση της τομάτας**), αλλοιώσεις και μεταχρωματισμοί καρπών (ασθένεια **σκλήρυνση των καρπών τομάτας**) (Κυριακοπούλου κ.α., 1991) (Εικ. 2^α) και έντονη, ταχύτατη νέκρωση των φυτών και των καρπών (ασθένεια **νέκρωση της τομάτας**) (Μπεμ, 1989). Ο ιός συχνά συνυπάρχει σε μικτές προσβολές με τον ιό Y της πατάτας. Επίσης, ο ιός προσβάλλει την πιπεριά προκαλώντας έντονα συμπτώματα μωσαϊκού, χλωρωτικών σχεδίων και νεκρώσεων των καρπών (Εικ. 2β).



Εικόνα 2α. Συρρίκνωση φυτού τομάτας προσβεβλημένου από το μωσαϊκό της αγκουριάς



Εικόνα 2β. Νεκρωτικά στίγματα σε καρπό πιπεριάς

Στην κολοκυθιά, η οποία είναι η καλλιέργεια που υποφέρει περισσότερο στη χώρα μας, καμία από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες δε φαίνεται να είναι ανθεκτική ή ανεκτική στον ιό. Πιο ευαίσθητες είναι οι ποικιλίες Abodanza 100, Carina F1 2000, Frini και Imperial. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται στα φύλλα που έγινε η μόλυνση είναι μικρές χλωρωτικές ή κίτρινες κηλίδες. Τα φύλλα που μολύνονται αργότερα, εμφανίζουν χλώρωση των νευρώσεων, χλωρωτικές κηλίδες, ποικιλόχρωση, ακανόνιστες διαφανείς χλωρωτικές ή κίτρινες περιοχές (Εικ. 3). Στο έλασμα των φύλλων ο ιός προκαλεί τραχύτητα, κατσάρωμα και μείωση του μεγέθους ενώ τα φύλλα κατευθύνο-

φύλλων ο ιός προκαλεί τραχύτητα, κατσάρωμα και μείωση του μεγέθους ενώ τα φύλλα κατευθύνονται προς τα πάνω. Οι καρποί είναι μικρότεροι και κατώτερης ποιότητας. Η υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών οφείλεται κυρίως στα βοηθία σκοτεινού πράσινου χρώματος. Τα ασθενή φυτά δίνουν συνήθως λιγότερους καρπούς, ένας αριθμός από τους οποίους τελικά μαραίνεται και ξηραίνεται ενώ είναι ακόμα σε νεαρή ηλικία. Τα άνθη στην κορυφή των καρπών συνήθως μένουν μικρά, πράσινα και κλειστά για μεγάλο χρονικό διάστημα. Γενικά, η ανάπτυξη του φυτού είναι περιορισμένη.

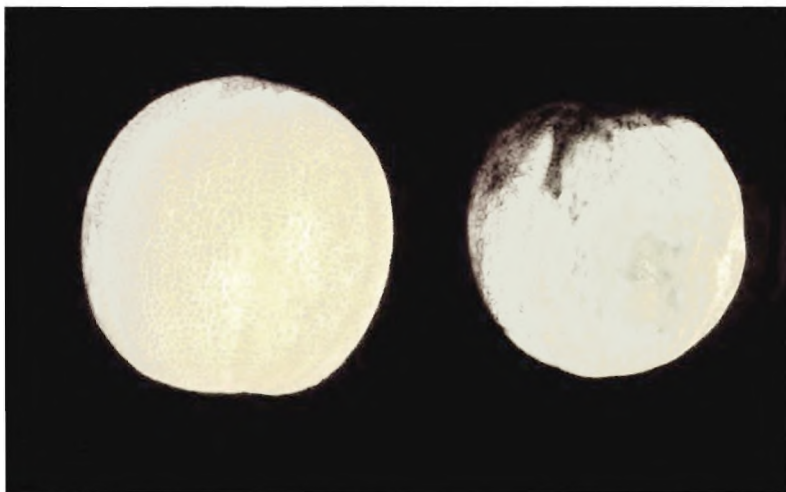


Εικόνα 3. Μωσαϊκό σε νεαρό φύλλο κολοκυθιάς

Στην πεπονιά, τα συμπτώματα μοιάζουν με αυτά της κολοκυθιάς αλλά συνήθως είναι ηπιότερα (Εικ. 4). Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα. Οι καρποί είναι μικροί, άγευστοι και παραμορφωμένοι, λόγω του σχηματισμού μεγάλων επαρμάτων με βαθύτερο πράσινο χρώμα στην επιφάνειά τους (Εικ. 5).



Εικόνα 4. Μωσαϊκό στα φύλλα κορυφής φυτού πεπονιάς



Εικόνα 5. Μωσαϊκό και πράσινα επάρματα σε καρπό πεπονιάς λόγω προσβολής από τον CMV

Στη μελιτζάνα, το χαρακτηριστικότερο σύμπτωμα είναι ο μεταχρωματισμός των φύλλων που συνήθως συνοδεύεται από ελαφρές παραμορφώσεις του ελάσματος. Ο μεταχρωματισμός τις περισσότερες φορές είναι ήπιο κίτρινο μωσαϊκό. Τα προσβεβλημένα φυτά εμφανίζουν μειωμένη ανάπτυξη και παραγωγή. Οι καρποί είναι μικρότεροι, μερικές φορές παραμορφωμένοι και εμφανίζουν χρωματικές αλλοιώσεις υπό μορφή ραβδώσεων κιτρινοπράσινου μεταχρωματισμού.

Την καρπουζιά προσβάλλει μία μόνο φυλή του ιού, η οποία προκαλεί νανισμό και ποικιλόχρωση, αλλά μικρότερης έντασης από αυτή που παρατηρείται στην αγγουριά και την κολοκυθιά.

Στη μπανάνα, ο ιός προκαλεί νανισμό και χλωρωτικές ραβδώσεις στα φύλλα.

in vitro επιβίωσή του είναι 72-96 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου. Είναι ευρύτατα διαδεδομένος. Προσβάλλει λαχανικά, καλλωπιστικά, αυτοφυή, ζιζάνια ανήκοντα σε 86 οικογένειες, ακόμη δε και διάφορα δένδρα (πολυετή είδη), όπως η μουριά. Υπάρχουν πολλές φυλές του ιού που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τους ξενιστές που προσβάλλονται, τα συμπτώματα που προκαλούν, τον τρόπο μεταδόσεως κ.α. Μερικές φυλές προκαλούν κίτρινο μωσαϊκό.

Μεταδίδεται πολύ εύκολα μηχανικά (χέρια, ρούχα, εργαλεία κτλ.), με τις αφίδες (100 είδη αφίδων, μη έμμοнос τρόπος), με την κουσκούτα και σε μικρό ποσοστό και σε ορισμένα είδη, με το σπόρο. Τα μολύσματα προέρχονται από τα πολυετή ζιζάνια στα οποία διαχειμάζει ο ιός. Δεν επιβιώνει πολύ στα φυτικά υπολείμματα. Στα νέα φυτά ο χρόνος επώσεως είναι 4-5 ημέρες, ενώ στα ανεπτυγμένα 18-20 ημέρες.

Καταπολέμηση

Η αντιμετώπιση του CMV, σε σύγκριση με άλλους ιούς που μεταδίδονται με αφίδες, είναι αρκετά δύσκολη.

Αυτό οφείλεται :

1. Στο μεγάλο εύρος ξενιστών που έχει ως αποτέλεσμα αρκετά καλλιεργούμενα είδη και ζιζάνια που αποτελούν πηγές του ιού.
2. Στο μεγάλο αριθμό των ειδών αφίδων-φορέων του, γεγονός που οφείλεται στο χαμηλό βαθμό εξειδίκευσης με τις αφίδες-φορείς. Οι αφίδες προσλαμβάνουν και μεταδίδουν τον ιό σε φυτικά είδη που 'επισκέπτονται' και εκτελούν νύγματα δοκιμασίας κατά την αναζήτηση του κατάλληλου φυτού-ξενιστή. Αυτό μειώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των εντομοκτόνων που χρησιμοποιούνται για την ανάσχεση της διασποράς του.
3. Η ανθεκτικότητα ορισμένων ποικιλιών στον ιό περιορίζεται σε ελάχιστα είδη, συνεπώς ελάχιστα μπορεί να προσφέρει στην αντιμετώπιση του ιού.

Από τους τρόπους διατήρησης, μετάδοσης και επέκτασης του μωσαϊκού της αγγουριάς που αναφέρθηκαν παραπάνω συστήνονται τα παρακάτω μέτρα:

- Χρησιμοποίηση σπόρου που είναι απαλλαγμένος από τον ιό. Αν όλα τα φυτά μιας ποικιλίας είναι μολυσμένα με τον ιό, τότε μπορούν να εξυγιανθούν με τη μέθοδο της θερμοθεραπείας. Αυτή η μέθοδος εφαρμόστηκε με επιτυχία στο αγγούρι, στον τάτουλα (*Datura stramonium*) και τη βεγόνια. Τα μολυσμένα φυτά διατηρήθηκαν στους 36°C για 21-32 ημέρες. Στην περίπτωση όμως της βεγόνιας, για την απαλλαγή των

μολυσμένων από τον ιό φυτών χρειάστηκε έκθεσή τους (θερμοθεραπεία) για διάστημα 2 μηνών στους 38°C. Πάντως, στους περισσότερους πληθυσμούς μιας ποικιλίας, υπάρχουν συνήθως άτομα απαλλαγμένα από τον ιό, τα οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την παραγωγή υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού. Με αυτό τον τρόπο έγινε επιλογή πολλών ποικιλιών χρυσάνθεμου και άλλων καλλωπιστικών φυτών.

- Με την προϋπόθεση πως ο σπόρος που χρησιμοποιήθηκε είναι υγιής, πρέπει να λαμβάνονται ορισμένα πρόσθετα μέτρα για την αποφυγή “εισβολής” του ιού από γειτονικούς αγρούς. Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο ιός προσβάλλει πολλά ζιζάνια και μεταδίδεται από πολλά είδη αφίδων, που συχνά οικοδομούν τους πληθυσμούς τους στην παρακείμενη αυτοφυή βλάστηση. Επεμβάσεις που θα έχουν σαν αποτέλεσμα την καταστροφή των ζιζανίων και τον περιορισμό των αφίδων θα συμβάλουν στον περιορισμό της ζημιάς από τον ιό.
- Πρόσφατα, ερευνητικές εργασίες έδειξαν ότι καταστροφή των ζιζανίων σε απόσταση 69 μέτρων από καλλιέργεια αγγουριού και σέλινου είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της προσβολής από τον ιό (Κατής, 1996). Η αποτελεσματικότητα όμως αυτού του μέτρου αμφισβητήθηκε από πολλούς ερευνητές. Το μωσαϊκό της αγγουριάς, αλλά και πολλοί μη έμμονοι ιοί εξαπλώνονται γρηγορότερα σε μικρά αγροτεμάχια (αστικοί λαχανόκηποι) γιατί περιβάλλονται από πολλά (σε σχέση με το μέγεθός τους) ζιζάνια-ξενιστές του ιού. Έτσι, στη Φλόριδα της Αμερικής, μειώθηκε σημαντικά η προσβολή από το μωσαϊκό του αγγουριού όταν αυξήθηκε το μέγεθος των αγροτεμαχίων. Η συστηματική καταπολέμηση των αφίδων, αν και δεν καταστέλλει την εξέλιξη του ιού, είναι επιβεβλημένη.
- Επίσης, εδαφοκάλυψη με διάφορα υλικά όπως αλουμινόχαρτο ή φύλλο πλαστικού απωθεί τις αφίδες από την καλλιέργεια και μειώνει μ’ αυτό τον τρόπο την προσβολή από τον ιό. Η προστασία ισχύει εφ’ όσον αυτή η αντανακλαστική επιφάνεια διατηρείται καθαρή και δεν καλύπτεται από την καλλιέργεια. Η εδαφοκάλυψη μεταξύ των γραμμών, με διαφανές ή μπλε χρώματος πλαστικό, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση

της ζημιάς σε καλλιέργεια αγγουριάς από τους ιούς του μωσαϊκού της αγγουριάς και του μωσαϊκού της καρπουζιάς κατά 70%. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν και σε πειράματα στο Ισραήλ, όπου κάλυψη του εδάφους με πολυαιθυλένιο γκριζου χρώματος μείωσε τον αριθμό των αφίδων στην καλλιέργεια κατά 80% και την εξάπλωση του ιού Υ της πατάτας και του μωσαϊκού της αγγουριάς περισσότερο από 90%. Στο Ισραήλ επίσης, η επέκταση του ιού σε καλλιέργεια πιπεριάς, μειώθηκε σημαντικά, όταν γύρω από τους αγρούς τοποθετήθηκαν κίτρινα φύλλα πολυαιθυλενίου, που είχαν καλυφθεί με κόλλα.

- Ψεकाσμοί με λάδια μείωσαν κατά 90% τη ζημιά από τον ιό, σε καλλιέργεια αγγουριού στο Ισραήλ (Κατής, 1996). Όμως σε άλλες χώρες τα αποτελέσματα δεν ήταν τόσο θεαματικά. Ένα μειονέκτημα των λαδιών είναι η φυτοτοξικότητά τους. Πρόσφατα δοκιμάστηκε ο ψεκασμός μίγματος λαδιού και πυρεθρίνης και τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά, διότι η συνδυασμένη εφαρμογή επιτρέπει τη μείωση της συγκέντρωσης του λαδιού σε χαμηλά επίπεδα και συνεπώς αποφεύγονται οι δυσμενείς επιπτώσεις της φυτοτοξικότητας στα καλλιεργούμενα κολοκυνθοειδή και γενικότερα κηπευτικά που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα.
- Για τη μείωση της προσβολής από τον ιό σε καλλιέργειες αγγουριάς και πιπεριάς χρησιμοποιήθηκε επίσης η μέθοδος των “φρακτών” γύρω από την ευαίσθητη στον ιό καλλιέργεια. Σαν “φράκτες” χρησιμοποιούνται λωρίδες καλλιέργειας καλαμποκιού, ηλίανθου και σόργου, δηλαδή φυτών άνοσων στον ιό.
- Πάντως, ο αποτελεσματικότερος και οικονομικότερος τρόπος για την αντιμετώπιση του μωσαϊκού της αγγουριάς αλλά και όλων των μηέμνων ιών είναι η χρησιμοποίηση ανεκτικών και ανθεκτικών ποικιλιών. Όμως, ανθεκτικότητα στον ιό έχει εντοπισθεί σε λίγα μόνο είδη. Ανθεκτικές στον ιό ποικιλίες αγγουριού, σπανακιού και πεπονιού έχουν ήδη απελευθερωθεί στο εμπόριο. Διαφορές όσο αφορά την ανθεκτικότητα στον ιό, βρέθηκαν και σε ποικιλίες γλαδιόλου, τόσο σε πειράματα στον αγρό όσο και στο εργαστήριο. Οι ποικιλίες Eurovision και Trader Hrn είναι αρκετά ανθεκτικές, ενώ η Pecus και η Commando

αποδείχθηκαν αρκετά ευαίσθητες. Πρόσφατα ερευνήθηκε επίσης η δυνατότητα χρησιμοποίησης ποικιλιών πεπονιού, που είναι ανθεκτικές στη μετάδοση του ιού με το φορέα *Aphis gossypii* (αφίδα του βάμβακος και των κολοκυνθοειδών). Αυτές οι ποικιλίες φαίνεται να υπόσχονται πολλά εκεί όπου κύριος φορέας της ίωσης είναι το παραπάνω είδος. Στο Ισραήλ, δύο ποικιλίες πιπεριάς βρέθηκαν ανθεκτικές στη μόλυνση από τον ιό με τις αφίδες *Myzus persicae* και *Aphis craccivora*.

- Η χρήση δορυφορικού RNA, είτε ως μόλυσμα για τον 'προεμβολιασμό' των φυτών (σταυροειδής προστασία) στον αγρό ή εκφραζόμενο σε γενετικώς τροποποιημένα φυτά υπόσχεται αρκετά για την αντιμετώπιση του ιού. Τα τελευταία χρόνια δημιουργήθηκαν επίσης διαγονιδιακά φυτά αγγουριάς στα οποία εκφράζεται το πρωτεϊνικό καψίδιο του ιού.
- Ουσίες με αντική δράση έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί στο εργαστήριο. Τέτοιες ουσίες όπως το Sodium Lauryl Sulfate, Crystal Violet ή Thiouracil, όταν αναμίχθηκαν με τον ιό μείωσαν αισθητά τη μολυσματικότητα του (όταν οι μολύνσεις έγιναν μηχανικά). Αντίθετα, όταν η μετάδοση έγινε με αφίδες οι παραπάνω ουσίες δεν επέφεραν μείωση της μετάδοσης. Προς το παρόν αντικές ουσίες δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση των ιών. Πάντως περαιτέρω έρευνα για να εντοπισθεί ο μηχανισμός δράσης των ουσιών αυτών, θα βοηθήσει σημαντικά στην αξιοποίησή τους.

5.2. Μωσαϊκό της καρπουζιάς 2 (Watermelon mosaic virus 2 wmvn 2)

Αναφέρθηκε σε πολλές χώρες, όπως η Αυστραλία, η Τσεχοσλοβακία, η Χιλή, η Ουγγαρία, το Ισραήλ, η Ιταλία, η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία, η Αμερική και η Γιουγκοσλαβία. Στη χώρα μας, βρέθηκε αρχικά στην Κρήτη (Avgelis, 1983) σε καλλιέργειες αγγουριάς, πεπονιάς, καρπουζιάς και κολοκυθιάς. Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι είναι διαδεδομένη σε ολόκληρη τη χώρα.

Συμπτώματα

Η συμπτωματολογία του ιού επηρεάζεται από τη φυλή του ιού και το γενότυπο του ξενιστή.

Στα κολοκυνθοειδή, ο ιός προκαλεί χλώρωση, ποικιλόχρωση και παραμόρφωση των φύλλων, καθώς και αναστολή της αύξησης του φυτού. Ειδικότερα, στο καρπούζι παρατηρείται μωσαϊκό και παραμόρφωση των φύλλων, ενώ εκατέρωθεν των νεύρων υπάρχει μια στενή λωρίδα σκούρου πράσινου παρεγχύματος (περινεύριος μεταχρωματισμός). Στο κολοκύθι, παρατηρείται μωσαϊκό, μεσονεύρια χλώρωση, καθώς επίσης σοβαρή παραμόρφωση του ελάσματος των φύλλων, το οποίο μπορεί να παρουσιάζει και ανυψωμένες πράσινες φλύκταινες (φλυκταινοειδές μωσαϊκό) (Εικ. 6).



Εικόνα 6. Φλυκταινοειδές μωσαϊκό, έντονη παραμόρφωση και νημάτωση του ελάσματος. Έντονα συμπτώματα προσβολής από τον ιό του μωσαϊκού της καρπουζιάς

Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης

Την ασθένεια προκαλεί ο ιός Watermelon mosaic ο οποίος είναι μέλος της ομάδας *Potyvirus* και έχει νηματόμορφα σωματίδια μήκους 750-780nm. Το σημείο

θερμικής αδρανοποίησης του ιού είναι 65°C. Μερικές απομονώσεις του ιού χάνουν τη μολυσματικότητά τους μετά από 10-20 ημέρες στους 18-24°C, ενώ άλλες τη διατηρούν για διάστημα 50 ημερών. Όλες οι απομονώσεις του ιού ήταν μολυσματικές στην αραιώση 10⁻², μερικές τη διατήρησαν και στην αραιώση 10⁻⁴, όμως όλες αποδείχθηκαν μη μολυσματικές στην αραιώση 5x10⁻⁴.

Πηγές του ιού αποτελούν εκτός από τους καλλιεργούμενους ξενιστές και διάφορα ζιζάνια όπως το *Malva parviflora* (μολόχα).

Στη φύση, ο ιός μεταδίδεται από τουλάχιστον 39 είδη αφίδων που ανήκουν σε 19 γένη. Οι κυριότεροι φορείς του είναι τα είδη *Aphis citricola*, *A. craccivora*, *A. gossypii*, *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae* και *Toxoptera citricidus*. Πρόσφατα, αναφέρθηκε επίσης μετάδοση δύο απομονώσεων του ιού με τον υπονομευτή ή φυλλορύκτη (*Liriomyza sativae*). Όμως, η αποτελεσματικότητα μετάδοσης ήταν χαμηλή και συνεπώς δε φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην επιδημιολογία του ιού. Δεν παρατηρήθηκε μετάδοση του ιού με το σπόρο αγγουριού, αρακά, κολοκυθίου και καρπουζιού.

Καταπολέμηση

Για την καταπολέμηση του μωσαϊκού της καρπουζιάς συστήνονται τα παρακάτω μέτρα :

1. Χρησιμοποίηση ανθεκτικών ή ανεκτικών ποικιλιών. Πρόσφατα βρέθηκε μια σειρά πεπονιού, ανθεκτική στη μετάδοση του μωσαϊκού της καρπουζιάς και του ιού της δακτυλιωτής κηλίδωσης του carica paraya, με την αφίδα *A. gossypii*. Σε εργασία που έγινε πρόσφατα από τα 670 accessions του είδους *Citrullus lanatus*, 5 του είδους *Citrullus colocynthis* βρέθηκαν ανθεκτικά στον ιό. Ανθεκτικότητα αναφέρθηκε επίσης στο αγγούρι, τα φασόλια και τον αρακά.
2. Στην Καλιφόρνια της Αμερικής μειώθηκε η προσβολή του ιού σε καλλιέργεια κολοκυθιάς, όταν έγινε εδαφοκάλυψη με αλουμινόχαρτο ή λευκό πλαστικό.
3. Καλλιέργεια σιταριού μέσα και περιμετρικά σε αγρό κολοκυθιάς μειώνει την προσβολή από τον ιό. Πειράματα στην Καλιφόρνια των Η.Π.Α. έδειξαν ότι σε αγρούς που περιβάλλονταν από σιτάρι μόνο 4% των φυτών ήταν προσβεβλημένα σε σύγκριση με ποσοστό προσβολής 82% στους αγρούς χωρίς σιτάρι.

5.3. Κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς (*Zucchini yellow mosaic virus, ZYMV*)

Γεωγραφική κατανομή

Εντοπίστηκε αρχικά σε πολλές χώρες της Μεσογείου (Ιταλία, Γαλλία, Ισπανία, Μαρόκο, Αίγυπτος, Ισραήλ, Λίβανος, Τουρκία), ενώ αργότερα εντοπίστηκε στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη (Γερμανία, Μεγάλη Βρετανία), στις Η.Π.Α. και την Αυστραλία. Αποτελεί ένα από τα πιο επιζήμια παθογόνα των κολοκυνθοειδών διεθνώς.

Στη χώρα μας εντοπίστηκε πρόσφατα και φαίνεται να είναι διαδεδομένος σε ολόκληρη τη χώρα. Προσβάλλει την καρπουζιά, κολοκυθιά, πεπονια και την αγγουριά. Οι απώλειες από τον ιό στην κολοκυθιά όταν η μόλυνση των φυτών γίνει σε νεαρή ηλικία κυμαίνονται από 76-94%.

Εόρος ξενιστών

Στη χώρα μας εντοπίστηκε σχετικά πρόσφατα (Κυριακοπούλου και Βαρβέρη, 1991). Οι ξενιστές του ZYMV προέρχονται κυρίως από την οικογένεια των *Cucurbitaceae* (κολοκυνθοειδών), ενώ από τα καλλιεργούμενα είδη προσβάλλονται η καρπουζιά, η κολοκυθιά, η πεπονια και η αγγουριά. Οι απώλειες από τον ιό στην κολοκυθιά όταν η μόλυνση των φυτών γίνει σε νεαρή ηλικία κυμαίνονται από 76 έως 94%. Εκτός των κολοκυνθοειδών ως ξενιστές του ιού έχουν αναφερθεί μέλη των οικογενειών Labiatae (*Lamium amplexicaule* L.), Leguminosae (*Trigonella foenum-graceum* L.), Ranunculaceae (*Ranunculus sardous* Crantz) και Scrophulariaceae (*Torenia fournieri* Linden ex. E. foun). Ο ιός έχει βρεθεί να προσβάλλει πειραματικά (σε εργαστηριακές δοκιμές) τα είδη *Tetragonia expansa* (Airoaceae), *Gomphrena globosa* L. (Amaranthaceae), *Chenopodium amaranticolor* Coste et Reyn, *C. quinoa* Willd και *Spinacia oleracea* L. (Chenopodiaceae), *Phaseolus vulgaris* L. ποικιλίες "Saxa", "Double White Princess" και "Great Northern 123" (Leguminosae), *Ammi majus* L. (Umbelliferae) και *Nicotiana clevelandii* Gray (Solanaceae) τα οποία εκδηλώνουν συμπτώματα τοπικής μόλυνσης (συχνά λανθάνουσα), ενώ έντονα διασυστηματικά συμπτώματα ανιχνεύτηκαν μόνο στα κολοκυνθοειδή.

Συμπτώματα

Στην κολοκυθιά και πεπονιά παρατηρείται μωσαϊκό ή κίτρινο μωσαϊκό, συνήθως φλυκταινοειδές ή ταινιοειδές, δεσμίωση των νεύρων και ακανόνιστη στένωση, μέχρι νημάτωση των λοβών στα φύλλα (Εικ. 7α). Τα προσβεβλημένα φυτά εμφανίζουν επίσης μωσαϊκό και ισχυρή παραμόρφωση των καρπών. Πολλές φορές παρατηρούνται θολωτά επάρματα στην επιφάνεια των καρπών (Εικ. 7β.). Στα φυτά παρατηρείται καθυστερημένη ανάπτυξη, κυρίως περί την κορυφή τους. Ακόμα, εκδηλώνεται παραμόρφωση σπόρων καθώς και αποσύνθεση (υποβάθμιση) της σάρκας των καρπών (Εικ. 8).



Εικόνα 7α. Φλύκταινες σε φύλλο πεπονιάς συνέπεια προποσβολής από τον ZYMV

Εικόνα 7β. Έντονη παραμόρφωση καρπών κολοκυθιάς



Εικόνα 8. Αποσύνθεση της σάρκας πεπονιού προερχόμενου από φυτό μολυσμένο με τον ZYMV

Στην αγγουριά παρατηρείται φλυκταινοειδές μωσαϊκό στα φύλλα και παραμορφώσεις στους καρπούς.

Πολύ συχνές είναι και οι μικτές μολύνσεις των κολοκυνθοειδών με τους ιούς CMV, WMV2, και ZYMV (Παπαβασιλείου, 2001).

Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης

Την ασθένεια προκαλεί ο ιός Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) με εύκαμπτα νηματοειδή ιοσωμάτια μήκους 750nm. Είναι ορολογικά συγγενής με τον ιό του μωσαϊκού της καρπουζιάς 2.

Στον αγρό μεταδίδεται με τουλάχιστον 30 είδη αφίδων με μη-έμμονο τρόπο. Οι κυριότεροι φορείς είναι τα είδη *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Aphis citricola* και *Macrosiphum euphorbiae*. Δε μεταδίδεται με το σπόρο ή μεταδίδεται σε πολύ μικρό ποσοστό (0,047% στην κολοκυθιά). Συνεπώς, η μετάδοση με το σπόρο έχει μάλλον μικρή επιδημιολογική σημασία.

Αρκετά συχνά ο ιός συναντάται σε μικτές μολύνσεις με τους ιούς CMV και WMV2, προκαλώντας έντονα παραμορφωτικά φαινόμενα στα προσβεβλημένα φυτά.

Καταπολέμηση

Για την αντιμετώπιση του ιού συνιστώνται μέτρα που εφαρμόζονται και για την αντιμετώπιση των άλλων μη-έμμονων ιών.

Αυτά είναι :

1. Εδαφοκάλυψη με διάφορα πλαστικά που αντανακλούν το φως, μειώνουν τη συχνότητα εμφάνισης του ιού ZYMV αλλά και άλλων μη-έμμονων αφιδομεταδιδόμενων ιών.
2. Ψεκασμοί με λάδια (σοβαρό μειονέκτημα η φυτοτοξικότητά τους). Το μειονέκτημα αυτό περιορίζεται με την ταυτόχρονη εφαρμογή των ελαίων με πυρεθρίνες.
3. Καταπολέμηση των αφίδων-φορέων (όπως και για όλους τους μη-έμμοτους ιούς δεν αναστέλλει την εξέλιξη του ιού, πιθανόν να μειώνει το ρυθμό της ανάπτυξης).
4. Προεμβολιασμός των φυτών με ήπια στελέχη του ιού (μέθοδος 'σταυροειδούς προστασίας'). Πρόσφατα πειράματα στη Γαλλία και την Αμερική έδειξαν ότι η μόλυνση των φυτών στον αγρό με ήπια στελέχη του ιού προστατεύει τα φυτά αγγουριάς, κολοκυθιάς, και πεπονιάς από τον ιό. Τα φυτά αντιδρούν με την

την εκδήλωση ηπιότερων συμπτωμάτων όταν προσβάλλονται από τις ισχυρά παθογόνες φυλές του ιού (Walkey et al., 1992).

5. Ανθεκτικές ποικιλίες. Πρόσφατες ποικιλίες έδειξαν ότι η ποικιλία αγγουριάς Dina, καθώς και ορισμένες σειρές καρπουζιάς είναι ανθεκτικές στον ιό.
6. Πρόσφατες έρευνες στις Η.Π.Α., έδειξαν ότι η χρησιμοποίηση διαγονιδιακών φυτών μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση του ιού (Κατής, 1996).

5.4. Κοινό μωσαϊκό της τομάτας (Tomato mosaic virus, ToMV)

Συμπτώματα

Ο ιός προκαλεί μεγάλη ποικιλία συμπτωμάτων στα ευπαθή φυτά. Τα συμπτώματα εμφανίζονται στα φύλλα, τα στελέχη ή τους καρπούς και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία ανάλογα με την ποικιλία, τη φυλή του ιού, την ηλικία των φυτών και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Τα πλέον εμφανή συμπτώματα περιλαμβάνουν μωσαϊκό, νανισμό των φυτών, παραμόρφωση, μερικές φορές νεκρώσεις και τέλος ποικιλόχρωση καρπών.

Λεπτομερέστετα τα συμπτώματα που προκαλούνται στην τομάτα από την τυπική (κοινή) φυλή του ιού είναι τα ακόλουθα: Μωσαϊκό στα φύλλα, καρούλιασμα ή κατσάρωμα και παραμόρφωση του ελάσματος. Άλλα συμπτώματα είναι ο αποχρωματισμός (διαφάνεια) των νεύρων, κατά θέσεις κατσάρωμα του ελάσματος, νεύρα που αναπτύσσονται σε πολύ οξείες γωνίες, φύλλα μικρότερα και στενότερα. Το έλασμα των φύλλων μπορεί να είναι πολύ στενό και οξύ οπότε τα φύλλα αποκτούν εμφάνιση “φύλλου φτέρης”. Σε μερικές περιπτώσεις τα φύλλα γίνονται τόσο στενά και επιμήκη που μοιάζουν με νήματα ή κορδόνια (νημάτωση). Τα τελευταία συμπτώματα μοιάζουν με τοξικότητα που προκαλείται από ορμονικά ζιζανιοκτόνα (2,4 D, MCPA) ή από τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV).

Τα ασθενή φυτά παρουσιάζουν μειωμένη ανθοφορία, καρπόδεση και παραγωγή. Οι καρποί είναι μικρότεροι, και συχνά εμφανίζουν παραμορφώσεις και ανομοιόμορφο χρωματισμό (Εικ. 9).



Εικόνα 9. Παραμόρφωση, νεκρωτικές περιοχές και ανομοιόμορφη ωρίμανση καρπών βιομηχανικής τομάτας (τυπικά συμπτώματα προσβολής από τον ιό του μωσαϊκού της τομάτας)

Επίσης, στο φύλλωμα και τους καρπούς εμφανίζονται συμπτώματα όπως κίτρινο μωσαϊκό, νεκρωτικές κηλίδες ή ράβδωση του ελάσματος, των βλαστών ή της επιφάνειας των καρπών από διάφορες φυλές του ιού. Επίσης, μερικές ποικιλίες που είναι ετεροζύγωτες στην ανοχή στον ιό εμφανίζουν νεκρωτικά συμπτώματα. Οι φυλές της τομάτας ταξινομούνται με βάση την ικανότητά τους να προκαλούν συμπτώματα σε ποικιλίες τομάτας που περιέχουν τους γόνους ανοχής Tm-1, Tm-2 ή Tm-2₂ (μέθοδος Pelham). Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το συνηθέστερο σύμπτωμα είναι έντονη ποικιλοχλώρωση (εναλλαγή διαφόρων αποχρώσεων του πράσινου χρώματος χωρίς σαφή όρια μεταξύ τους) του ελάσματος των φύλλων. Τη χειμερινή περίοδο, με μειωμένη ένταση φωτισμού, μικρές ημέρες και θερμοκρασίες κάτω των 20°C, τα συχνότερα συμπτώματα είναι νανισμός των φυτών και παραμόρφωση των φύλλων (φύλλα φτέρης κτλ.) καθώς και ελαφρά ποικιλοχλώρωση των φύλλων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν διαπιστωθεί σε διάφορες περιοχές της χώρας μας προσβολές της τομάτας και από τις ακόλουθες δύο φυλές του ιού:

(α) φυλή δακτυλίων (tobacco mosaic virus-ring)

(β) φυλή νέκρωσης των καρπών (tobacco mosaic virus-fruit necrosis strain).

Ο TMV (φυλή πιπεριάς) προκαλεί μωσαϊκό και παραμορφώσεις στα φύλλα (Εικ. 10) και τους καρπούς της πιπεριάς. Η ασθένεια στην πιπεριά είναι πολύ σοβαρή στην Κρήτη. Ο ιός μεταδίδεται με το σπόρο της πιπεριάς σε υψηλό ποσοστό.



Εικόνα 10. Πράσινο μωσαϊκό σε φύλλα πιπεριάς λόγω προσβολής από τους ToMV/TMV

Προσβολές φυτών μελιτζάνας από TMV έχουν σημειωθεί σε λίγες περιπτώσεις σε διάφορες περιοχές της χώρας, με συμπτώματα μωσαϊκού των φύλλων και παραμορφώσεως καρπών (Εικ. 11).



Εικόνα 11. Μωσαϊκό και νεκρώσεις σε φύλλα μελιτζάνας (ToMV)

Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης

Η ασθένεια οφείλεται σε διάφορες φυλές του ιού Tobacco mosaic virus (TMV) ή του Tomato mosaic virus (ToMV). Είναι ιοί πολύ συγγενείς έως ταυτόσημοι. Τα σωματίδια του ιού είναι κυλινδρικά διαστάσεων 18x300 nm και περιέχουν RNA μονονηματικό. Ο ιός ανήκει στο γένος *Tobamovirus*, του οποίου αποτελεί το τυπικό είδος. Το πρωτεϊνικό του περίβλημα (καψίδιο) αποτελείται από περίπου 2130 πρωτεϊνικές υπομονάδες του ίδιου είδους που είναι διατεταγμένες κατά ελικοειδή τρόπο και κάθε υπομονάδα αποτελείται από 6400 νουκλεοτίδια και σχηματίζει επίσης μία έλικα. Οι φυσικές απομονώσεις (στελέχη) του ιού κατατάσσονται σε δύο κύριες ομάδες. Τα στελέχη του καπνού μολύνουν κυρίως τον καπνό και σπανίως ή με δυσκολία την τομάτα.

Ο TMV έχει μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία (σημείο θερμικής αδρανοποίησης 93°C επί 10 λεπτά) και η οριακή του αραιώση εντός του φυτικού χυμού είναι 10⁶. Σε ξηρά μολυσμένα φύλλα στο εργαστήριο είναι δυνατόν να διατηρεί τη μολυσματικότητά του για περισσότερα από 50 χρόνια. Έχει ευρύτατο κύκλο ξενιστών και προσβάλλει περισσότερα από 150 γένη καλλιεργούμενων και αυτοφυών φυτών.

Υπάρχουν πολλές φυλές του ιού που διαφέρουν ως προς το είδος και τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων που προκαλούν, καθώς επίσης και ως προς τις αντιγονικές

ιδιότητες και τη συμπεριφορά τους σε φυσικούς και χημικούς παράγοντες. Μερικές από τις φυλές αυτές είναι οι εξής : tomato aucuba mosaic strain (προκαλεί κυρίως κίτρινο μωσαϊκό τύπου Aucuba), tomato enation mosaic strain (προκαλεί παραμόρφωση φύλλων και σχηματισμό γλωσσιδίων), yellow ring spot strain (προκαλεί το σχηματισμό κίτρινων δακτυλίων), tomato streak strain (προκαλεί ραβδώσεις στα στελέχη, φύλλα, καρπούς), tomato rosette strain (προκαλεί τη δημιουργία 'ροζέτας'), tomato black fleck strain (προκαλεί την εμφάνιση μαύρων στιγμάτων) κ.α.

Ο ιός μεταδίδεται πολύ εύκολα μηχανικώς (δι' επαφής, δια του χυμού, δια τριβής). Μεταδίδεται πολύ αποτελεσματικά μεταξύ φυτών με επαφή, με τους χειρισμούς των εργαζομένων, τα ενδύματά τους και τα καλλιεργητικά εργαλεία. Μεταδίδεται επίσης με το σπόρο (μόλυνση σπόρου μέχρι 50%) κατά τρόπο άτυπο (στα περιβλήματα του σπόρου). Τις πρωταρχικές εστίες μόλυνσεως για τις νέες καλλιέργειες τομάτας αποτελούν ακόμη τα υπολείμματα της καλλιέργειας (στα υπολείμματα ο ιός μπορεί να επιβιώσει επί πολλά χρόνια), τα μεταφυτευόμενα μολυσμένα φυτάρια, άλλοι μολυσμένοι ξενιστές εντός ή πλησίον της καλλιέργειας (καλλιεργούμενοι ή αυτοφυείς), ο μολυσμένος καπνός και τα τσιγάρα. Δεν είναι γνωστός ζωικός φορέας του ιού. Εν τούτοις είναι δυνατό, σε μικρό βαθμό, να μεταδοθεί ο ιός από μερικά έντομα με παθητικό τρόπο (π.χ. με τα πόδια τους, ή με τα στοματικά μόρια εντόμων μασητικού τύπου-ορθόπτερα, κολεόπτερα) όπως δηλαδή γίνεται με τα ρούχα και χέρια των εργαζομένων στις καλλιέργειες.

Η είσοδος του ιού γίνεται από τους τραυματισμένους ιστούς των φυτών (ελαφρότατα τραυματισμένα κύτταρα). Προκαλεί σχεδόν πάντοτε διασυστηματικές μολύνσεις και προσβάλλει όλα τα παρεγχυματικά κύτταρα του φυτού. Ο ιός μετακινείται από κύτταρο σε κύτταρο δια των πλασμοδεσμάτων. Ο χρόνος επώασεως της ασθένειας στα νεαρά φυτά ανάλογα με τη θερμοκρασία είναι 4-7 ημέρες.

Η διάγνωση της ασθένειας δεν είναι δυνατόν να γίνει με βάση μόνο τα συμπτώματα που εμφανίζονται στις καλλιέργειες. Είναι ανάγκη να χρησιμοποιηθούν εργαστηριακές τεχνικές. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μόλυνση κατάλληλων φυτών-δεικτών. Τέτοια είναι τα φυτά *Datura stramonium*, *Nicotiana glutinosa* και *Nicotiana tabacum*. Επίσης το *Nicotiana sylvestris* εμφανίζει τοπικές κηλίδες (νεκρώσεις) όταν μολυνθεί με τη φυλή της τομάτας και διασυστηματική μόλυνση όταν 'εμβολιασθεί' με τις φυλές του καπνού.

Η ηλεκτρονική μικροσκοπία, ιδιαίτερα η ορρο-ηλεκτρονική μικροσκοπία ή ηλεκτρονική μικροσκοπία ορρο-προσροφήσεως ISEM (Immuno-Sorbent Electron

Microscopy) και οι ορολογικές τεχνικές (μικροκατακρήμνιση, ανοσοδιάχυση σε πηκτική) αποτελούν πολύ ασφαλείς και ευαίσθητες μεθόδους διάγνωσης του ιού ToMV.

Καταπολέμηση

Λαμβάνοντας υπ' όψη τον τρόπο διατήρησης, τις εστίες μόλυνσης και τους τρόπους μετάδοσης του ιού μπορούν να προταθούν τα παρακάτω βασικά προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπισή του:

1. Χρησιμοποίηση σπόρου που να προέρχεται από υγιή φυτά για την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Ορισμένες φορές φυτά που μολύνονται όψιμα δεν εμφανίζουν συμπτώματα στους καρπούς, γι' αυτό θα πρέπει αν υπάρχει η ελάχιστη υπόνοια για την καθαρότητα του διαθέσιμου σπόρου, αυτός να υποβάλλεται στην επίδραση χημικών ουσιών με σκοπό την αδρανοποίηση του ιού. Σπόρος στεγνός και φρέσκος απαλλάσσεται από τον ιό όταν τοποθετηθεί σε θερμοκρασία 70°C για 3 ημέρες ή 80°C για 1 ημέρα, εκτός αν αυτός έχει εγκατασταθεί στο ενδοσπέρμιο. Βέβαια, η επίδραση της θερμοκρασίας προκαλεί κάποια επιβράδυνση στη βλάστηση του σπόρου χωρίς όμως να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην παραπέρα ανάπτυξη του φυτού. Όσον αφορά τη χρήση χημικών ουσιών για την απολύμανση του σπόρου εφαρμόζεται και εδώ όπως εναντίον των βακτηριώσεων η δράση της ζυμούμενης πούλπας καθώς και η επίδραση διαφόρων άλλων χημικών ουσιών όπως υδροχλωρικό οξύ, ορθοφωσφορικό τρινάτριο ή υδροξειδίο του νατρίου. Επίσης, γίνεται συνδυασμός της δράσεως χημικών ουσιών. Ο σπόρος εμβαπτίζεται σε 1% υδατικό διάλυμα ορθοφωσφορικού τρινατρίου για ένα τέταρτο της ώρας και μετά σε 0,5% υποχλωριώδες νάτριο για μισή ώρα. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται αποτελεσματική αδρανοποίηση του ιού χωρίς μείωση της βλαστικής ικανότητας του σπόρου.
2. Το έδαφος τόσο στο σπορείο όσο και στον αγρό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από την παρουσία του ιού. Για το λόγο αυτό τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας πρέπει να απομακρύνονται (όχι όργανα-παράχωμα) μαζί με τις ρίζες. Πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι είναι δυνατή η χρησιμοποίηση κομπόστας από μολυσμένους από τον ιό ιστούς τομάτας. Στα σπορεία ή στις υπό κάλυψη καλλιέργειες θα πρέπει να γίνεται απολύμανση εδάφους με θερμότητα, υψηλότερη από τη συνήθως

εφαρμοζόμενη για τους μικροοργανισμούς του εδάφους και ομοιόμορφη σε αρκετό βάθος, ή απολύμανση με βρωμιούχο μεθύλιο σε δόσεις υψηλότερες από τις συνήθως εφαρμοζόμενες. Μελέτες έδειξαν ότι τα καπνιστικά όχι μόνο δε συντελούν στην απολύμανση εδαφών που είναι μολυσμένα από τον ιό, αλλά μπορεί να προκαλέσουν και αύξηση της μολυσματικότητας του ιού. Αυτό εξηγείται από τις επιπτώσεις των καπνιστικών στη μικροχλωρίδα του εδάφους που έχει σαν αποτέλεσμα την καθυστερημένη αποικοδόμηση του ιού. Είναι προφανές ότι βιολογικοί παράγοντες (μικροβιακή μικροχλωρίδα) παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποικοδόμηση του ΤοMV, είτε στο έδαφος ή σε φυτικά υπολείμματα. Στο χωράφι πρέπει να εφαρμόζεται αμειψισπορά από την οποία να αποκλείονται οι καλλιέργειες πιπεριάς ή καπνού.

3. Τα διάφορα υλικά που έρχονται σε επαφή με τα φυτά (στήριγμα-δέσιμο) καθώς και τα εργαλεία και τα χέρια των εργαζόμενων στην καλλιέργεια να απολυμαίνονται τακτικά με εμβάπτιση σε φορμόλη ή διάλυμα ορθοφωσφορικού τρινατρίου. Ιδιαίτερα τα χέρια των καλλιεργητών μπορούν να διαβρέχονται με τα απολυμαντικά διαλύματα και στη συνέχεια να ξεπλένονται καλά με άφθονο νερό και σαπούνι ή να εμβαπτίζονται σε αποβουτυρωμένο γάλα κατά τη διάρκεια της εργασίας τους με τα φυτά. Γενικότερα να αποφεύγεται η με οποιονδήποτε τρόπο επαφή των μολυσμένων φυτών και κατόπιν των υγιών, χωρίς ενδιάμεση απολύμανση των χεριών.
4. Εάν παρ' όλα τα ανωτέρω προληπτικά μέτρα εμφανισθεί ίωση στα φυτά θα πρέπει τα πρώτα μολυσμένα φυτά τόσο στο σπορείο όσο και μετά τη μεταφύτευση να απομακρύνονται αμέσως με όλα τα μέτρα προφύλαξης.
5. Η υδροπονική καλλιέργεια αξιολογήθηκε ως μια εναλλακτική λύση για την αποφυγή μόλυνσης των φυτών από τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας. Όμως τα αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης έδειξαν ότι ο ιός ΤοMV απελευθερώνεται από τις ρίζες των μολυσμένων φυτών στο θρεπτικό διάλυμα και εφόσον το διάλυμα ανακυκλώνεται υπάρχει σοβαρός κίνδυνος πρόκλησης επιδημίας από τον ιό.
6. Χρήση ανθεκτικών ή ανεκτικών ποικιλιών. Γίνεται μεγάλη προσπάθεια για τη δημιουργία ανθεκτικών ποικιλιών και μάλιστα έχουν εισαχθεί στη καλλιέργεια ορισμένες με πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα ως προς

την αντοχή και με καλή σχετικά ποσοτική και ποιοτική απόδοση. Από όσο είναι γνωστό φαίνεται ότι η αντοχή προσδιορίζεται από τρία “μείζονα” γονίδια των οποίων την αξιοποίηση προσπαθούν να επιτύχουν οι γενετιστές εισάγοντάς τα σε ποικιλίες με καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Οι δυσκολίες προκύπτουν από το γεγονός ότι οι διάφορες μολυσματικές φυλές του ιού υφίστανται μεταλλάξεις κάτω από την ασκούμενη “πίεση επιλογής” με την εξάπλωση της καλλιέργειας των ανθεκτικών ποικιλιών και δημιουργούνται έτσι νέες φυλές που μπορούν να μολύνουν τις συγκεκριμένες ανθεκτικές ποικιλίες.

5.5. Ιός Y της πατάτας (Potato virus Y, PVY)

Είναι αρκετά διαδεδομένος σε όλο τον κόσμο. Στις Μεσογειακές χώρες (Ιταλία, Μαρόκο, Τυνησία και Ισραήλ) προκαλεί σοβαρές ζημιές. Στη χώρα μας αναφέρθηκε αρχικά στην πατάτα της οποίας είναι και το σοβαρότερο ιολογικό πρόβλημα ενώ την ίδια χρονιά εντοπίστηκε και σε καλλιέργειες τομάτας στην Κρήτη. Σε σύγκριση με τους προηγούμενους ιούς, ο ιός Y της πατάτας είναι μάλλον περιορισμένης οικονομικής σημασίας στην τομάτα και παρουσιάζεται κυρίως σε καλλιέργειες που είτε γειτνεύουν με καλλιέργειες πατάτας είτε τα φυτάρια προέρχονται από σπορεία που γειτόνευαν με μολυσμένες καλλιέργειες πατάτας.

Συμπτώματα

Η συμπτωματολογία της ασθένειας στην τομάτα εξαρτάται από τη φυλή του ιού, την ποικιλία, την ηλικία του φυτού κατά τη μόλυνση καθώς και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Στον αγρό, ο ιός προκαλεί σκούρες καστανές περιοχές στο έλασμα των ώριμων φυλλαρίων, ενώ στα ακραία φυλλάρια εμφανίζονται έντονες νεκρώσεις. Τα φύλλα που εκπτύσσονται αργότερα, εμφανίζουν ελαφρά παραμόρφωση, ήπια τραχύτητα και ποικιλόχρωση (Εικ.12) Τα φυλλάρια των φυτών που είναι μολυσμένα για κάποιο χρονικό διάστημα καρουλιάζουν προς τα κάτω (Εικ. 13). Δεν παρουσιάζονται συμπτώματα στους καρπούς.



Εικόνα 12. Μωσαϊκό και ήπια τραχύτητα σε σύνθετο φύλλο πατάτας. Συμπτώματα προσβολής από τη νεκρωτική (N) φυλή του PVY



Εικόνα 13. Νέκρωση βλαστών σε φυτά πατάτας που παραμένουν προσκολλημένοι στα μολυσμένα φυτά



Εικόνα 14α. Νεκρωτικά συμπτώματα σε καρπό πιπεριάς μολυσμένο με τον PVY
Εικόνα 14β. Νέκρωση των νεύρων σε φύλλο καπνού από τη νεκρωτική φυλή του ιού

Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης

Την ασθένεια προκαλεί ο ιός Y της πατάτας που είναι μέλος της ομάδας *Potyvirus*. Είναι νηματοειδής (730 X 11 nm) RNA – ιός. Έχουν χαρακτηριστεί τρεις φυλές του PVY, ανάλογα με τα συμπτώματα που προκαλούν σε ορισμένους φυτοδείκτες, όπως: *Nicotiana tabacum*, *Physalis floridana* και η ποικιλία πατάτας Duce of York. Οι φυλές σημειώνονται με ειδικούς εκθέτες και ονομάζονται φυλή O, N και C του ιού Y της πατάτας. Οι δύο πρώτες είναι ευρύτατα διαδεδομένες και η μεν πρώτη προκαλεί ήπια συμπτώματα στον καπνό και έντονα νεκρωτικά συμπτώματα στην πατάτα, ενώ η δεύτερη ήπια συμπτώματα στην πατάτα και νεκρώσεις στα νεύρα του καπνού (PVY^N) (Εικ. 14β).

Στον αγρό ο ιός μεταδίδεται με αφίδες με μη έμμονο τρόπο (η πρόσληψη και μετάδοση γίνεται σε δευτερόλεπτα). Έχουν αναφερθεί περισσότερα από 40 είδη αφίδων ως φορείς του ιού (Harrington et al., 1986; Panayotou και Katis, 1986; Van Hoof, 1980). Κυριότερος (αποτελεσματικότερος) φορέας είναι το είδος *Myzus persicae* (πράσινη αφίδα της ροδακινιάς και της πατάτας). Άλλα σημαντικά είδη-φορείς είναι τα: *Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis nasturtii*, *Aulacorthum solani*, *Brachycaudus helichrysi*, *Myzus certus*, *Phorodon humuli* και *Rhopalosiphum insertum*. Η εξάπλωση

του ιού στον αγρό γίνεται κυρίως από τις φτερωτές, μεταναστευτικές αφίδες που επισκέπτονται για σύντομο χρονικό διάστημα την καλλιέργεια. Το εύρος ξενιστών του ιού περιορίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε καλλιεργούμενα και αυτοφυή σολανώδη. Στη φύση πηγές του ιού αποτελούν τα μολυσμένα φυτά πατάτας, ντομάτας και πιπεριάς, καθώς και ορισμένα ζιζάνια, όπως ο στύφνος (*Solanum nigrum*), η αντράκλα (*Portulaca oleracea*) και η φυσαλίδα (*Physalis* spp.). Τα ζιζάνια αυτά αποτελούν ξενιστές διαχείμασης του ιού, ιδιαίτερα στις τροπικές χώρες όπου επικρατούν ήπιες θερμοκρασίες κατά τη χειμερινή περίοδο και παίζουν σημαντικό ρόλο στη επιδημιολογία του. Ο ιός Y της πατάτας δεν μεταδίδεται με το σπόρο των ξενιστών του.

Καταπολέμηση

Δεν έχουν βρεθεί ποικιλίες στον ιό και η καταπολέμηση των αφίδων φορέων δεν οδηγεί σε αποτελεσματική αντιμετώπιση της ασθένειας λόγω του μη-έμμου του τρόπου μετάδοσης του ιού.

Τα μέτρα για την αντιμετώπιση της ασθένειας είναι:

1. Απομόνωση των καλλιεργειών τομάτας από καλλιέργειες πατάτας. Μία απόσταση μερικών εκατοντάδων μέτρων είναι συνήθως αρκετά ασφαλής. Αυτό το μέτρο μπορεί από μόνο του να συμβάλλει στην αντιμετώπιση του ιού.
2. Μεταφύτευση μόνο υγιών φυταρίων.
3. Απομάκρυνση των πρώτων ασθενών φυτών.
4. Συστηματική καταπολέμηση των αφίδων-φορέων.
5. Στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες τομάτας συνιστάται η κάλυψη των ανοιγμάτων (παράθυρα αερισμού, πόρτες) του θερμοκηπίου με εντομοστεγή υλικά-δίκτυα, που δεν επιτρέπουν την είσοδο των πτερωτών αφίδων στο θερμοκήπιο.
6. Ψεκασμοί με λάδια (μειονέκτημα η φυτοτοξικότητά τους και η ανάγκη επαναλαμβανόμενων επεμβάσεων για την προστασία της νεαρής βλάστησης). Δεν συνιστάται παρά μόνο στην περίπτωση που υπάρχουν σοβαρά προβλήματα από τον ιό. Για να αποφευχθούν τα προβλήματα της φυτοτοξικότητας συνιστάται η εφαρμογή μίγματος ελαίων και εντομοκτόνων (συνήθως πυρεθρινών) που επιτρέπει τη μείωση των συγκεντρώσεων των ελαίων και βελτιώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα του καθενός χωριστά.
7. Συστηματική καταπολέμηση των ζιζανίων που βρίσκονται μέσα ή περιβάλλουν την καλλιέργεια.

7. Συστηματική καταπολέμηση των ζιζανίων που βρίσκονται μέσα ή περιβάλλουν την καλλιέργεια.

5.6. Μωσαϊκό της μηδικής (Alfalfa mosaic virus, AMV)

Είναι ασθένεια διαδεδομένη σε ολόκληρο τον κόσμο αλλά δε θεωρείται μεγάλης οικονομικής σημασίας για την καλλιέργεια της τομάτας. Προσβολή από τον ιό απαντάται κυρίως σε αγρούς που βρίσκονται κοντά σε καλλιέργειες μηδικής. Στη χώρα μας ο ιός είναι αρκετά διαδεδομένος στις καλλιέργειες μηδικής (Avgelis and Katis, 1989) και τριφυλλιού, ενώ σχετικά πρόσφατα εντοπίστηκε σε καλλιέργειες καπνού (Katis κ.ά., 1993).

Συμπτώματα

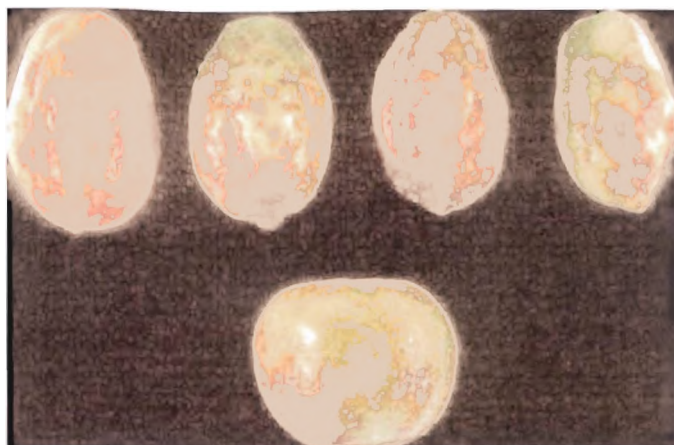
Στη μηδική και στο τριφύλλι συνήθως η παρουσία του δεν γίνεται αντιληπτή (δεν προκαλεί ευκρινή συμπτώματα) (Jaspers και Bos, 1980). Όταν εμφανίζονται συμπτώματα, αυτά χαρακτηρίζονται από ήπια ή έντονη κίτρινη ποικιλοχλόρωση στα φύλλα (Gibbs και Tinsley, 1961 Crill κ.ά., 1970), η ένταση των οποίων με την πάροδο του χρόνου μειώνεται. Η ίωση μειώνει την παραγωγή χόρτου και τη δυναμικότητα αναγέννησης αρκετών ποικιλιών μηδικής.

Στην τομάτα, τα συμπτώματα εξαρτώνται από τη φυλή του ιού, την ποικιλία της τομάτας, το στάδιο ανάπτυξης κατά την προσβολή των φυτών και τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Φυτά που μολύνθηκαν σε νεαρό στάδιο συνήθως νεκρώνονται μέσα σε ένα μήνα. Τα πρώτα συμπτώματα αποτελούνται από κίτρινο ή μπρούτζινο μεταχρωματισμό των κορυφαίων φύλλων καθώς και νέκρωση των νεύρων των φυλλιδίων (Εικ. 15). Σε προχωρημένο στάδιο της ασθένειας, η ανάπτυξη των φυτών αναστέλλεται και τα φυλλίδια γυρίζουν προς τα κάτω. Στο φλοιώμα του στελέχους, στο ύψος του εδάφους παρατηρείται καστανός μεταχρωματισμός. Συχνά ο μεταχρωματισμός επεκτείνεται στους κορυφαίους βλαστούς και τις ρίζες. Στους καρπούς παρατηρούνται παραμορφώσεις και νεκρωτικές κηλίδες (Εικ. 16), των οποίων η ένταση εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης των φυτών κατά την προσβολή.



Εικόνα 15. Έντονο, κίτρινο μωσαϊκό σε μηδική προσβεβλημένη από τον ιό του μωσαϊκού της μηδικής



Εικόνα 16. Έντονες νεκρώσεις και παραμορφώσεις σε καρπούς τομάτας



Εικόνα 17. Συμπτώματα 'calico' (εμφάνιση έντονου κίτρινου μωσαϊκού) σε φυτό πατάτας προσβεβλημένο με τον AMV

Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης

Στη φύση ο ιός απαντάται σε 150 είδη 22 οικογενειών ενώ πειραματικά μεταδίδεται σε περισσότερα από 430 είδη που ανήκουν σε 51 οικογένειες.

Στον αγρό ο ιός μεταδίδεται από τουλάχιστον 14 είδη αφίδων με μη έμμοно τρόπο (Kennedy et al., 1962). Οι κυριότεροι φορείς είναι τα είδη *Acyrtosiphon pisum*, *Myzus persicae* και *A. kondoi*. Ο ιός μεταδίδεται επίσης μηχανικά.

Δεν υπάρχουν αναφορές για μετάδοση του ιού με το σπόρο τομάτας, αλλά μεταδίδεται με το σπόρο μηδικής (Frosheiser, 1970; Ekbote και Mali, 1978), πιπεριάς (Sutic, 1959), φασολιάς (Kaiser και Hannan, 1983) και ορισμένων ζιζανίων όπως του *Nicandra physaloides* (Gallo και Giampour, 1977), του τάτουλα (*Datura stramonium*), του στύφνου (*Solanum nigrum*), του λευκού βλήτου (*Amaranthus albus*) και του *Chenopodium quinoa*. Το ποσοστό μετάδοσης με το σπόρο εξαρτάται από τη φυλή του ιού, την ποικιλία του ξενιστή και τις συνθήκες του περιβάλλοντος (Frosheiser, 1974; Hiruki και Mieczynski, 1987)

Καταπολέμηση

Για την αντιμετώπιση του ιού συνιστάται η λήψη των παρακάτω μέτρων:

1. Καταπολέμηση των αφίδων.
2. Εγκατάσταση των φυτειών της τομάτας μακριά από καλλιέργειες μηδικής. Η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι άγνωστη αλλά μερικές εκατοντάδες μέτρα θεωρείται αρκετά ασφαλής απόσταση.
3. Προς το παρόν δεν υπάρχουν διαθέσιμες ανθεκτικές ή ανεκτικές ποικιλίες για την αντιμετώπιση του ιού.

5.7. Κοινό μωσαϊκό της φασολιάς (Bean common mosaic virus, BCMV)

Αναφέρθηκε για πρώτη φορά στις Η.Π.Α. το 1917 όπου αρχικά ονομάστηκε ιός του μωσαϊκού της φασολιάς ενώ αργότερα ονομάστηκε ιός του κοινού μωσαϊκού της φασολιάς για να διακρίνεται από τον ιό του κίτρινου μωσαϊκού της φασολιάς (BYMV). Ο ιός αυτός είναι πολύ κοινός στα φασόλια (*Phaseolus vulgaris*) και συνυπάρχει με αυτά ενώ στα κουκιά απαντάται πολύ σπάνια.

Στη χώρα μας είναι αρκετά διαδεδομένος στις περισσότερες περιοχές όπου καλλιεργούνται φασόλια.

Η οικονομική ζημιά από τον ιό οφείλεται τόσο στη μείωση της παραγωγής όσο και στην ποιοτική υποβάθμιση του παραγόμενου προϊόντος. Οι απώλειες ανέρχονται σε μερικές περιπτώσεις σε ποσοστό 80%.

Συμπτώματα

Στα φασόλια, τα ευαίσθητα φυτά δείχνουν ποικιλόχρωση και μωσαϊκό στα φύλλα. Τα φύλλα απ' όπου ξεκίνησε η μόλυνση εμφανίζουν ακανόνιστες ανοιχτόχρωμες, αναμιγμένες με σκουρόχρωμες περιοχές. Επειδή οι σκουρόχρωμες περιοχές αναπτύσσονται πιο γρήγορα, τα φύλλα καρουλιάζουν προς τα κάτω (Εικ. 19). Όταν τα φυτά μολυνθούν σε νεαρή ηλικία εμφανίζουν καχεκτική ανάπτυξη (Εικ. 18) και παράγουν λιγότερους και μικρότερους λοβούς απ' ό,τι τα υγιή φυτά. Ορισμένες ποικιλίες ξηρών φασολιών είναι ανθεκτικές στον ιό και δεν εμφανίζουν συμπτώματα. Όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από 30°C, μερικά από τα μολυσμένα φυτά, εμφανίζουν μαύρες ρίζες. Φυτά με μαύρες ρίζες παρουσιάζουν σκούρο καστανό μεταχρωματισμό των μίσχων και των βλαστών. Στα φύλλα τους δεν εμφανίζονται ποικιλοχρώσεις ή μωσαϊκό. Φυτά που μολύνονται πριν από την άνθηση συνήθως νεκρώνονται ή παράγουν λίγους λοβούς. Αν η μόλυνση γίνει αργότερα, οι λοβοί αναπτύσσονται κανονικά, αλλά συνήθως νεκρώνονται κατά την περίοδο της ωρίμανσης.



Εικόνα 18.

Καθλωμένη ανάπτυξη μωσαϊκό και συστροφή του ελάσματος φύλλων σε φυτά φασολιάς μολυσμένα με τον ιό BCMV



Εικόνα 19. Έντονη παραμόρφωση και σχηματισμός φλυκταινών στην επιφάνεια του ελάσματος φύλλων φασολιάς

Διασυστηματική νέκρωση παρουσιάζεται σε ποικιλίες φασολιού που έχουν το γονίδιο I ή σε σπάνιες περιπτώσεις σε ποικιλίες που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε ορισμένες φυλές του ιού.

Στα κουκιά οι περισσότερες απομονώσεις του ιού δεν εμφανίζουν συμπτώματα (λανθάνουσες μολύνσεις) ή δεν τα προσβάλλουν. Μόνο ελάχιστες απομονώσεις προκαλούν διασυστηματικά συμπτώματα στα φυτά.

Παθογόνο αίτιο – συνθήκες ανάπτυξης

Την ασθένεια προκαλεί ο ιός Bean common mosaic (BCMV) ο οποίος ανήκει στην ομάδα (γένος) *Potyvirus* με νηματόμορφα σωματίδια μήκους 750nm και πάχους 15nm. Η οριακή αραιώση είναι 10^{-3} - 10^{-4} και το σημείο θερμικής αδρανοποίησης του ιού είναι περίπου 60°C (κυμαίνεται μεταξύ 50 και 70°C). Η διάρκεια ζωής του BCMV in vitro είναι 1-4 ημέρες.

Έχουν περιγραφεί 10 φυλές (παθότυποι), του ιού. Από αυτές, ορισμένες είναι μη νεκρωτικές (NL1/US1, NL7, US5, US2 (NY15) και NL4/US6), κάποιες (οι NL2, NL6, US3 και US4) είναι νεκρωτικές αλλά θερμοεξαρτώμενες, ενώ οι φυλές NL3, NL5 και NL8 είναι νεκρωτικές αλλά μη θερμοεξαρτώμενες.

Οι κύριες πηγές του ιού που ‘απειλούν’ την καλλιέργεια φασολιάς, είναι κυρίως τα φυτά που προέρχονται από μολυσμένο σπόρο, καθώς ο ιός είναι σπορομεταδιδόμενος. Ανάλογα δε με την ποικιλία και τη φυλή του ιού, τα ποσοστά σπορομετάδοσης μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλά. Φυτά που μολύνονται μετά την άνθηση δεν παράγουν μολυσμένο σπόρο. Μεταδίδεται της με το σπόρο του είδους *Vigna radiata* ακόμη και αν ο σπόρος παραμείνει στο ψυγείο για περισσότερα από έξι χρόνια.

Στην εξάπλωση του ιού στον αγρό, συμβάλλουν διάφορα είδη αφίδων, τα οποία μεταδίδουν τον ιό με μη έμμοιο τρόπο. Οι κυριότεροι φορείς είναι τα είδη *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis fabae* και *Myzus persicae*. Αναφέρθηκε μετάδοση του ιού μηχανικά με διάφορα καλλιεργητικά εργαλεία καθώς και με τη γύρη. Αυτοί οι τρόποι μετάδοσης έχουν μάλλον περιορισμένη επιδημιολογική σημασία.

Καταπολέμηση

Το πιο αποτελεσματικό και οικονομικό μέτρο για την αντιμετώπιση της ασθένειας είναι η χρησιμοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών. Στα φασόλια, συνδυασμοί του γονιδίου bc-u (επιστατικό γονίδιο που δεν είναι εξειδικευμένο για μια φυλή μόνο του ιού) με ένα από τα γονίδια bc-1, bc-1², bc-2 ή bc-2² προσφέρουν υπολειπόμενη ανθεκτικότητα που είναι εξειδικευμένη έναντι των φυλών του ιού. Επειδή τα γονίδια bc-1, bc-1², bc-2 και bc-2² είναι αλληλόμορφα δεν είναι δυνατόν να έχουμε ανθεκτικότητα έναντι όλων των φυλών του ιού σε ένα γενότυπο. Συνδυασμός των γονιδίων bc-u και bc-3 δίνει υπολειπόμενη ανθεκτικότητα έναντι όλων των γνωστών φυλών του ιού. Ανθεκτικότητα έναντι όλων των φυλών του ιού προσδίδει το γονίδιο I. Η ανθεκτικότητα του γονιδίου αυτού μπορεί να “ξεπερασθεί” από ορισμένες νεκρωτικές φυλές, εκτός και αν τα φυτά προστατεύονται από τα γονίδια bc-2² και bc-u, οπότε αντιδρούν

με τοπικές κηλίδες (αντίδραση υπερευαισθησίας). Ένα μειονέκτημα του γονιδίου I είναι ότι κάνει πιο σκούρο το χρώμα των κόκκινων και κίτρινων σπόρων. Εάν το κόκκινο και το κίτρινο χρώμα είναι επιθυμητό τότε το γονίδιο I είναι χρήσιμο. Ο συνδυασμός των γονιδίων bc-u, bc-2, bc-3 και I δίνει διπλή ανθεκτικότητα έναντι όλων των φυλών του ιού. Εάν δεν είναι διαθέσιμες ανθεκτικές ποικιλίες, τότε για την αντιμετώπιση του ιού συνιστάται η λήψη των παρακάτω μέτρων:

1. Χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου. Αυτό το μέτρο είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στα φασόλια, όπου ο μολυσμένος σπόρος αποτελεί την σημαντικότερη αιτία των πρωτογενών μολύνσεων.
2. Η σπορά των φασολιών και των κουκιών να γίνεται σε αγρούς που βρίσκονται σε αρκετή απόσταση από λαχανικά/ξενιστές των αφίδων-φορέων του ιού.
3. Καταπολέμηση των πολυετών ζιζανίων, μεταξύ των οποίων ορισμένα αποτελούν πηγές του ιού.
4. Καταπολέμηση των αφίδων-φορέων του ιού.

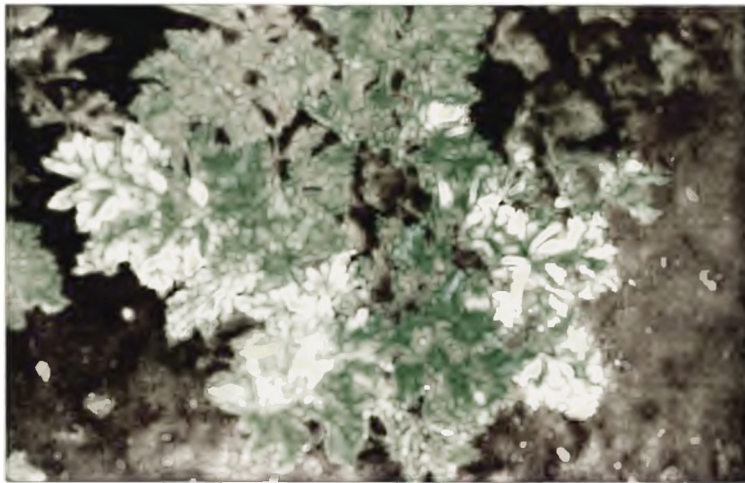
1.1.8. Ιός του μωσαϊκού του σέλινου (Celery mosaic virus, CeMV)

Το μωσαϊκό του σέλινου που προκαλείται από τον ιό Celery mosaic virus (CeMV) και ήταν προηγουμένα γνωστό ως Western celery mosaic virus αναφέρθηκε για πρώτη φορά στην Καλιφόρνια το 1938. Έκτοτε, εντοπίστηκε στις περισσότερες περιοχές του κόσμου στις οποίες καλλιεργείται το σέλινο. Οι απώλειες στην παραγωγή μπορούν ν' αγγίξουν το 100%, ποσοστό το οποίο έχει αναφερθεί σε μεμονωμένους αγρούς καλλιέργειας. Ο ιός μολύνει διασυστηματικά έναν αριθμό καλλιεργούμενων φυτών που ανήκουν στην οικογένεια των σκιαδανθών (Umbelliferae ή Apiaceae) στα οποία συμπεριλαμβάνονται το καρότο, ο κόλιανδρος, ο μαϊντανός και ο άνηθος. Ο όρος «δυτικό» μωσαϊκό του σέλινου χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να διαφοροποιήσει την ασθένεια από το «νότιο» μωσαϊκό του σέλινου (southern celery mosaic), το οποίο αργότερα βρέθηκε ότι προκαλείται από τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς (Cucumber Mosaic Virus, CMV).

Συμπτώματα

Τα αρχικά συμπτώματα στο σέλινο περιλαμβάνουν λεύκανση των νευρώσεων και ποικιλόχρωση των μεσονεύριων περιοχών στο έλασμα των νεαρότερων φύλλων των προσβεβλημένων φυτών. Επί του ώριμου φυλλάματος παρουσιάζεται στένωση

των προσβεβλημένων φυτών. Επί του ώριμου φυλλώματος παρουσιάζεται στένωση φυλλιδίων, παραμόρφωση, συστροφή του ελάσματος προς τα πάνω, ενώ μερικές φορές τα φύλλα παρουσιάζουν γυαλιστερή εμφάνιση. Της μίσχους εμφανίζονται σκοτεινού πράσινου χρώματος ποικιλοχρωματικές περιοχές, οι οποίες διαφέρουν χαρακτηριστικά από τις καστανές, βυθισμένες κηλίδες οι οποίες σχετίζονται με την παρουσία του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς στα προσβεβλημένα φυτά. Τα νεαρά φυτά που μολύνονται με την τυπική φυλή του CeMV συχνά εμφανίζουν γενικό νανισμό, νανισμό των κεντρικών μίσχων και οριζόντια ανάπτυξη των εξωτερικών μίσχων. Όταν συνδυάζονται με παραμόρφωση των φύλλων, τα συμπτώματα αυτά «αντιπροσωπεύουν» εμφανείς κηλίδες (θέσεις) μολυσμένων φυτών στον αγρό. Η φυλή της παραμόρφωσης των φύλλων προκαλεί χαρακτηριστικά συμπτώματα στα φυτά που περιλαμβάνουν υπερυψωμένες πράσινες φλύκταινες και έντονη παραμόρφωση του ελάσματος.



Celery Mosaic Virus

Εικόνα 20. Μωσαϊκό σε σέλινο προσβεβλημένο με τον ιό του μωσαϊκού του σέλινου (CeMV)

Παθογόνο αίτιο

Το μωσαϊκό του σέλινου προκαλείται από δύο τουλάχιστον διακριτές φυλές του ιού του μωσαϊκού του σέλινου ο οποίος ανήκει στο γένος *Potyvirus*. Η μια συνιστά την τυπική (κοινή) φυλή και η άλλη ορίζεται ως φυλή του μωσαϊκού του σέλινου με ταυτόχρονο «ζάρωμα» των φύλλων, εξαιτίας των χαρακτηριστικών συμπτωμάτων τα οποία προκαλούν στα φυτά. Ο ιός μεταδίδεται από 19 τουλάχιστον είδη αφίδων με μη έμμονο τρόπο. Ο ιός μπορεί να μεταδίδεται μηχανικά αλλά δεν είναι ικανός να μεταδοθεί μέσω σπόρου. Τα σωματίδια του ιού είναι νηματοειδή, με μήκος περίπου

ιού είναι μονόκλωνο RNA. Τα σωματίδια του ιού μπορεί να βρεθούν στο κυτταρόπλασμα των κυττάρων όλων των ιστών του προσβεβλημένου φυτού. Προκαλεί τη δημιουργία χαρακτηριστικών έγκλειστων σωματιδίων τα οποία διαπιστώνονται εύκολα με κοινό μικροσκόπιο αφού προηγηθεί κατάλληλη προετοιμασία των δειγμάτων. Ο ιός σχετίζεται ορολογικά με τους ιούς Tobacco etch virus και τον ιό Y της πατάτας (Potato virus Y). Ο ιός Poison hemlock ringspot αποτελεί μια φυλή του μωσαϊκού του σέλινο ο οποίος μολύνει το σέλινο και άλλα φυτά της οικογένειας των σκιαδανθών, τουλάχιστον πειραματικά. Άλλοι *poty*-ιοί που προσβάλλουν τις καλλιέργειες των σκιαδανθών είναι ο Arracacha virus Y (παρουσιάζεται στην Κεντρική και Νότια Αμερική), ο Carrot mosaic virus (εντοπίστηκε στην πρώην Τσεχοσλοβακία), ο Celery mosaic virus (έχει καταγραφεί στο Βέλγιο, στην Ιταλία και στην Ολλανδία), ο Parsley green mottle virus (παρουσιάζεται στην Ιταλία) και ο Parsnip mosaic virus (ενδημεί στο Ην. Βασίλειο).

Κύκλος της ασθένειας – επιδημιολογία

Καθώς ο CeMV δεν μεταδίδεται με τον σπόρο, υφίστανται δύο πρωτογενείς πηγές ικού μολύσματος: τα καλλιεργούμενα φυτά της οικογένειας των σκιαδανθών όπως το καρότο, σέλινο, άνηθος, μαϊντανός και τα αυτοφυή είδη που ανήκουν στην ίδια οικογένεια, στα οποία διατηρείται ο ιός όταν οι καλλιεργούμενοι ξενιστές του απουσιάζουν από τους αγρούς. Παρ' όλα αυτά, η σημαντικότερη πηγή μολύσματος είναι τα μολυσμένα φυτά σέλινο σε καλλιέργειες που επικαλύπτονται χρονικά (με την εγκατάσταση νέων φυτειών κοντά σε παλιές που φέρουν υψηλά ποσοστά μόλυνσης από το παθογόνο). Σημαντικά αυτοφυή (ζιζάνια)-ξενιστές του ιού αποτελούν η καψέλα (*Capsella bursa-pastoris*), το κόνειο (*Conium maculatum*), το αγριοσέλινο κ.α. Ο CeMV μεταδίδεται από τα μολυσμένα φυτά-πηγές του φυτού στο σέλινο με πολλά είδη αφίδων-φορέων του. Στους φορείς του ιού ανήκουν τα είδη *Apium api-graveolens* Essig, *A. apii* Theobald, *A. fabae* Scopoli, *A. gossypii* Glover, *A. middletonii* Thomas, *Cavariella caprae* (Fabricius) και *Myzus persicae* (Sulzer). Ορισμένοι φορείς του ιού είναι ικανοί να μεταδώσουν το παθογόνο μετά την πραγματοποίηση δοκιμαστικών νυγμάτων επί μολυσμένων φυτών τα οποία διαρκούν μόνο 5-30 δευτερόλεπτα. Οι αφίδες-φορείς χάνουν τη μολυσματική τους ικανότητα εντός διαστήματος 24 ωρών. Ορατά συμπτώματα της παρουσίας του ιού στα προσβεβλημένα φυτά μπορεί να εμφανιστούν εντός διαστήματος 10 ημερών από την πραγματοποίηση της μόλυνσης.

Καταπολέμηση

Η καταπολέμηση στοχεύει στην εξάλειψη ή την μείωση του ποσού του πρωτογενούς μολύσματος με την εισαγωγή μιας περιόδου απαλλαγμένης από την παρουσία καλλιεργειών σέλινου καθώς και στην εξάλειψη ή τη μείωση της παρουσίας αυτοφυών ξενιστών στις ζώνες καλλιέργειας των φυτών. Τα φυτά που θα μεταφυτευθούν πρέπει να πρέπει να αναπτύσσονται σε περιοχές απαλλαγμένες από το παθογόνο ή σε εντομοστεγή θερμοκήπια στα οποία ελέγχεται απόλυτα η παρουσία των εντόμων-φορέων. Η ένταξη στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ενός διαστήματος διάρκειας περίπου 1-3 μηνών κατά την οποία «απομακρυνόταν» η καλλιέργεια σέλινου αποδείχθηκε ιδιαίτερα αποτελεσματική στην καταπολέμηση του CeMV στην Καλιφόρνια, τη Φλόριντα και τη Νέα Ζηλανδία. Με την υιοθέτηση περιόδου κατά την οποία δεν καλλιεργείται σέλινο στη διάρκεια των θερινών μηνών, οι παραγωγοί στη Φλόριντα ουσιαστικά εξάλειψαν την ασθένεια στην περιοχή της Νότιας Φλόριντα. Η εξάλειψη των αυτοφυών ξενιστών του ιού παρά τη δυσκολία της μπορεί να επιτευχθεί, ειδικά αν ταυτοποιηθεί η κύρια πηγή-δεξαμενή του ιού.

Παρά το ότι έγιναν απόπειρες να αντιμετωπισθεί ο CeMV με την καταστροφή των μολυσμένων φυτών σέλινου (και την απομάκρυνσή τους από τον αγρό) καθώς και την μείωση των πληθυσμών των αφίδων-φορέων, τα μέτρα αυτά αξιολογούνται ως αμφίβολης αποτελεσματικότητας εξαιτίας του μη έμμονου τρόπου μετάδοσης του ιού. Οι ποικιλίες διαφοροποιούνται ως προς την αντίδρασή τους στον ιό του μωσαϊκού του σέλινου και υπάρχουν ορισμένες ποικιλίες που εμφανίζουν ανεκτικότητα στη μόλυνση από το παθογόνο. Παρ' όλα αυτά, εξαιτίας των διαφορών μεταξύ των φυλών του ιού, ποικιλίες σέλινου που παρουσιάζουν ανεκτικότητα σε μια γεωγραφικά εντοπισμένη περιοχή μπορεί να μην είναι ανεκτικές σε μια άλλη περιοχή, όπου ενδεχομένως ενδημούν περισσότερο μολυσματικές (εντονότερα παθογόνες) φυλές του ιού.

APHIS NERII BOYER DE FONSCOLOMBE (*A. asdepiadis*, *A. calotropidis*) (HEMIPTERA, APHIDIDAE) κν. κίτρινη άφίδα της πικροδάφνης

Ενήλικο.

Το άπτερο παρθενογενετικό θηλυκό έχει σώμα κίτρινο ή ανοιχτό πορτοκαλί, μήκους 1,8-2,6 mm, με σίφωνες και ουρίτσα μαύρα και πόδια και κεραίες κατά το πλείστον μαύρα. Οί σίφωνες έχουν μήκος 0,2-0,3 του μήκους του σώματος και η ουρίτσα το 0,3-0,5 του μήκους των σιφώνων. Το πτερωτό παρθενογενετικό θηλυκό έχει το νώτο της κεφαλής και μέρη του θώρακα (νώτο και μέρος πλευρών) σκοτεινοκάστανα, την κοιλία κίτρινη ή ανοιχτοπράσινη και μήκος 1,6-2,3mm (χωρίς τις πτέρυγες). Οί σίφωνες και η ουρίτσα είναι μαύρα και μέρος των κεραιών και των ποδιών σκοτεινό (εικ.21).

Γεωγραφική κατανομή.

Το είδος παρουσιάζει ευρύτατη γεωγραφική εξάπλωση (Νότια Ευρώπη, Μέση Ανατολή, νότια Αφρική, Φορμόζα, Ιάβα, Νέα Ζηλανδία, βόρεια Αμερική).

Ξενιστές.

Είδη των Arocynaceae και Asclepiadaceae. Έχει παρατηρηθεί σπάνια και σε μερικά άλλα φυτά, όπως σε τρυφερή βλάστηση *Citrus aurantium*. Κυρίως προσβάλλει την πικροδάφνη.

Βιολογία - ζημιές.

Σε χώρες με ήπιο χειμώνα, όπως στη Μέση Ανατολή, αναπαράγεται μόνο παρθενογενετικά και διαχειμάζει στην πικροδάφνη ως άπτερο άτομο. Την άνοιξη και αρχές του θέρους οι πληθυσμοί του παρουσιάζουν το μέγιστο τους. Το φθινόπωρο είναι λιγότερο άφθονο και τα τέλη του θέρους και το χειμώνα οι πληθυσμοί του πέφτουν στα χαμηλότερα επίπεδα. Όταν όμως οι συνθήκες του θέρους είναι ευνοϊκές (δροσερός καιρός, υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία, τρυφερή βλάστηση, έλλειψη φυσικών εχθρών), μπορεί τοπικά να αναπτύξει και τότε μεγάλους πληθυσμούς. Η προσβολή του εξασθενίζει τα φυτά και προκαλεί την παραγωγή άφθονων μελιτωδών αποχωρημάτων που ρυπαίνουν τα φυτά, μειώνουν τη φωτοσυνθετική επιφάνεια, άρα και την αφομοιωτική ικανότητα των φυτών, περιορίζουν τη διαπνοή και προσελκύουν μυρμήγκια και άλλα έντομα.

Μετάδοση φυτικών ιών

Το είδος *A. nerii* αποτελεί απορτελεσματικό φορέα σημαντικών φυτικών ιών, στους οποίους συγκαταλέγονται το μωσαϊκό της αγγουριάς (CMV), το μωσαϊκό της καρπουζιάς (WMV 2), το κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV), ο ιός Y της πατάτας (PVY) κ.α.

Καταπολέμηση.

Όταν οι φυσικοί του εχθροί δεν είναι άφθονοι και ο πληθυσμός του είναι πυκνός, συνίσταται ψεκασμός με ένα διασυστηματικό εντομοκτόνο ή με malathion. Καλά αποτελέσματα έχει δώσει και η εφαρμογή των διασυστηματικών phorate και aldicarb στο έδαφος.



Εικόνα 21. Πτερωτό και ενήλικα άπτερα παρθενογενετικά θηλυκά άτομα της αφίδας της πικροδάφνης, *Aphis nerii*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΙΩΝ CMV, WMV 2, ZYMV, PVY, AMV ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΦΙΔΑ ΤΗΣ ΠΙΚΡΟΔΑΦΝΗΣ ARHIS NERI, ΕΠΙ ΜΟΛΥΣΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΟΛΟΚΥΘΙΟΥ ΚΑΙ ΠΠΕΡΙΑΣ ΠΡΙΝ ΟΙ ΑΦΙΔΕΣ ΚΑΤΑΛΗΘΟΥΝ ΣΕ ΥΓΙΑ ΦΥΤΑ ΚΟΛΟΚΥΘΙΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε συνθήκες αγρού συνυπάρχουν φυτά μολυσμένα με διαφορετικούς ιούς, τόσο καλλιεργούμενα όσο και αυτοφυή. Η γειννίαση καλλιεργειών στη ζώνη καλλιέργειας κηπευτικών ειδών, οι οποίες προσβάλλονται από τα ίδια ιολογικά παθογόνα, επιτρέπει στις πτερωτές μορφές των αφίδων να προσγειώνονται διαδοχικά σε διαφορετικά φυτά, μολυσμένα με διαφορετικά παθογόνα. Έτσι, η παρουσία ιών στα στοματικά μόρια των αφίδων-φορέων, συνέπεια της πτητικής συμπεριφοράς που επιδεικνύουν οι αφίδες αναζητώντας κατάλληλα φυτά-ξενιστές και η σειρά με την οποία συναντούν διαφορετικά μολυσμένα φυτά, ενδέχεται να αποβαίνει σημαντική στη μεταδοτική ικανότητα των διαφόρων ιών από τα έντομα-φορείς τους. Η διαρκής εναλλαγή ξενιστών και οι αλληπάλληλες επισκέψεις σε μεμονωμένα φυτά, μολυσμένα με διαφορετικά παθογόνα ή φυτά που έχουν εκτεθεί στην ταυτόχρονη παρουσία δύο ή περισσότερων ιών, μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην επιδημιολογία των σημαντικότερων ιών των κηπευτικών, στην επικράτηση της μετάδοσης κάποιων παθογόνων και ενδεχομένως σε χαμηλότερα ποσοστά μετάδοσης άλλων παθογόνων.

Οι σημαντικότεροι ιοί των κολοκυνθοειδών με την εντονότερη παρουσία σε υπαίθριες κυρίως καλλιέργειες, στους οποίους αποδίδονται σημαντικές απώλειες στην παραγωγή είναι κατά σειρά συχνότητας εμφάνισης και έντασης προσβολής (Παπαβασιλείου, 2001): το μωσαϊκό 2 της καρπουζιάς (WMV-2), το κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV) και το μωσαϊκό της αγγουριάς (CMV). Τα γενικά συμπτώματα προσβολής των παθογόνων αυτών στα φυτά περιλαμβάνουν μωσαϊκό, ποικιλοχλωρώσεις και συχνά έντονες παραμορφώσεις του ελάσματος των φύλλων (νημάτωση) αλλά και των καρπών. Μια άλλη σημαντική ομάδα παθογόνων που αναδύθηκε τα τελευταία χρόνια και εντείνει την παρουσία της στις υπαίθριες και θερμοκηπιακές καλλιέργειες κολοκυνθοειδών είναι οι ίκτεροι, οι οποίοι είτε μεταδίδονται με αλευρώδεις (Ψευδο-ίκτηρος των τεύλων-BPYV, CYSDV), είτε με αφίδες (Αφιδομεταδι-

δόμενος: ίκτερος των κολοκυνθοειδών-CABYV, Δυτικός κίτρινο-ίος των τεύτλων-BWYV). Ο ίος Y της πατάτας (PVY) αποτελεί τον σημαντικότερο ιό που προσβάλλει την καλλιέργεια της πατάτας και του καπνού στην Ελλάδα, με μικρότερη σημασία και συχνότητα παρουσίας στην καλλιέργεια της πιπεριάς και της τομάτας. Ο ίος του μωσαϊκού της μηδικής (AMV) εκτός της συχνής παρουσίας του στην καλλιέργεια της μηδικής, εμφανίζεται σποραδικά σε αρκετές καλλιέργειες σολανωδών (τομάτα, πιπεριά, καπνός, μελιτζάνα), ψυχανθών (φασόλι), σκιαδανθών (μαϊντανός). Οι καλλιέργειες αναπτύσσονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους, γεγονός που διευκολύνει τη 'ροή' και τη διασπορά του ικού μολύσματος που ανακατανέμεται στις διάφορες καλλιέργειες. Η παρουσία υψηλών πληθυσμών αφίδων προϋποθέτει σοβαρούς κινδύνους πρόκλησης επιδημιών με δραματικές επιπτώσεις στην παραγωγή των καλλιεργούμενων φυτών.

Κάθε πτερωτό άτομο αφίδας εκτελώντας δοκιμαστικά νύγματα μπορεί εναλλακτικά να διέλθει από φυτά (του ίδιου ή διαφορετικών ειδών) μολυσμένα με διαφορετικούς ιούς, πραγματοποιώντας κάθε δυνατό συνδυασμό που του παρέχει η παρουσία καλλιεργούμενων και αυτοφυών ειδών μολυσμένων με διαφορετικά παθογόνα. Μπορεί εναλλακτικά να μεταβεί απ' ευθείας σε ένα υγιές φυτό αφότου προηγούμενα έχει συναντήσει κάποιο μολυσμένο ή να προηγηθεί η εγκατάστασή του σ' ένα υγιές φυτό, πριν το εγκαταλείψει για να συναντήσει κάποιο προσβεβλημένο φυτό. Ακόμα είναι σε θέση να εκτελέσει πτήσεις επισκεπτόμενο διαδοχικά ένα ή περισσότερα υγιή φυτά μετά την πρόσληψη του ιού, έχοντας διερευνήσει προηγουμένως την καταλληλότητα ενός μολυσμένου φυτού ως ξενιστή και έχοντας συνεπώς 'αποσπάσει' τον ιό που το έχει προσβάλλει. Προφανώς, στην περίπτωση αυτή δεν τίθεται ζήτημα αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών ιών και ενδεχομένως οι διαφορές στην αποτελεσματικότητα μετάδοσης που ανακύπτουν να αντανακλούν τη μεγαλύτερη συγκρατητική ικανότητα των παθογόνων στα στίλετα των αφίδων-φορέων, την εγγενώς μεγαλύτερη ικανότητα μετάδοσης κάποιων παθογόνων κλπ.

Κατά συνέπεια, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η 'εισβολή' πτερωτών αφίδων που προέρχονται από γειτονικές καλλιέργειες οι οποίες 'φιλοξενούν' ιολογικά παθογόνα, σε αγρό στον οποίο υφίστανται έντονη παρουσία άλλων ιών. Επίσης, η κατάληξη πτερωτών αφίδων σε αγρούς κολοκυνθοειδών οι οποίες προηγουμένως είχαν επισκεφτεί αυτοφυή (ζιζάνια) προσβεβλημένα με ιούς που προσβάλλουν σολανώδη ή και κολοκυνθοειδή. Σε συνθήκες αγρού προκύπτει συχνά η ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών ιών στα στοματικά μόρια των αφίδων, γεγονός που επιτρέπει τη

‘συγκέντρωση’ ιών στην καλλιέργεια στην οποία καταλήγουν οι πτερωτές μορφές των αφίδων και στην περαιτέρω διασπορά τους στο εσωτερικό της.

Στην μη έμμονη σχέση μετάδοσης ιών και αφίδων-φορέων, συχνά αποδεικνύονται σημαντικά για την επιδημιολογία των παθογόνων και την εξάπλωσή τους στις καλλιέργειες, είδη τα οποία ανεξαρτήτως της αποτελεσματικότητας μετάδοσης που τα χαρακτηρίζει, εκδηλώνουν έντονη πτητική δραστηριότητα, πετώντας σε μεγάλους αριθμούς στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ή σε χρονικό σημείο που συμπίπτει με τα νεαρά και συνεπώς ευαίσθητα στάδια ανάπτυξης των φυτών. Η μη έμμονη μετάδοση εμπλέκει την διερεύνηση των επιδερμικών κυττάρων των φυτών στα οποία υφίσταται η παρουσία των μη έμμονων ιών, για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του φυτού-ξενιστή. Είναι σημαντικό η αφίδα που προσγειώθηκε να εγκαταλείπει το μολυσμένο φυτό έχοντας ήδη προσλάβει τον ιό, τον οποίο θα μεταδώσει στο επόμενο φυτό που θα συναντήσει. Έτσι, ραγδαία διασπορά του αρχικού μολύσματος και ταχύτατη δευτερογενής εξάπλωση της ασθένειας υφίσταται όταν τα μολυσμένα φυτά δεν αποτελούν ξενιστές των πτερωτών αφίδων που προσγειώνονται σε αυτά. Η χαμηλή εξειδίκευση ιού-φορέα στη μη-έμμονη μετάδοση επιτρέπει την εκδήλωση επιδημιών στις καλλιέργειες, γιατί τα έντομα-φορείς δεν αποδέχονται τα μολυσμένα φυτά, ώστε να επιλέξουν να παρατείνουν την παρουσία τους επί αυτών, να διατραφούν και να γεννήσουν απογόνους, καθυστερώντας σημαντικά την διάχυση του μολύσματος.

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκαν οι δυνατοί συνδυασμοί που μπορούν να εμπλέκονται κατά την ‘παρέκκλιση’ αφίδων-φορέων σε ένα περιβάλλον στο οποίο συνυπάρχουν σημαντικοί και εξαιρετικά κοινοί ιοί σολανωδών και κολοκυνθοειδών κηπευτικών ειδών. Επιλέχθηκε το είδος αφίδας *Aphis nerii*, το οποίο προσβάλλει την πικροδάφνη και δεν ξενίζει τα κολοκυνθοειδή και τα σολανώδη είδη. Το είδος αυτό είναι εξαιρετικά κοινό στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας και ταυτοποιείται συχνά σε συλλήψεις αναρροφητικών παγίδων τύπου Rothamsted, αλλά και κίτρινων παγίδων νερού τύπου Moerige, αποτελεί δε φορέα των σημαντικότερων ιών που προσβάλλουν τα κηπευτικά. Η πτητική συμπεριφορά που εκδηλώνει μαζί με την εγνωσμένη ικανότητα μετάδοσης φυτικών ιών που το χαρακτηρίζει, το καθιστά σημαντικό δυνητικά είδος για την εξάπλωση των ιών των κηπευτικών.

ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ

Φυτά κολοκυθιού ποικιλίας Atene και πιπεριάς, υβρίδιο Guardian F1, μολύνθηκαν με τους ιούς CMV, ZYMV, WMV-2 και PVY, AMV, αντίστοιχα. Πραγματοποιήθηκαν μηχανικές μολύνσεις στο στάδιο των κοτυληδόνων σε νεαρά φυτά κολοκυθιού και έκπτυξης του πρώτου πραγματικού φύλλου σε νεαρά φυτά πιπεριάς. Μολυσμένο φυτικό υλικό λειοτριβήθηκε με ρυθμιστικό φωσφορικό διάλυμα (pH: 7,0), για να διευκολυνθεί η 'εξαγωγή' των ιών, τα φυτά σκονίστηκαν με πηλοποιημένη ουσία (carbogundum) και ακολούθησε επάλειψη του φυτικού χυμού στους κοτυληδόνες. Ακολούθως, τα φυτά διατηρήθηκαν σε εντομοστεγές θερμοκήπιο, εκτεθειμένα σε διάρκεια φωτοπεριόδου 16 ωρών και θερμοκρασία 20-22 °C. Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα είχαν μολυνθεί τρεις εβδομάδες πριν τη διεξαγωγή των αφιδομεταδόσεων. Νεαρά, πλήρως εκπτυχθέντα φύλλα με έντονα συμπτώματα μωσαϊκού, αποτέλεσαν το μολυσμένο φυτικό υλικό στο οποίο εκτέθηκαν οι αφίδες κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Νεαρά σπορόφυτα κολοκυθιού-πιπεριάς τα οποία βρίσκοντας στο στάδιο των κοτυληδόνων, χρησιμοποιήθηκαν ως φυτά-δείκτες.

Αποικίες των αφίδων

Κλωνική αποικία του είδους *A. nerii* εγκαταστάθηκε σε νεαρά φυτά πικροδάφνης. Το είδος επιλέχθηκε γιατί αποτελεί κοινό είδος και το διακρίνει ικανοποιητική αποτελεσματικότητα μετάδοσης των ιών που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα. Άτομα του είδους συλλέχθηκαν από προσβεβλημένα φυτά πικροδάφνης που αναπτύσσονταν σε θερμοκήπιο. Οι εργαστηριακές αποικίες του είδους διατηρήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης, εκτεθειμένες σε φωτοπερίοδο 16 ωρών και σε θερμοκρασία 20 °C.

Απομόνωσης των ιών

Οι ιοί WMV-2 και ZYMV συλλέχθηκαν από καλλιέργεια κολοκυθιού στην περιοχή της Αλεξάνδρειας στην Ημαθία, η οποία παρουσίαζε έντονα συμπτώματα φλυκταινοειδούς μωσαϊκού, παραμόρφωσης του ελάσματος και νημάτωσης των φύλλων. Η απομόνωση του CMV προήλθε από καλλιέργεια κολοκυθιού στην περιοχή των Βασιλικών του Ν. Θεσσαλονίκης, στην οποία τα φυτά παρουσίαζαν μωσαϊκό, ποικιλοχλώρωση και συστροφή του ελάσματος των φύλλων. Η απομόνωση του PVY συλλέχθηκε από καλλιέργεια επιτραπέζιας τομάτας, η οποία παρουσίαζε έντονα νε-

κρωτικά συμπτώματα στα φύλλα και νεκρώσεις στις βλαστικές κορυφές των φυτών. Η απομόνωση του AMV προήλθε από καλλιέργεια φασολιάς που εμφάνιζε έντονα συμπτώματα κίτρινου μωσαϊκού, από περιοχή του Ν. Σερρών. Η ταυτοποίηση των δειγμάτων και η παρουσία μονών μολύνσεων σε κάθε δείγμα που εξετάστηκε, επιβεβαιώθηκε με την ανοσοενζυμική δοκιμή ELISA.

Διεξαγωγή των αφιδομεταδόσεων

Ενήλικα άπτερα άτομα του είδους απομακρύνθηκαν από τις εργαστηριακές αποικίες τους με τη βοήθεια ειδικού πινέλου και τοποθετήθηκαν στα μολυσμένα φυτά κολοκυθίου και πιπεριάς, με κάθε ένα από τους ιούς που συμπεριελήφθησαν στο πείραμα. Επί αυτών πραγματοποίησαν νύγματα δοκιμασίας για διάστημα τριών λεπτών περίπου. Ακολούθως, οι αφίδες μεταφέρθηκαν σε φυτά μολυσμένα με όλους τους άλλους ιούς τόσο των κολοκυνθοειδών όσο και των σολανωδών, πραγματοποιώντας κάθε δυνατό συνδυασμό. Στις αφίδες επιτράπηκε εκ νέου η πραγματοποίηση δοκιμαστικών νυγμάτων για το ίδιο χρονικό διάστημα (3 λεπτά). Εκτός από τη διαδοχική μεταφορά των αφίδων μεταξύ των μολυσμένων με τους διαφορετικούς ιούς φυτών, διερευνήθηκε το αποτέλεσμα της τροφικής δραστηριότητάς τους σε μολυσμένα με τους ιούς φυτά κολοκυθίου καθώς και πιπεριάς και η ικανότητα μετάδοσης που χαρακτηρίζει το είδος για κάθε ιό ξεχωριστά. Επίσης, εξετάστηκαν για κάθε ιό τα επίπεδα μετάδοσης που επιτύγχαναν τα έντομα-φορείς όταν μετά την πραγματοποίηση δοκιμαστικών νυγμάτων στο φυτά-πηγές των ιών, μεσολαβούσε εκ νέου τροφική δραστηριότητα σε υγιές φυτό πριν τα έντομα καταλήξουν σε άλλο υγιές φυτό (για να αξιολογηθεί η τυχόν απώλεια της ιοφόρου ικανότητας με την παρεμβολή ενός υγιούς φυτού, αμέσως μετά την πρόσληψη των παθογόνων). Τέλος για να εξεταστεί κάθε πιθανό ενδεχόμενο που περιγράφει τη συμπεριφορά των αφίδων σε συνθήκες αγρού, άτομα του είδους τοποθετήθηκαν αρχικά σε υγιή φυτά για διάστημα τριών λεπτών, στη συνέχεια τους διατέθηκε το ίδιο διάστημα σε μολυσμένα φυτά, για να καταλήξουν τελικά σε υγιή. Αυτό αποσκοπούσε στο να διερευνηθεί η περίπτωση κατά την οποία το έντομο-φορέας εγκαθίσταται σε κάποιο μολυσμένο φυτό αφότου έχει προηγηθεί η παρουσία του σε κάποιο υγιές και ακολουθεί η προσγείωσή του στο επόμενο υγιές που εκτίθεται στη μόλυνση από το παθογόνο που δυνητικά μεταφέρει.

Μετά την πραγματοποίηση όλων των συνδυασμών που επιλέχθηκαν να διερευνηθούν, τα υγιή φυτά στα οποία κατέληγαν οι δυνητικά ιοφόρες αφίδες καλύπτο-

νταν με εντομοστεγές υλικό για να αποφευχθεί ο κίνδυνος ανεπιθύμητων επιμολύνσεων από την τυχαία διασπορά ιοφόρων ατόμων. Οι αφίδες παρέμειναν στα φυτά-δείκτες για διάστημα μεγαλύτερο των 6 ωρών (συνήθως, καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας). Ακολούθως, τα φυτά αποκαλύφθηκαν και δέχθηκαν ψεκάσμο με deltamethrin (0,5 g/lit) για την εξόντωση των ατόμων που παρέμεναν ακόμη επί των φυτών. Τα φυτά-δείκτες μεταφέρονταν σε εντομοστεγές θερμοκήπιο, στο οποίο παρέμειναν για διάστημα 3 τουλάχιστον εβδομάδων, μέχρι την εκδήλωση των ιολογικών συμπτωμάτων. Από τα φυτά που εκδήλωσαν συμπτώματα συλλέχθηκαν δείγματα τα οποία ελέγχθηκαν με ανοσοενζυμική δοκιμή ELISA, για την ταυτοποίηση της παρουσίας των ιών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η πραγματοποίηση αφιδομεταδόσεων που ενέπλεξε τη 'διακίνηση' ατόμων του είδους *A. nerii* που διήλθαν από διάφορους δυνατούς συνδυασμούς φυτών-δεικτών μολυσμένων με ιούς των κολοκυνθοειδών-σολανωδών, κατέδειξε την υπεροχή της μετάδοσης του μωσαϊκού 2 της καρπουζιάς, συγκρινόμενη με τα ποσοστά μετάδοσης των ιών ZYMV και CMV, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 4.

Συνδυασμοί που εξετάστηκαν	Πείραμα 1	Πείραμα 2	Σύνολο	Ποσοστά μετάδοσης (%)
CMV-Y	2/40	3/40	5/80	6,25
ZYMV-Y	5/40	3/40	8/80	10
WMV 2-Y	11/40	8/40	19/80	23,75
Y-CMV-Y	2/40	2/40	4/80	5
Y-ZYMV-Y	4/40	3/40	7/80	8,75
Y-WMV 2-Y	6/40	7/40	13/80	16,25
CMV-Y-Y	1/40	0/40	1/80	1,25
ZYMV-Y-Y	2/40	3/40	5/80	6,25
WMV 2-Y-Y	6/40	5/40	11/80	13,75
CMV-PVY-Y	0/40	1/40	1/80	1,25
ZYMV-PVY-Y	1/40	1/40	2/80	2,5
WMV 2-PVY-Y	5/40	2/40	7/80	8,75
CMV-AMV-Y	0/40	1/40	1/80	1,25
ZYMV-AMV-Y	2/40	3/40	5/80	6,25
WMV 2-AMV-Y	6/40	4/40	10/80	12,5

Πίνακας 4. Ικανότητα μετάδοσης των ιών CMV, WMV 2, ZYMV όταν προηγείται επίσκεψη ατόμων του είδους *Aphis nerii* σε φυτά μολυσμένα με τους ιούς και ακολούθως σε φυτά μολυσμένα με τους ιούς PVY, AMV ή υγιή φυτά κολοκυθίου

Σε φυτά κολοκυθίου ποικιλίας Atene τα ποσοστά μετάδοσης του ιού του μωσαϊκού 2 της καρπουζιάς που επιτεύχθηκαν ήταν υψηλότερα, όταν της διενέργειας δοκιμαστικών νυγμάτων σε μολυσμένα με τον ιό φυτά-δείκτες, ακολούθησε η μεταφορά των ιοφόρων ατόμων σε φυτά μολυσμένα με τους ιούς PVY (8,75%) και AMV (12,5%). Ακολούθησε το κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV), το οποίο χαρακτηρίστηκε από ικανότητα μετάδοσης (6,25%) που υπερέιχε του μωσαϊκού της αγγουριάς (CMV) (1,25%), όταν μετά την πρόσληψη των δύο τελευταίων ιών ακολουθούσε η εγκατάσταση των αφίδων σε φυτά πιπεριάς μολυσμένα με τον AMV. Αντίθετα, όταν μεταξύ των μολυσμένων με τους ιούς CMV και ZYMV και των υγιών φυτών-δεικτών στα οποία κατέληγαν οι αφίδες παρεμβάλλονταν φυτά μολυσμένα με τον ιό Y της πατάτας (PVY), τα ποσοστά μετάδοσης των ZYMV και CMV δεν διέφεραν σημαντικά (2,5% και 1,25%, αντίστοιχα). Τόσο στην περίπτωση του ιού Y της πατάτας, όσο και του μωσαϊκού της μηδικής, τα ποσοστά μετάδοσης του μωσαϊκού 2 της καρπουζιάς διατηρήθηκαν σταθερά υψηλότερα, όταν στις αφίδες δόθηκε η δυνατότητα να μετακινηθούν από μολυσμένα κολοκύθια σε μολυσμένες πιπεριές, πριν 'αποδώσουν' το ικό φορτίο που συγκράτησαν στα στοματικά τους μόρια σε υγιή κολοκύθια.

Το γεγονός αυτό φαίνεται να παρέχει ένα σημαντικό επιδημιολογικό πλεονέκτημα στον WMV-2, καθιστώντας τον επικρατέστερο και ευχερέστερα μεταφερόμενο στα φυτά μέσω των στοματικών μορίων των αφίδων-φορέων του. Αποδείχθηκε ότι όταν οι αφίδες προσγειώνονται σε υγιή κολοκύθια, αφού προηγουμένως είχαν ακολουθήσει μια διαδρομή πτήσης που ενέπλεξε προσγείωση σε φυτά μολυσμένα με τους ιούς WMV-2, ZYMV, CMV και ακολούθως σε σολανώδη φυτά μολυσμένα με τους ιούς PVY-AMV, οι πιθανότητες μετάδοσης είναι υψηλότερες για το μωσαϊκό της καρπουζιάς 2, ακολουθούμενο από το κίτρινο μωσαϊκό της κολοκυθιάς και τέλος το μωσαϊκό της αγγουριάς.

Ανάλογη συμπεριφορά μετάδοσης καταγράφηκε όταν οι αφίδες αμέσως μετά την σύντομη εγκατάσταση-διατροφή τους σε μολυσμένα με τους ιούς WMV-2, ZYMV, CMV φυτά κολοκυθίου, οδηγήθηκαν σε υγιή κολοκύθια, χωρίς την παρεμβολή-έκθεσή τους σε φυτά μολυσμένα με ιούς των σολανωδών. Η μεταφορά των δυνητικά αφίδων σε υγιή κολοκύθια αποκάλυψε υψηλότερα ποσοστά μετάδοσης του WMV-2 (23,75%), ακολουθούμενο από τον ZYMV (10%) και τέλος των CMV (6,25%). Όταν επιχειρήθηκε ο συνδυασμός αρχικής διατροφής σε υγιές φυτό, ακολούθως παρεμβολής φυτού μολυσμένου με έναν από τους WMV-2, ZYMV, CMV και

τελικά κατάληξη σε υγιές φυτό κολοκυθίου, τα ποσοστά μετάδοσης ήταν χαμηλότερα συγκριτικά με την προηγούμενη 'σειρά' μεταδόσεων. Παρόλα αυτά, η ικανότητα μετάδοσης του WMV-2 διατηρήθηκε υψηλότερη (16,25%) από την αντίστοιχη των ZYMV (8,75%) και CMV (5%). Περισσότερο 'επηρέαστηκε' η μεταδοτική ικανότητα του μωσαϊκού 2 της καρπουζιάς από την σειρά αυτή των δοκιμαστικών νυγμάτων που επιχείρησαν τα άτομα του είδους *A. nerii* εκκινώντας από υγιή, συνεχίζοντας σε μολυσμένα, πριν καταλήξουν σε υγιή φυτά.

Τέλος, η πρόσληψη των ιών με πραγματοποίηση δοκιμαστικών νυγμάτων σε μολυσμένα με τους ιούς φυτά, η μεσολάβηση υγιών φυτών και η πραγματοποίηση τροφικής δραστηριότητας των φορέων επί αυτών και η τελική κατάληξή τους επί υγιών κολοκυθίων, απέδωσε επίσης υψηλότερα ποσοστά μετάδοσης του μωσαϊκού 2 της καρπουζιάς όταν οι αφίδες μεταφέρονταν τελικά σε υγιή κολοκύθια (13,75%). Τα ποσοστά μετάδοσης που επιτεύχθηκαν από τις αφίδες-φορείς για τους ιούς ZYMV και CMV ήταν 6,25% και 1,25%, αντίστοιχα. Η μεσολάβηση υγιών φυτών στα οποία πιθανότατα απελευθερώνεται (χάνεται) μέρος των ισωματίων των παθογόνων κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών νυγμάτων, επιφέρει μείωση στα ποσοστά μετάδοσης των ιών. Η αποτελεσματικότητα μετάδοσης μειώνεται συγκριτικά με την απ' ευθείας μετάδοση σε υγιή φυτά καθώς και τη μετάδοση σε υγιές αφού προηγηθεί η διατροφή των αφίδων σε υγιές και ακολούθως σε μολυσμένο φυτό.

Στη δεύτερη ομάδα συνδυασμών μετάδοσης αξιολογήθηκαν τα ποσοστά μετάδοσης που ανακύπτουν από την διαδοχική εναλλαγή των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με τους ιούς CMV, WMV 2 και ZYMV, χωρίς να εμπλέκεται τροφική δραστηριότητα των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με τους ιούς των σολανωδών (AMV και PVY). Συγκριτικά με τη μετάδοση που επιτυγχάνει η διαδοχική μετακίνηση αφίδων μεταξύ μολυσμένων με τα παθογόνα των κολοκυνθοειδών φυτά-δείκτες (κολοκύθια), αποτύπωσε η υψηλότερη μεταδοτική ικανότητα του μωσαϊκού 2 της καρπουζιάς, έναντι των ιών CMV και ZYMV από το είδος *A. nerii*, τόσο όταν προηγούνταν όσο και όταν έπονταν τα νύγματα δοκιμασίας σε φυτά μολυσμένα με τον WMV-2 (Πίνακας 5).

Συνδυασμοί	Πείραμα 1	Πείραμα 2	Σύνολο	Ποσοστό μετάδοσης (%)
CMV-WMV 2-Y	2/40 (2/40)*	1/40 (3/40)*	3/80 (5/80)*	3,75 (6,25)*
CMV-ZYMV-Y	2/40 (2/40)*	2/40 (2/40)*	4/80 (4/80)*	5 (5)*
ZYMV-CMV-Y	5/40 (0/40)*	3/40 (0/40)*	8/80 (0/80)*	10 (0)*
ZYMV-WMV 2-Y	0/40 (6/40)*	1/40 (4/40)*	1/80 (10/80)*	1,25 (12,5)*
WMV 2-CMV-Y	3/40 (2/40)*	5/40 (1/40)*	8/80 (3/80)*	10 (6,25)*
WMV 2-ZYMV-Y	6/40 (4/40)*	7/40 (5/40)*	13/80 (9/80)*	16,25 (11,25)*

Πίνακας 5. Ποσοστά μετάδοσης των ιών CMV, WMV 2, ZYMV όταν άτομα του είδους *Aphis nerii* πραγματοποιούν διαφορετικούς συνδυασμούς μετακινούμενα μεταξύ μολυσμένων φυτών κολοκυθίου με το κάθε παθογόνο

* Οι αριθμοί στην παρένθεση αποδίδουν το ποσοστό μολυσμένων έναντι των χρησιμοποιηθέντων φυτών από το δεύτερο παθογόνο στο οποίο εκτέθηκαν οι αφίδες στη διαδοχή των δοκιμαστικών νυγμάτων που πραγματοποιήσαν επί των μολυσμένων φυτών

Όταν προηγήθηκε η διενέργεια δοκιμαστικών νυγμάτων από τις αφίδες σε φυτά μολυσμένα με το μωσαϊκό της καρπουζιάς και ακολούθησε αυτή σε φυτά μολυσμένα με τους CMV και ZYMV προέκυψαν ποσοστά μόλυνσης 10% και 16,25%, αντίστοιχα. Επίσης, υψηλά ποσοστά μόλυνσης προέκυψαν και όταν οι αφίδες τράφηκαν πρώτα σε μολυσμένα με τον ZYMV φυτά πριν οδηγηθούν σε φυτά μολυσμένα με τον WMV 2 (12,5%). Τα χαμηλότερα ποσοστά μόλυνσης με τον WMV 2 παρουσιάστηκαν όταν οι αφίδες πραγματοποίησαν νύγματα σε φυτά μολυσμένα με το μωσαϊκό της αγγουριάς και ακολούθως σε φυτά μολυσμένα με το μωσαϊκό της καρπουζιάς (6,25%).

Οι αφίδες μετέδωσαν με δεύτερη μεγαλύτερη συχνότητα το κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς επιτυγχάνοντας ποσοστό μετάδοσης 10% όταν μετά την πα-

ρουσία τους σε φυτά μολυσμένα με τον ZYMV ακολούθησαν νύγματα σε φυτά μολυσμένα με τον CMV, καθώς και όταν δοκιμάστηκε ο συνδυασμός μολυσμένων με τον WMV2 και ακολούθως με τον ZYMV φυτών (11,25%). Επίσης, ισότιμα μετέδωσαν οι αφίδες τους ιούς ZYMV και CMV όταν ακολούθησαν τη σειρά: μολυσμένα με τον CMV και ακολούθως με τον ZYMV φυτά (5%). Τα χαμηλότερα ποσοστά μετάδοσης εμφάνισε ο ZYMV όταν προηγήθηκαν νύγματα δοκιμασίας των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με τον ZYMV και στη συνέχεια οι αφίδες μεταφέρθηκαν σε φυτά μολυσμένα με το μωσαϊκό της καρπουζιάς (1,25%), ενώ ταυτόχρονα η παρουσία του στα υγιή κολοκύθια ήταν σημαντική (12,5%).

Το μωσαϊκό της αγγουριάς παρουσίασε τα χαμηλότερα ποσοστά μετάδοσης σε αυτή τη σειρά-διαδοχή των αφιδομεταδόσεων. Τα υψηλότερα ποσοστά επιτεύχθηκαν σε δύο συνδυασμούς: όταν προηγήθηκε η παρουσία των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με τον WMV-2 και ακολούθησε η εγκατάστασή τους σε φυτά μολυσμένα με τον CMV (6,25%), καθώς και όταν η διαδοχή των μεταδόσεων ενέπλεκε παρουσία των αφίδων αρχικά σε φυτά μολυσμένα με το μωσαϊκό της αγγουριάς και ακολούθως σε φυτά μολυσμένα με το κίτρινο μωσαϊκό της κοινής κολοκυθιάς (5%). Αντίθετα, ο συνδυασμός μετάδοσης κατά τον οποίο οι αφίδες ακολούθησαν αντίστροφη πορεία επί των μολυσμένων φυτών, οδήγησε σε μηδενικά ποσοστά μετάδοσης του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς (0%). Τέλος, ενδιάμεσα ποσοστά μετάδοσης κατέγραψε η μεταφορά των αφίδων από μολυσμένα με τον CMV σε μολυσμένα με τον WMV-2 φυτά κολοκυθιού (3,75%).

Η υπεροχή που κατέγραψε ο WMV-2 στην παρούσα εργασία υποδηλώνει τα πλεονεκτήματα που διαθέτει ο ιός σε συνθήκες αγρού σε σύγκριση με τα άλλα κοινά παθογόνα που προσβάλλουν τα κολοκυνθοειδή. Οι ενδείξεις που προκύπτουν ενδεχομένως να επεξηγούν την επικράτησή του στις καλλιέργειες των κολοκυνθοειδών σε όλη την Ελληνική επικράτεια όπου τα ποσοστά μόλυνσης και συχνότητας εμφάνισης είναι σημαντικά υψηλότερα από αυτά που αποδίδονται στους επίσης κοινούς ιούς CMV και ZYMV, αλλά και στους λιγότερο συναντώμενους WMV-1, ιός του μωσαϊκού 1 της καρπουζιάς (ή όπως πρόσφατα επικράτησε ιός της δακτυλιωτής κηλίδωσης της παπάγιας, papaya ringspot virus, PRSV) και ZYFV (ιός της κίτρινης στιγμάτωσης της κολοκυθιάς).

Τα στοιχεία που ανέκυσαν προήλθαν από την χρησιμοποίηση ενός είδους για το οποίο τα κολοκυνθοειδή και τα σολανώδη δεν αποτελούν ξενιστές, συνεπώς συνιστά ιδανικό 'όχημα' για τη διασπορά του μολύσματος στις καλλιέργειες. Η αξιολό-

γηση των δυνητικών φυτών-ξενιστών στους οποίους προσγειώνεται και η μύζηση χυμού από τα επιδερμικά κύτταρα επιτρέπει την πρόσληψη των μη έμμονων ιών. Ακολούθως τα περωτά άτομα του είδους μη αποδεχόμενα τα φυτά στα οποία προσγειώθηκαν τα εγκαταλείπουν έχοντας προσλάβει τα παθογόνα και αποκτήκει την μολυσματική ικανότητα να διασπείρουν τους ιούς στα γειτονικά υγιή φυτά της καλλιέργειας.

Τα στοιχεία που προκύπτουν από την εργασία αυτή, υποδηλώνουν ότι υπερίσχυει η μετάδοση του μωσαϊκού 2 της καρπουζιάς από τις αφίδες-φορείς, είτε οι συνδυασμοί που αξιολογήθηκαν περιγράφουν απ' ευθείας μετάδοση και συνεπώς αποκλειστική παρουσία του ιού στα στοματικά μόρια του φορέα ή εκδηλώνεται η ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών ιών (τόσο των κολοκυνθοειδών όσο και των σολανωδών) στα σιλέτα των αφίδων-φορέων. Βέβαια, τα στοιχεία που ανέκυσαν από το πείραμα χαρακτηρίζουν την ικανότητα μετάδοσης των συγκεκριμένων φυλών (απομονώσεων) των ιών CMV, ZYMV και WMV 2. Ασφαλώς, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση και με άλλες απομονώσεις των ιών από διαφορετικές περιοχές της χώρας, ώστε με απόλυτη βεβαιότητα να υποστηριχθεί η ισχυρή ένδειξη της επιδημιολογικής υπεροχής του WMV 2, έναντι των ιών ZYMV και CMV, όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΙΩΝ PVY, BCMV, CeMV, AMV, TMV ΣΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΟΥ CMV ΑΠΟ ΤΟ ΕΙΔΟΣ *APHIS NERII* ΟΤΑΝ ΠΡΟΗΓΕΙΤΑΙ ΚΑΙ ΟΤΑΝ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ Η ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΤΟΥ ΜΩΣΑΪΚΟΥ ΤΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ ΑΠΟ ΤΑ ΕΝΤΟΜΑ-ΦΟΡΕΙΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (Cucumber mosaic Cucumovirus, CMV), αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους περιοριστικούς παράγοντες στην καλλιέργεια των κηπευτικών στην Ελλάδα και διεθνώς. Διαθέτει ένα πολύ μεγάλο εύρος ξενιστών, περισσότερα από 1000 φυτικά είδη (λαχανικά, καλλωπιστικά, αυτοφυή), τα οποία ανήκουν σε 67 βοτανικές οικογένειες. Μεταδίδεται στον αγρό με περισσότερα από 80 είδη αφίδων με μη-έμμονο τρόπο. Ο ιός παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλή εξειδίκευση με τα έντομα-φορείς του, γεγονός που εξηγεί τον ιδιαίτερα υψηλό αριθμό ειδών αφίδων που είναι σε θέση να προσλάβουν και να μεταδώσουν τον ιό στους πολυάριθμους ξενιστές του. Ο ιός χαρακτηρίζεται από αξιοσημείωτη γενετική πλαστικότητα, που του παρέχει τη δυνατότητα ανάδυσης νέων φυλών οι οποίες διαθέτουν έντονη μολυσματική (παθογόνο) ικανότητα και η διασπορά τους ανάμεσα στα καλλιεργούμενα φυτά προκαλεί την εκδήλωση επιδημιών και επιφέρει πολύ σοβαρές απώλειες στη φυτική παραγωγή.

Στην Ελλάδα, το μωσαϊκό της αγγουριάς παρουσιάζεται ως η σοβαρότερη απειλή στην καλλιέργεια της υπαίθριας τομάτας, επιτραπέζιας και ιδιαίτερα της βιομηχανικής. Η προσβολή της καλλιέργειας από διάφορες φυλές του ιού προκαλεί σημαντικές ασθένειες που διαφοροποιούνται από τη συμπτωματολογία που εκδηλώνουν στα προσβεβλημένα φυτά. Στις ασθένειες που προκαλεί το μωσαϊκό της αγγουριάς συγκαταλέγονται η συρρίκνωση της τομάτας (παρουσιάζει την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης), η σκλήρυνση των καρπών, η νημάτωση των φύλων και η νέκρωση της τομάτας. Ο ιός συχνά ταυτοποιείται σε φυτά που είναι ταυτόχρονα μολυσμένα με άλλους σημαντικούς ιούς (ιό του μωσαϊκού της τομάτας, ιό Y της πατάτας, ιό του μωσαϊκού της μηδικής). Η ταυτόχρονη παρουσία των ιών στο ίδιο φυτό, προκαλεί εντονότερα συμπτώματα και συχνά εκμηδένιση της παραγωγής.

Ο ιός παρουσιάζεται ως σημαντικό παθογόνο στην πιπεριά, τον καπνό, τη μελιτζάνα, την αγγινάρα, σπανάκι, σέλινο, φασόλια, γλαδίολο, πετούνια, ζίννια. Αποτελεί έναν από τους πιο διαδεδομένους ιούς των κολοκυνθοειδών στις εύκρατες χώρες. Οι επιπτώσεις της προσβολής του ιού είναι σοβαρότερες στην κολοκυθιά, όπου η

μείωση της παραγωγής αγγίζει επίπεδα που κυμαίνονται μεταξύ 40 και 80%. Επιδημιολογικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια έχουν καταγράψει τη συχνότητα εμφάνισης του ιού στις καλλιέργειες των κολοκυνθοειδών. Η εικόνα που αποτυπώθηκε τοποθετεί τον CMV στην τρίτη θέση, μετά του ιούς του μωσαϊκού 2 της καρπουζιάς (WMV-2) και του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς (ZYMV). Συχνά εντοπίζεται σε μικτές μολύνσεις με τους ιούς WMV-2, ZYMV να προκαλεί έντονα συμπτώματα στα καλλιεργούμενα κολοκυνθοειδή. Ο ιός χαρακτηρίζεται από εναλλαγή περιόδων στις οποίες περιορίζεται σημαντικά η παρουσία και η επίπτωσή του στις καλλιέργειες, οι οποίες ακολουθούνται από εξάρσεις με έντονη συχνότητα εμφάνισης σε τοπικές και ευρύτερες περιοχές, πρόκληση επιδημιών και βαρύντων απωλειών στα φυτά.

Εκτός του μωσαϊκού της αγγουριάς οι καλλιέργειες των κηπευτικών προσβάλλονται και από άλλα ιολογικά παθογόνα. Η κυμαινόμενη παρουσία τους ανά καλλιεργητική περίοδο 'συγκεντρώνει' διαφορετικούς ιούς στις καλλιέργειες κηπευτικών και επιτρέπει στα έντομα-φορείς που κινούνται μεταξύ των φυτών (μολυσμένων και υγιών), να συναντούν διαδοχικά διαφορετικούς ιούς πριν καταλήξουν να προσγειωθούν σε κάποιο υγιές φυτό. Η γειννίαση των καλλιεργειών των κηπευτικών επιτρέπει στις πτερωτές αφίδες να εκτίθενται διαδοχικά σε φυτά μολυσμένα με διαφορετικά παθογόνα, καθώς πραγματοποιούν σύντομες πτήσεις στις οποίες διανύουν μικρές αποστάσεις στη διαδικασία αναζήτησης φυτών-ξενιστών. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μη-έμμονης μετάδοσης των ιών που δίνουν στις αφίδες τη δυνατότητα στις αφίδες-φορείς να προσλάβουν και επακόλουθα να μεταδώσουν τους ιούς πραγματοποιώντας δοκιμαστικά νύγματα διάρκειας λίγων δευτερολέπτων ή λεπτών, αμέσως μετά την αξιολόγηση και τη μη αποδοχή των φυτών στα οποία εγκαθίστανται και τη διαφυγή τους προς αναζήτηση καταλληλότερων φυτών τα οποία θα 'υποστηρίξουν' τη διατροφή και την αναπαραγωγή τους, διασφαλίζουν την εξάπλωση του μολύσματος ανάμεσα στις καλλιέργειες.

Η προσγείωση σε μολυσμένα φυτά και η εγκατάλειψη αυτών αφού προηγουμένως έχει συντελεσθεί η λήψη φυτικού χυμού από τα επιδερμικά κύτταρα και η πρόσληψη-συγκράτηση των ισοωματιών στα στοματικά μόρια των πτερωτών αφίδων, επιτυγχάνει την απελευθέρωση του ιικού μολύσματος από τις αρχικές εστίες που συγκεντρώνεται η παρουσία του στα φυτά-ξενιστές που αναπτύσσονται σε μια ευρύτερη περιοχή. Ο ρυθμός εξάπλωσης των ασθενειών που προκαλούν τα παθογόνα συσχετίζεται με τους πληθυσμούς και τη δραστηριότητα των αφίδων-φορέων. Όταν υψηλοί

αριθμοί πτερωτών αφίδων δραστηριοποιούνται και επισκέπτονται τις καλλιέργειες και τα αυτοφυή είδη που συναντούν στις πτήσεις τους, η επακόλουθη διασπορά του μολύσματος είναι ραγδαία, αφού συνήθως δεν εμπλέκεται διατήρηση των αφίδων επί των φυτών για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πράγματι, η εξάπλωση των παθογόνων είναι εντονότερη όταν τα είδη αφίδων δεν αποικίζουν τα φυτά στα οποία προσγειώνονται (δεν αποτελούν ξενιστές τους), γεγονός που επιτρέπει τη γρήγορη απομάκρυνσή τους από αυτά και την εγκατάστασή τους σε άλλα υγιή φυτά, προκαλώντας την ταχεία κατανομή του μολύσματος σε σημαντικό αριθμό φυτών.

Ο ιός Y της πατάτας (Potato virus Y, PVY) ανήκει στο γένος *Potyvirus* και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ιούς που προσβάλλουν τα σολανώδη (πατάτα, τομάτα, καπνό, πιπεριά). Αποτελεί το σημαντικότερο παθογόνο της πατάτας και του καπνού στην Ελλάδα, ενώ η επίπτωσή του στην καλλιέργεια της τομάτας αξιολογείται ως λιγότερο σοβαρή. Το εύρος ξενιστών του περιορίζεται αυστηρά σε καλλιεργούμενα και αυτοφυή Solanaceae. Μεταδίδεται με αφίδες (περισσότερα από 40 είδη) με μη έμμοιο τρόπο, ενώ δεν αναφέρεται μετάδοση του ιού με σπόρο.

Ο ιός του μωσαϊκού του σέλινου (Celery mosaic virus, CeMV) ανήκει επίσης στο γένος *Potyvirus* και αποτελεί μαζί με τον ιό Arion virus 2 τον συχνότερα απαντώμενο ιό στις καλλιέργειες σκιαδανθών στην Ελλάδα, σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες (Χουλιάρα, αδημοσίευτα δεδομένα). Μεταδίδεται με αφίδες με μη έμμοιο τρόπο και το εύρος ξενιστών του συνήθως περιορίζεται στα καλλιεργούμενα και αυτοφυή Umbelliferae.

Ο ιός του κοινού μωσαϊκού της φασολιάς (Bean common mosaic virus, BCMV) ανήκει στο γένος *Potyvirus* και είναι αρκετά διαδεδομένος στις περισσότερες περιοχές που καλλιεργούνται φασόλια στη χώρα μας. Η οικονομική ζημιά που προκαλεί οφείλεται τόσο στη μείωση της παραγωγής, όσο και στην ποιοτική υποβάθμιση του παραγόμενου προϊόντος. Οι απώλειες μπορούν να ανέλθουν μέχρι και στο 80%. Ο ιός μεταδίδεται με το σπόρο της φασολιάς σε ποσοστά που ποικίλουν ανάλογα με την ποικιλία, τη φυλή του ιού και το στάδιο στο οποίο πραγματοποιείται η μόλυνση. Στην εξάπλωση του ιού στον αγρό συμβάλλουν περισσότερα από 30 είδη αφίδων με μη έμμοιο τρόπο.

Ο ιός του μωσαϊκού της μηδικής (Alfalfa mosaic virus, AMV) διαθέτει σημαντικό εύρος ξενιστών, προσβάλλοντας 150 είδη που ανήκουν σε 22 βοτανικές οικογένειες. Στο εύρος ξενιστών του ανήκουν εκτός της μηδικής το φασόλι, καπνός, σόγια, μελιτζάνα, αρακάς, σέλινο, τομάτα, πιπεριά, πετούνια, ζίννια κ.α. Μεταδίδεται με πε-

ρισσότερα από 14 είδη αφίδων με μη έμμονο τρόπο. Μεταδίδεται επίσης με το σπόρο ορισμένων ξενιστών, αλλά η μηδική αποτελεί την κυριότερη 'δεξαμενή' του ιού. Τα περισσότερα προβλήματα στις καλλιέργειες ανακύπτουν σε αγρούς που γειτνιάζουν με συχνά έντονα μολυσμένες καλλιέργειες μηδικής.

Ο ιός του μωσαϊκού του καπνού (Tobacco mosaic virus, TMV) ανήκει στο γένος Tobamovirus αποτελεί το σημαντικότερο πρόβλημα του καπνού στην Ελλάδα. Οι καλλιέργειες σπάνια απαλλάσσονται από την παρουσία του ιού, παρουσιάζουν δε συχνά πολύ υψηλά ποσοστά μόλυνσης που συχνά προκύπτουν στα σπορεία και μεταφέρονται στους αγρούς καλλιέργειας. Ο ιός δεν έχει ζωικούς φορείς. Η μετάδοσή του πραγματοποιείται μηχανικά (με την επαφή) μολυσμένων και υγιών φυτών. Η επαφή μπορεί να προκύπτει με διάφορους καλλιεργητικούς χειρισμούς, με τα εργαλεία και τα ενδύματα των καλλιεργητών. Διατηρείται σε μολυσμένο σπόρο και σε υπολείμματα ασθενών καλλιεργειών στο έδαφος.

Η εργασία επιχειρεί να διερευνήσει το αποτέλεσμα της διαδοχικής επίσκεψης αφίδων σε φυτά μολυσμένα με τα παθογόνα αυτά και να διαπιστώσει αν τα ποσοστά μετάδοσης διαφοροποιούνται κατά την εκτέλεση δοκιμαστικών νυγμάτων που αρχικά πραγματοποιούνται από τις αφίδες σε φυτά μολυσμένα με τον CMV και ακολουθεί η ίδια διαδικασία σε φυτά μολυσμένα με τους ιούς PVY, AMV, BCMV, CeMV και TMV. Επίσης, εξετάστηκε η αντίστροφη διαδικασία κατά την οποία οι αφίδες 'διακινούνταν' αρχικά σε φυτά μολυσμένα με τους παραπάνω ιούς και ακολούθως σε φυτά-πηγές του CMV πριν καταλήξουν σε υγιή φυτά. Επίσης αξιολογήθηκαν οι ακολουθίες μετάδοσης κατά τις οποίες αφίδες προερχόμενες από φυτά-πηγές του CMV κατέληγαν σε υγιή φυτά, αφίδες που διατρέφονταν αρχικά σε υγιή φυτά για να ακολουθήσει η διενέργεια τροφικής δραστηριότητας σε φυτά μολυσμένα με τον ιό πριν τοποθετηθούν τελικά σε υγιή φυτά και τέλος μια σειρά μετάδοσης ενέπλεξε την πρόσληψη του CMV από αφίδες με την εγκατάστασή τους σε μολυσμένα φυτά και τη διαδοχική μεταφορά τους σε δύο υγιή φυτά, για να συγκριθούν με τα αποτελέσματα μετάδοσης τα οποία θα επιτυγχάνονταν όταν προέκυπτε αλληλεπίδραση των ιών στα στοματικά μόρια των αφίδων-φορέων.

Στις δοκιμές μετάδοσης χρησιμοποιήθηκε το είδος *Aphis nerii* (αφίδα της πικροδάφνης), το οποίο παρουσιάζει περιορισμένο εύρος ξενιστών. Προσβάλλει φυτά των οικογενειών Asclepiadaceae (*Asclepias*, *Comphocarpus*, *Calotropis*) Apocynaceae (*Nerium oleander*-πικροδάφνη-, *Vinca*). Περιστασιακά προσβολές μπορούν να υποστούν φυτά σε άλλες οικογένειες (Euphorbiaceae, Compositae, Convolvulaceae).

Παρουσιάζει αποκλειστικά ανολοκυκλική (ζωοτόκο παρθενογενετική) αναπαραγωγή, καθώς δεν έχουν παρατηρηθεί έμφυλα άτομα του είδους. Η παρουσία του είναι διαρκής στα φυτά-ξενιστές καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου και οι πτήσεις που πραγματοποιεί διαπιστώνονται σε δείγματα συλλήψεων από διαφορετικές παγίδες που εγκαθίστανται κοντά στις καλλιέργειες. Η παρουσία του, του αποδίδει μια σημαντική δυνητικά συμβολή στη μετάδοση των μη έμμονων κυρίως ιών στα κηπευτικά καθώς κανένα είδος δεν αποτελεί ξενιστή του και η συνθήκη αυτή ευνοεί την πρόσληψη και μετάδοση των μη έμμονων ιών από τα μολυσμένα φυτά.

ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ

Αποικίες των αφίδων.

Τα άτομα του είδους *Aphis nerii* συλλέχθηκαν από πληθυσμούς που αναπτύσσονταν σε φυτά πικροδάφνης και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο. Ένα άτομο του είδους εγκαταστάθηκε σε νεαρά φυτά πικροδάφνης για να δημιουργηθεί κλωνική αποικία, αποτελούμενη από άτομα με αντίστοιχη ικανότητα μετάδοσης. Οι πληθυσμοί διατηρήθηκαν σε θαλάμους ανάπτυξης, εκτεθειμένοι σε φωτοπερίοδο 18 ωρών και θερμοκρασία 20 °C. Υπήρξε μέριμνα να αποφεύγεται ο υπερπληθυσμός που οδηγούσε στην παραγωγή πτερωτών μορφών, λόγω αυξημένης μηχανικής αλληλεπίδρασης των ατόμων της αποικίας, αλλά και της υποβάθμισης της φαινολογίας και της θρεπτικής αξίας που παρείχαν τα φυτά στα οποία οικοδομήθηκαν οι αποικίες του είδους.

Απομονώσεις των ιών.

Ο ιός του μωσαϊκού του καπνού συλλέχθηκε από φυτά καπνού που παρουσίαζαν έντονα συμπτώματα μωσαϊκού. Το δείγμα ελέγχθηκε για το ενδεχόμενο ταυτόχρονης παρουσίας άλλων κοινών ιών (CMV, AMV, TSWV) με την ανοσοενζυμική δοκιμή ELISA. Η απομόνωση του ιού Υ της πατάτας προήλθε από επιτραπέζια τομάτα που παρουσίαζε έντονες νεκρωτικές κηλίδες στο φύλλωμα, αφού αποκλείστηκε το ενδεχόμενο παρουσίας άλλων ιολογικών παθογόνων. Η απομόνωση του μωσαϊκού της μηδικής προήλθε από μηδική που εκδήλωνε έντονα συμπτώματα κίτρινης ποικιλοχλωρώσεως, παραμόρφωσης του ελάσματος του φυλλώματος και νανισμό των βλαστών. Ο ιός του μωσαϊκού του σέλινου συλλέχθηκε από υπαίθρια καλλιέργεια σέλινου με τυπικά συμπτώματα μωσαϊκού και το δείγμα αξιολογήθηκε με ELISA για να διασφαλιστεί η απουσία των ιών CMV και AVY σ' αυτό. Η απομόνωση του κοινού μωσαϊκού της φασολιάς συλλέχθηκε από υπαίθρια καλλιέργεια φασολιού που παρου-

σίαζε μωσαϊκό, παραμόρφωση του ελάσματος και νανισμό των φυτών. Η απουσία συμπτωμάτων σε φυτά κολοκυθίου που μολύνθηκαν μηχανικά, απέκλεισε των πιθανότητα παρουσίας του μωσαϊκού της αγγουριάς στα μολυσμένα δείγματα. Η απομόνωση του μωσαϊκού της αγγουριάς προήλθε από καλλιέργεια κολοκυθιάς με έντονα συμπτώματα μωσαϊκού, ποικιλοχλώρωσης και παραμόρφωσης του ελάσματος των φύλλων. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν ελέγχθηκαν για τυχόν παρουσία των ιών WMV-2, ZYMV, ZYFV με ELISA και αποδείχθηκαν αρνητικά.

Παραγωγή μολυσμένων φυτών.

Τα δείγματα που μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, αφού ταυτοποιήθηκε η παρουσία των παθογόνων και επιβεβαιώθηκε η απουσία άλλων ιών, χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή μολυσμένων φυτών με την πραγματοποίηση μηχανικών μολύνσεων. Τα δείγματα λειοτριβήθηκαν σε γουδί πορσελάνης με ταυτόχρονη παρουσία φωσφορικού ρυθμιστικού διαλύματος (pH: 7.0) που επέτρεψε την 'εξαγωγή' των ιών από το φυτικό υλικό. Το ομογενοποιημένο υλικό επαλείφθηκε στα φύλλα των φυτών-δεικτών, τα οποία προηγουμένως είχαν σκονιστεί με πληρωτική ουσία (carborundum), η παρουσία της οποίας δημιούργησε 'τραύματα' στην επιδερμίδα των φύλλων για να διευκολυνθεί η είσοδος των ισοωματίων και η πραγματοποίηση των μολύνσεων.

Χρησιμοποιήθηκαν νεαρά φυτά καπνού ποικιλίας Samsun για την παραγωγή μολυσμένου με τον TMV φυτικού υλικού, νεαρά φυτά σέλινου ντόπιας ποικιλίας για τον CeMV, φυτά μηδικής για τον AMV, φασόλια ντόπιας ποικιλίας στο στάδιο του πρώτου τρίφυλλου για τον BCMV και πιπεριάς υβρίδιο Gurdian F1 στο στάδιο έκπτυξης του πρώτου πραγματικού φύλλου για τον PVY. Τα φυτά-πηγές του CMV προήλθαν από μηχανική μόλυνση φυτών κολοκυθίου ποικιλίας Atene στο στάδιο των κοτυληδόνων. Τα φυτά μετά την πραγματοποίηση των μολύνσεων μεταφέρθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης όπου αφέθηκαν να εκδηλώσουν συμπτώματα σε συνθήκες φωτοπεριόδου 18 h και θερμοκρασίας 18-20 °C.

Φυτά-δείκτες.

Στο πείραμα ως φυτά-δείκτες χρησιμοποιήθηκαν φυτά αγγουριάς υβρίδιο Gador F1. Τα φυτά μολύνθηκαν στο στάδιο των κοτυληδόνων έως της έναρξης έκπτυξης του πρώτου πραγματικού φύλλου. Τα φυτά παρήχθησαν με ατομική σπορά σε πλαστικά γλαστράκια διαμέτρου 10 cm. Ως υπόστρωμα ανάπτυξης χρησιμοποιήθηκε μίγμα φυτοχώματος και περλίτη, ώστε να διασφαλιστεί καλός αερισμός και στράγγιση και γρήγορη ανάπτυξη των φυτών.

Πραγματοποίηση των αφιδομεταδόσεων.

Για τη διενέργεια των δοκιμών μετάδοσης χρησιμοποιήθηκαν ενήλικα άπτερα ή προνυμφικά στάδια L4 της αφίδας της πικροδάφνης (*Aphis nerii*). Οι αφίδες απομακρύνθηκαν από τις εργαστηριακές αποικίες τους με τη βοήθεια ειδικού πινέλου και διήλθαν από φυτά μολυσμένα με τα παθογόνα πριν τοποθετηθούν τελικά σε υγιή φυτά αγγουριάς, υβρίδιου Gador F1. Πραγματοποιήθηκαν δύο πειράματα με 7 μεταχειρίσεις, κάθε μία αποτελούνταν από 3 επαναλήψεις των 10 φυτών. Ακολούθησαν τόσο τη διαδρομή κατά την οποία έρχονταν σε επαφή με φυτά μολυσμένα με το μωσαϊκό της αγγουριάς και στη συνέχεια εγκαταστάθηκαν αμέσως σε φυτά μολυσμένα με κάθε ένα από τους ιούς TMV, AMV, PVY, CeMV, BCMV πραγματοποιώντας κάθε δυνατό συνδυασμό, όσο και η αντίστροφη πορεία. Κατ' αυτήν οι αφίδες αρχικά εγκαταστάθηκαν σε φυτά μολυσμένα με τα ιολογικά παθογόνα που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν, ακολούθως τοποθετούνταν σε φυτά μολυσμένα με τον CMV και κατέληγαν σε υγιή φυτά-δείκτες. Και στις δύο 'διαδρομές' στα άτομα επιτράπηκε η πραγματοποίηση δοκιμαστικών νυγμάτων διάρκειας 3 περίπου λεπτών, διάστημα που τους επέτρεπε να δοκιμάσουν τα φυτά στα οποία είχαν εγκατασταθεί για την 'καταλληλότητά' τους ως ξενιστές.

Μετά την παρέλευση του χρονικού αυτού διαστήματος, οι αφίδες συλλέγονταν με το ειδικό πινέλο και μεταφέρονταν στα υγιή φυτά-δείκτες, τα οποία σκεπάζονταν με εντομοστεγές υλικό για να αποκλειστεί η τυχαία διασπορά αφίδων σε γειτονικά φυτά, και η επακόλουθη πρόκληση ανεπιθύμητων επιμολύνσεων. Ως μάρτυρες χρησιμοποιήθηκαν φυτά τα οποία μολύνθηκαν μηχανικά με την απομόνωση του μωσαϊκού της αγγουριάς, αλλά και φυτά στα οποία δεν δέχθηκαν καμία επέμβαση. Οι αφίδες παρέμειναν επί των υγιών φυτών για διάστημα μεγαλύτερο των 7 ωρών (συνήθως παρέμεναν καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας). Στη συνέχεια παρασκευάζονταν ψεκαστικό διάλυμα εντομοκτόνου (συνθετική πυρεθρίνη deltamethrine), το οποίο ε-

φαρμόζονταν στα φυτά που αποκαλύπτονταν με την απομάκρυνση του εντομοστεγούς υλικού που αποσκοπούσε στην εξόντωση των αφίδων που παρέμεναν επί των φυτών. Ακολούθως, τα φυτά μεταφέρονταν σε εντομοστεγές θερμοκήπιο, στο οποίο παρέμεναν για διάστημα 2-3 εβδομάδων μέχρι να εκδηλώσουν συμπτώματα. Τα φυτά ψεκάζονταν σε εβδομαδιαία βάση για να μειωθεί ο κίνδυνος επιμολύνσεων από την είσοδο πτερωτών αφίδων στο χώρο ανάπτυξής τους. Τα φυτά που εκδήλωσαν συμπτώματα, όσο και τα φυτά-μάρτυρες ελέγχθηκαν με την ανοσοενζυμική δοκιμή ELISA.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της πραγματοποίησης των μεταδόσεων με τη διαδοχική μεταφορά των αφίδων που εκκινούν ή καταλήγουν σε φυτά μολυσμένα με τον CMV, όταν ακολουθεί ή προηγείται η παρουσία τους σε φυτά μολυσμένα με άλλους ιούς παρουσιάζονται στον πίνακα 6. Στον πίνακα καταδεικνύεται η υπεροχή της μετάδοσης του CMV όταν η παρουσία των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με τον ιό ακολουθεί της τροφικής δραστηριότητας των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με άλλους ιούς. Αντίθετα, όταν προηγείται η παρουσία των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με το μωσαϊκό ης αγγουριάς και ακολουθεί η τροφική τους δραστηριότητα σε φυτά μολυσμένα με άλλους ιούς, τα ποσοστά μετάδοσης του CMV αποδεικνύονται σταθερά χαμηλότερα.

Συνδυασμοί ιών	Πείραμα 1	Πείραμα 2	Σύνολο	Ποσοστά μετάδοσης (%)
CMV-BCMV-Y	1/30	3/30	4/60	6,66
BCMV-CMV-Y	4/30	4/30	8/60	13,33
CMV-TMV-Y	1/30	2/30	3/60	5
TMV-CMV-Y	5/30	4/30	9/60	15
CMV-AMV-Y	1/30	2/30	3/60	5
AMV-CMV-Y	5/30	5/30	10/60	16,66
CMV-PVY-Y	0/30	1/30	1/60	1,66
PVY-CMV-Y	5/30	4/30	9/60	15
CMV-CeMV-Y	1/30	2/30	3/60	5
CeMV-CMV-Y	3/30	4/30	7/60	11,66
CMV-Y	4/30	4/30	8/60	13,33
Y-CMV-Y	3/30	3/30	6/60	10
CMV-Y-Y	0/30	1/30	1/60	1,66

Πίνακας 6. Ποσοστά μετάδοσης του CMV όταν προηγούνται και όταν έπονται νύγματα δοκιμασίας των αφίδων-φορέων σε φυτά μολυσμένα με τους ιούς AMV, BCMV, PVY, CeMV, TMV.

Η συνολική μεταδοτική ικανότητα του είδους *A. nerii* όταν προηγείται η παρουσία ατόμων του είδους σε μολυσμένα φυτά με τον CMV και έπεται σε φυτά προ-

σβεβλημένα με άλλα ιολογικά παθογόνα είναι 4,66%, ενώ όταν η τροφική δραστηριότητα σε φυτά-πηγές του CMV έπεται, αφού έχει προηγηθεί η παρουσία τους σε φυτά μολυσμένα με άλλους ιούς το ποσοστό μετάδοσης ανέρχεται στο 14,33%. Τα ποσοστά μετάδοσης που επιτυγχάνονται αποδεικνύονται ελαφρώς υψηλότερα ακόμα και όταν οι αφίδες οδηγούνται απ' ευθείας στα υγιή φυτά μετά την τροφική τους δραστηριότητα στα μολυσμένα με τον ιό φυτά, χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιος άλλος ιός στα στοματικά μόρια των αφίδων.

Ελαφρά χαμηλότερα ποσοστά επιτεύχθηκαν όταν προηγήθηκε η διατροφή των αφίδων σε υγιή φυτά και στη συνέχεια μεταφορά τους σε μολυσμένα κολοκύθια-πηγές του ιού πριν καταλήξουν σε υγιή φυτά (ποσοστά μετάδοσης 10%). Αντίθετα, όταν μετά την πρόσληψη του ιού κατά τη διενέργεια δοκιμαστικών νυγμάτων σε μολυσμένα φυτά παρεμβλήθηκε διατροφή σε υγιές φυτό πριν τα έντομα καταλήξουν σε υγιές φυτό, τα ποσοστά μετάδοσης που επιτεύχθηκαν ήταν σημαντικά χαμηλότερα (1,66%). Εκτός της δεδομένης υψηλότερης μετάδοσης που επεφύλαξε η πρόσληψη του CMV η οποία ακολούθησε αυτή των άλλων ιών, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφόρων ιών. Η πρόσληψη από τις αφίδες αρχικά των ιών TMV, PVY, AMV προκάλεσε παραπλήσια ποσοστά μετάδοσης (15, 15 και 16,66%, αντίστοιχα) του μωσαϊκού της αγγουριάς. Ακολούθησε ο ιός του κοινού μωσαϊκού της φασολιάς και τέλος τα μικρότερα ποσοστά μετάδοσης του CMV επιτεύχθηκαν όταν προηγήθηκε η πρόσληψη από τα έντομα φορείς του μωσαϊκού του σέλινου (CeMV). Η διερεύνηση της μεταδοτικής ικανότητας του CMV όταν προηγείται η παρουσία των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με τον ιό και ακολουθεί η εγκατάστασή τους σε φυτά προσβεβλημένα με άλλα παθογόνα, κατέδειξε παραπλήσια ποσοστά μετάδοσης για την ακολουθία των συνδυασμών CMV-TMV, CMV-AMV, CMV-CeMV (ποσοστό μετάδοσης 5%), ελαφρώς υψηλότερα για τον συνδυασμό CMV-BCMV (ποσοστό μετάδοσης 6,66%) μικρότερο για τον συνδυασμό CMV-BCMV (το ποσοστό μετάδοσης δεν ξεπέρασε το 1,66%).

Σημαντική διαφοροποίηση στα ποσοστά μετάδοσης του ιού παρουσιάστηκε όταν οι αφίδες τοποθετήθηκαν απ' ευθείας σε υγιή φυτά-δείκτες μετά την πραγματοποίηση δοκιμαστικών νυγμάτων σε μολυσμένα φυτά (ποσοστό μετάδοσης 13,33%), συγκριτικά με την παρεμβολή ενός υγιούς φυτού στο οποίο εκτέθηκαν οι ιοφόρες αφίδες πριν καταλήξουν σε κάποιο υγιές φυτό. Στη μεταχείριση αυτή τα ποσοστά μετάδοσης που επιτεύχθηκαν δεν ξεπέρασαν το 1,66%. Αυτό ερμηνεύεται από την ενδεχόμενη απώλεια μέρους του ιικού φορτίου που μεταφέρουν στα στοματικά τους

μόρια, γεγονός που προκαλεί απώλεια της ικανότητας μετάδοσης όταν πραγματοποιούν άλεπάλληλα δοκιμαστικά νύγματα σε υγιή φυτά ή φυτά άνοσα στο παθογόνο που μεταφέρουν.

Τα αποτελέσματα αν αναχθούν σε συνθήκες αγρού υποδηλώνουν ότι η συμπεριφορά πτήσης των αφίδων και εγκατάστασής τους στα φυτά, επιτρέπει υψηλότερα ποσοστά μετάδοσης του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς, όταν εμπλέκει αρχικά παρουσία των αφίδων σε φυτά μολυσμένα με άλλα ιολογικά παθογόνα πριν επισκεφθούν τα φυτά που αποτελούν πηγές του CMV. Οι πιθανότητες μετάδοσης του CMV σε υγιή φυτά-ξενιστές του αποδεικνύεται ότι τριπλασιάζεται στους περισσότερους συνδυασμούς που επιτυγχάνονται. Η διαρκής αναζήτηση κατάλληλου ξενιστή από τις πτερωτές αφίδες διασφαλίζει τη συνεχή παρουσία και τη συχνή εναλλαγή των φυτών που επιλέγουν να εγκατασταθούν. Τα πτερωτά άτομα οδηγούνται σε διαδοχικές απόπειρες αξιολόγησης της καταλληλότητας των φυτών που αναπτύσσονται σε μια ευρύτερη ή μικρότερης κλίμακας περιοχή, η οποία αποτελεί 'δεξαμενή' ιολογικών παθογόνων. Το απόθεμα των ιών διεσπαρμένο στα φυτά-ξενιστές τους (καλλιεργούμενα και αυτοφυή) υπόκειται στη μεταφορά που του επιφυλάσσει η διαρκής κίνηση των αφίδων μεταξύ των φυτών. Η παρούσα μελέτη παρέχει ενδείξεις ότι η αρχική παρουσία των αφίδων στα φυτά-πηγές των ιών που παράγουν μολύνσεις σε είδη που συνυπάρχουν με τα κολοκυνθοειδή και τα σολανώδη, που ακολουθείται από την επίσκεψη των αφίδων στα φυτά-πηγές του ιού του μωσαϊκού της αγγουριάς, επιτρέπουν την ευχερέστερη πρόσληψη του ιού και την επακόλουθη μετάδοσή του στα υγιή φυτά που τελικά καταλήγουν τα έντομα. Αυτή η αλληλουχία περιστατικών πρόσληψης-μετάδοσης που διενεργούν οι αφίδες παρέχει επιδημιολογικό πλεονέκτημα για την σε υψηλότερα ποσοστά επιτυχή μετάδοση του CMV.

Τα σημαντικά υψηλότερα ποσοστά μετάδοσης που σημειώθηκαν με την απ' ευθείας έκθεση υγιών φυτών σε ιοφόρες αφίδες μετά την πρόσληψη του ιού από μολυσμένα φυτά σε σύγκριση με την παρεμβολή υγιών φυτών που 'αφαιρούν' μέρος του ιικού φορτίου που διαθέτουν στα στοματικά τους μόρια οι αφίδες, συμφωνεί με τα χαρακτηριστικά του μη έμμονου τρόπου μετάδοσης των φυτικών ιών. Οι μη έμμονοι ιοί διαθέτουν το πλεονέκτημα της άμεσης πρόσληψης και μετάδοσής τους, αλλά τα ιοφόρα άτομα χάνουν σε διάστημα 1-2 ωρών τη μολυντική ικανότητα που διαθέτουν. Η απώλεια αυτή συντελείται γρηγορότερα όσα περισσότερα νύγματα δοκιμασίας πραγματοποιούν τα έντομα-φορείς. Γι' αυτό συστήνεται η εγκατάσταση φυτών άνοσων στους ιούς τα οποία περιβάλλουν την καλλιέργεια παρέχοντας προστασία,

αφού η αρχική συνάντηση των πτερωτών αφίδων που επιχειρούν να εισβάλλουν στην καλλιέργεια εμπλέκει δοκιμαστικά νύγματα στα άνοσα φυτά, εξαντλώντας τα ισσωμάτια που συγκρατούνται στα στίλετά τους. Έτσι, οι ιοί φιλτράρονται και τα έντομα που εισέρχονται στην καλλιέργεια απαλλάσσονται από τη μολυσματική τους ικανότητα.

Το είδος *A. nerii* που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα επιλέχθηκε γιατί δεν αποικίζει τα κολοκυνθοειδή, τον καπνό, τη μηδική, το σέλινο και το φασόλι που χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές των ιών. Αυτό επέτρεπε την εκτέλεση δοκιμαστικών νυγμάτων επί φυτών τα οποία δεν θα αποδέχονταν ως ξενιστές του. Η συμπεριφορά διατροφής που επιδεικνύει διασφαλίζει τη μύζηση φυτικού χυμού από τα επιδερμικά κύτταρα των μολυσμένων φυτών και αυτή η λήψη δείγματος επιτρέπει την πρόσληψη των ιών. Η σημαντικότερη εξάπλωση των μη έμμονων ιών στον αγρό επιτυγχάνεται συνήθως από είδη αφίδων τα οποία δεν ξενίζουν τα φυτά στα οποία διασπείρουν το ιικό μόλυσμα, γιατί δεν διακόπτουν τις πτήσεις τους αποδεχόμενα την καταλληλότητα των φυτών, γεγονός που εμποδίζει την ραγδαία εξάπλωση των ασθενειών. Ακόμα και είδη τα οποία δεν διακρίνει υψηλή μεταδοτική ικανότητα αποβαίνουν σημαντικότεροι φορείς με μεγαλύτερη συμβολή στην επιδημιολογία των ιών, σε επίπεδο αγρού αλλά και ευρύτερης περιοχής. Το είδος αυτό παρουσιάζεται να πραγματοποιεί συχνά πτήσεις και οι πληθυσμοί του στα φυτά-ξενιστές του παρατείνουν την παρουσία τους καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου, διατηρώντας έτσι τη δυνατότητα παραγωγής πτερωτών μορφών των οποίων η δραστηριότητα καταγράφεται σε συλλήψεις παγίδων που εγκαθίστανται σε καλλιέργειες κηπευτικών και καπνού-μηδικής. Είναι δε εγνωσμένος φορέας όλων των ιών που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία και αξιολογείται ως σημαντικό είδος για την επιδημιολογία των ιών αυτών και της σημασίας που αποκτούν στις καλλιέργειες που προσβάλλουν.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Avgelis, A. (1983): Occurrence of watermelon mosaic virus 1 and 2 in cucurbits in Crete (Greece). *Phytopath. Medit.* 22: 87-92.
- Avgelis, A. (1985): Occurrence of melon necrotic spot virus in Crete (Greece). *Phytopath. Z.* 114: 365-372.
- Avgelis, A. D. (1986): Viruses of tomato in plastic houses in Crete. *Neth. J. Pl. Path.* 92: 147-152.
- Avgelis, A. and Vovlas, C. (1986): Occurrence of cucumber green mottle mosaic virus in the island of Crete (Greece). *Phytopath. Medit.* 25: 166-168.
- Avgelis, A.D. and Katis, N. (1986): Identification of alfalfa mosaic virus in Greek alfalfa crops. *Journal of Phytopathology* 125: 231-237.
- Avgelis, A. and Katis, N. (1989): Occurrence of squash mosaic virus in melons in Greece. *Journal of Phytopathology*, 38: 111-113.
- Berger, P.H. and Pirone, T.P. (1986): The effect of helper component of the uptake and localization of potyviruses in *Myzus persicae*. *Virology*, 153, 256-261.
- Bradley, R.H.E. (1952): Studies on the aphid transmission of a strain of henbane mosaic virus. *Ann. Appl. Biol.* 39, 78-97.
- Bradley, R.H.E. (1954): Studies on the mechanism of transmission of PVY by the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulz.) (Homoptera: Aphididae). *Can. J. Zool.* 32, 64-73.
- Bradley, R.H.E. (1959): Loss of virus from the stylets of aphids. *Virology* 8, 308-318.
- Bradley, R.H.E. (1961): Our concepts: on rock or sand? *Recent Adv. Bot.* 1, 528-533. Univ. of Toronto Press, Toronto, Canada.
- Bradley, R.H.E. (1964): Aphid transmission of stylet-borne viruses. In: *plant Virology* (M. K. Corbett, and H.D. Sisler, eds.), pp. 148-174. Univ. Florida Press, Gainesville, 527 pp.
- Broadbent, L. and Martini, C. (1959): The spread of plant viruses. *Adv. Virus Res.* 6, 93-135.
- Cockbain, A.J., Gibbs, A.J., and Heathcote, G.D. (1963): Some factors affecting the transmission of sugarbeet mosaic and pea mosaic viruses by *Aphis fabae* and *Myzus persicae*. *Ann. Appl. Biol.* 52, 133-143.

- Crill, P., Hagedorn, D.J., and Hanson, E.W. (1970): Alfalfa mosaic, the disease and its virus insitant University of Wisconsin Research Bulletin No 280, 39 pp.
- Doncaster, J.P. and Gregory, P.H. (1948): The spread of virus diseases in the potato crop. Agricultural Research Council report Series No 7, London, 189 pp.
- Duncan, J., Genereux, H. and Couture, G.R. (1956): la dissemination dans le clamp de la mosaique et de l' enrroulement des feuilles per les pucerons de la pomme de terre. Ann. Ent. Soc. Queb. 2, 53-59.
- Eastop, V.F. (1983): The biology of the principal aphid virus vectors. In: Plant virus Epidemiology (eds. Plumb, R.T. & Thresh, J.M.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp.115-129.
- Ekbote, A.U. and Mali, V.R. (1978): Occurrence of alfalfa mosaic virus on alfalfa in India. Ind. Phytopathology 31: 171-175.
- Frosheiser, F.I. (1970): Virus-infected seeds in alfalfa seed lots. Plant Disease Reporter 54: 591-594.
- Frosheiser, F.I. (1974): Alfalfa mosaic virus transmission to seed through alfalfa gametes and longevity in alfalfa seed. Phytopathology 64: 102-105.
- Galliteli, D., Vovlas, C., Avgelis, A. (1983): Some properties of cucumber fruit streak virus. Phytopath. Z. 106: 149-162.
- Gibbs, A.J. and Tinsley, T.W. (1961): Lucerne mosaic virus in Great Britain. Plant Pathology 10: 61-62.
- Gallo, J. and Ciampor, F. (1977): Transmission of alfalfa mosaic through *Nicotiana physaloides* seeds and its location in embryo cotyledons. Acta Virologica 21: 344-346.
- Hamlyn, B.M.G. (1953): Quantitative studies on the transmission of cabbage black ringspot virus by *Myzus persicae* (Sulz.): Ann. Appl. Biol. 40, 393-403.
- Harrington, R., Katis, N. and Gibson, R.W. (1986): Field assessment of the relative importance of different aphid species in the transmission of potato virus Y. Potato Research 29: 67-76.
- Harris, K.F. (1976): 'Nature of the importance of superficial probing to non-persistent, noncirculative virus transmission by Aphids'. Presented at Annu. Meet. Entomol. Soc. Am., Honolulu.

- Harris, K.F. (1977a): An ingestion-egestion hypothesis of noncirculative virus transmission. In: *Aphids as Virus Vectors* (K.F. Harris and K. Maramorosch, eds.), pp. 165-200. Academic Press, New York.
- Harris, K.F. (1977b): 'Resumes de la troisieme Conference Internationale de Virologie Comparee, Mont. Gabriel (Quebec)', pp. 35-36.
- Harris, K.F. (1979): Leafhoppers and aphids as biological vectors: vector-virus relationships. In: *Leafhopper Vectors and Plant Disease Agents*. (K. Maramorosch and K.F. Harris, eds), pp. 217-308. Academic Press, New York.
- Harris, K.F. (1981): Arthropod and nematode vectors of plant viruses. *A. Rev. Phytopathol.* 19, 391-426.
- Harris, K.F. (1983): Sternorrhynchous vectors of plant viruses. Virus-vector interactions and transmission mechanisms. *Adv. Virus Res.* 28, 113-140.
- Hashiba, T. and Misawa, T. (1969): Studies on the mechanism of aphid transmission of stylet-borne virus (II). A comparison between probing and feeding for virus transmission. *Tohoku J. Agric. Res.* 20, 97-106.
- Hellmann, G.M., Thornbury, D.W., Hiebert, E., Shaw, J.G., Pirone, T.P. and Rhoads, R.E. (1983): Cell free translation of tobacco vein mottling virus RNA. II. Immunoprecipitation of products by antisera to cylindrical inclusion, nuclear inclusion, and helper component proteins. *Virology* 174, 434-444.
- Hiebert, E., Thornbury, D.W. and Pirone, T.P. (1984): Immunoprecipitation analysis of potyviral *in vitro* translation products using antisera to helper component of tobacco vein mottling virus and potato virus Y. *Virology* 135: 1-9.
- Hiruki, C. and Miczynski, K.A. (1987): Severe isolate of alfalfa mosaic virus and its impact on alfalfa cultivars grown in Alberta. *Plant Disease* 71: 1014-1018.
- Hodges, L.R. and McLean, D.L. (1969): Correlation of transmission of bean yellow mosaic virus with salivation activity of *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). *Ann. Ent. Soc. Am.* 62, 1398-1401.
- Hoof, H.A. Van. (1980): Aphid vectors of potato virus YN. *Neth. J. Pl. Path.* 86, 159-162.
- Jaspers, E.M. and Bos, L. (1980): Alfalfa mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses, No 229, 7 pp.

- Kaiser, W.J. and Hannan, R.M. (1983): Additional hosts of alfalfa mosaic virus and its seed transmission in tumble pigweed and bean. *Plant Disease* 67: 1354-1357.
- Kassanis, B. (1941): Transmission of tobacco etch virus by aphids. *Ann. Appl. Biol.* 28, 238-243.
- Katis, N., Chrysoshoou, A. and Woods, R. (1993): Tobacco viruses in Greece. CORESTA Congress, October 1992, Spain, pp. 169.
- Kennedy, J. C., Day, M.F. and Eastop, V.F. (1962): A conspectus of aphids as vectors of plant viruses. Commonwealth Inst. Entomol., London.
- Kyriakopoulou, P.E. (1992): The status of vegetable virus diseases in Greece. 7th Conference ISHS, Recent Advances in Vegatable Virus Research, Athens, July 12-16, (pp 22-25).
- Messeiha, M. (1969): Transmission of tobacco ringspot virus by thrips. *Phytopathology* 59: 943-945.
- O' Loughlin, G.T. and Chambers, T.C. (1967): The systemic infection of an aphid by a plant virus. *Virology* 33: 262-271.
- Paguio, O.R. and Kuhn, C.W. (1976): Aphid transmission of peanut mottle virus. *Phytopathology* 66, 473-476.
- Paliwal, Y.C. and Sinka, R.C. (1970): On the mechanism of persistence and distribution of barley yellow dwarf virus in an aphid vector. *Virology* 42: 668-680.
- Panayotou, D.C. and Katis, N. (1986): Contribution to the study of potato aphids in Greece. *Entomologia Hellenica* 4: 11-14.
- Peters, D. (1971): Sowthistle yellow vein virus. CMI/AAB, Descriptions of plant viruses No 62.
- Pirone, T.P. (1964): Aphid transmission of a purified stylet-borne virus acquired through a membrane. *Virology* 23, 107-108.
- Pirone, T.P. (1977): Accessory factors in nonpersistent virus transmission. In: *Aphid as Virus Vectors* (K.F. Harris and K. Maramorosch, eds.) pp. 221-235. Academic Press, New York.
- Pirone, T.P. (1981): Efficiency and selectivity of the helper-component-mediated aphid transmission of purified potyviruses. *Phytopathology* 71, 922-924.

- Pirone, T.P. and Megahed, E. (1966): Aphid transmissibility of some purified viruses and viral RNAs. *Virology* 30, 631-637.
- Pirone, T.P. and Thornbury, D.W. (1983): Role of virion and helper component in regulating aphid transmission of tobacco etch virus. *Phytopathology* 73, 872-875.
- Raccach, B., Loebenstein, G. and Bar-Joseph, M. (1976): Transmission of citrus tristeza virus by the melon aphid. *Phytopathology* 66: 1102-1104.
- Sako, N. (1981): Different helper factors for aphid transmission of Watermelon mosaic, turnip mosaic and potato Y viruses. Fifth International Congress of Virology, Strasbourg, France, August 2-7, 1981, p. 212.
- Sako, N. and Ogata, K. (1981): Different helper factors associated with aphid transmission of some potyviruses. *Virology* 112, 762-765.
- Sako, N., Yoshioka, K. and Eguchi, K. (1984): Mediation of helper component in aphid transmission of some potyviruses. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 50, 515-521.
- Smith, K.M. (1965): Plant virus-vector relationship. *Adv. Virus Res.* 11, 61-96.
- Sutic, D. (1959): Die Rolle des paprikasamens bei der Virusubertagung. *Phytopathologische Zeitschrift* 36: 84-93.
- Swenson, K.G. (1968): Role of aphids in the ecology of plant viruses. *A. Rev. Phytopathol.* 6, 351-374.
- Sylvester, E.A. and Richardson, J. (1969): Additional evidence of multiplication of the sowthistle yellow vein virus in an aphid vector-passage. *Virology* 37, 26-31.
- Sylvester, E.S. (1950): Transmission of *Brasica nigra* virus by the green peach aphid. *Phytopathology* 40, 743-745.
- Sylvester, E.S. (1954): Aphid transmission of non persistent plant viruses with special reference to the *Brasica nigra* virus. *Hilgardia* 23, 53-98.
- Sylvester, E.S. (1955): Lettuce mosaic virus transmission by the green peach aphid. *Phytopathology* 45, 357-370.
- Sylvester, E.S. (1956): Beet yellows virus transmission by the green peach aphid. *J. econ. Ent.* 49, 789-800.

- Thomas, C.E. (1969): Transmission of tobacco ringspot virus by *Tetranychus* sp. *Phytopathology* 59: 633-636.
- Thongmeearkom, P., Ford, R.E. and Jedlinski, H. (1976): Aphid transmission of maize dwarf virus strains. *Phytopathology* 66, 332-335.
- Thornbury, D.W. and Pirone, T.P. (1983): helper components of two potyviruses are serologically distinct. *Virology* 125, 487-490.
- Want, J.P.H. van der (1954): Ondorzoekingen over Virusziekten van de Boon (*Phaseolus vulgaris* L.) Doctoral Thesis, Wageningen Agric. Univ. H. Veenmon and Zonen, Wageningen, The Netherlands. (in Dutch).
- Vovlas, C., Avgelis, A., De Quacquarèlli, A. (1983) : La 'deformazione dei frutti' del cetriolo in Grecia associata al virus della picchettaturagialla della zucchini (ZYMV). *Informatore Fitopatologico*. 7-8: 59-60.
- Walkey, D.G.A., Lecoq, H., Collier, R., Dobson, S. (1992): Studies on the control of zucchini yellow mosaic virus in courgettes by mild strain protection. *Plant Pathology* 41: 762-771.
- Watson, M.A. (1938): Further studies on the relationship between *Hyoscyamus virus 3* and the aphid *Myzus persicae* (Sulz.) with special reference to the effects of fasting. *Proc. Roy. Soc. London, Ser. B* 125, 144-170.
- Watson, M.A. (1940): Studies on the transmission of sugar beet yellows by the aphid *Myzus persicae*. *Proc. Roy. London, Ser. B*. 128, 535-552.
- Watson, M.A. (1972): Transmission of plant viruses by aphids. In: *Principles and techniques in Plant Virology* (C. I. Kado and H.O. Agrawal, eds.), pp. 131-167. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Watson, M.A. and Roberts, F.M. (1939): A comparative study of the transmission of *Hyoscyamus virus 3*, potato virus Y and cucumber virus 1 by the vectors *Myzus persicae* (Sulz.), *M. circumflexus* (Buckton) and *Macrosiphum gei* (Koch.). *Proc. Roy. London, ser. B* 127, 543-576.
- Weber, K.A. and Hampton, R.O. (1980): Transmission of two purified carlaviruses by the pea aphid. *Phytopathology* 70: 631-633.
- Zitter, T.A. and Tsai, J.H. (1977): Transmission of three potyviruses by the leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Plant Dis. Repr.* 61: 1025-1029.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυγελής, Α. (1994): Ιώσεις στα κηπευτικά υπό κάλυψη. Γεωπονικά πρακτικά, ΓΕΩΤΕΕ, Παράρτημα Κρήτης. 5, σελ 156-176.
- Αυγελής, Α.Δ. και Κατής, Ν. (2001): Ο ιός του κίτρινου καρουλιάσματος των φύλλων της ντομάτας (tomato yellow leaf curl begomovirus, TYLCV) ένα νέο ιολογικό πρόβλημα στις καλλιέργειες ντομάτας της χώρας μας. Γεωργία-Κτηνοτροφία 3: 18-24.
- Δόβας, Χ., Θεοχαρόπουλος, Α., Λουμπουρδής, Ι., Σμυρνιούδης, Η., Σκλαβούνος, Α.Π., Κυριακοπούλου, Π.Η. και Κατής, Ν.Ι. (2000): Ο κιτρινοϊός του δυτικού ίκτερου των τεύτλων (Beet western yellows virus, BWYV) στην Ελλάδα. 10^ο πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Καλαμάτα 2000, Περιλήψεις, σελ 40
- Κατής, Ν.Ι., Cockbain, A.J., Woods, R.D. (1987): Ιολογικές ασθένειες των κουκιών στην Ελλάδα. 4^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Περιλήψεις, σελ. 51.
- Κατής, Ν. (1991): Κηλιδωτός μαρασμός της τομάτας. Γεωργία-Κτηνοτροφία 3: 38-40.
- Κατής, Ν., και Αυγελής, Α. (1991): Προσβολή των καρπών της τομάτας από τον ιό του μωσαϊκού της αγγουριάς. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 4: 17-22.
- Κατής, Ν., Lecoq, H., Bourdin, D., Κοκκίνης, Γ. και Βαϊτσόπουλος, Α. (1992): Αφιδομεταδιδόμενος ίκτερος των κολοκυνθοειδών. Μια νέα ιολογική ασθένεια στην Ελλάδα. Γεωργία και Κτηνοτροφία, 6: 40-43.
- Κατής, Ν.Ι. (1996): Ιολογία Φυτών Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ, Αναθεωρημένη Έκδοση, Εκδόσεις Πήγασος, Θεσσαλονίκη, σελ. 123-128.
- Κατής, Ν.Ι., Αυγελής, Α.Δ., Κυριακοπούλου, Π.Η., Δόβας, Χ. (2001): Ιοί του γένους Cripivirius: νέα ιολογικά προβλήματα της ντομάτας στη χώρα μας. Γεωργία-Κτηνοτροφία 6: 15-21.
- Κυριακοπούλου, Π.Η. και Μπεμ, Φ. (1982): Ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς στα κολοκυνθοειδή και σε άλλα καλλιεργούμενα φυτά στην Ελλάδα. Χρονικά του Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου, Νέα Σειρά, 13: 157-171.

- Κυριακοπούλου Π.Η. και Μπεμ, Φ. (1990): Οι σοβαρές ιώσεις της τομάτας στην Ελλάδα. Γεωργία-Κτηνοτροφία 4: 15-26.
- Κυριακοπούλου Π.Η., Μπεμ, Φ., Βαρβέρη, Χ.Λ. (1991): Συρρίκνωση της τομάτας και σκλήρυνση των καρπών της τομάτας, δύο νέες ιώσεις της τομάτας. Χρονικά Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου (Ν.Σ.), 16: 167-173.
- Κυριακοπούλου Π.Η., και Βαρβέρη, Χ.Λ. (1991): Ο ιός του κίτρινου μωσαϊκού της κοινής κολοκυθιάς στην Ελλάδα. Χρονικά Μπενακείου Φυτοπαθολογικού Ινστιτούτου (Ν.Σ.), 16: 163-166.
- Μπεμ, Φ. (1989): Νέκρωση της τομάτας: μια σοβαρή θανατηφόρα ασθένεια στις υπαίθριες καλλιέργειες τομάτας στο νομό Αργολίδας. 5^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Θεσσαλονίκη, 11-13/10/89 (σ: 32-33).
- Μπουμπουράκας, Η.Ν., Αυγελής, Α.Δ., Κυριακοπούλου, Π.Η., Παρασκευόπουλος, Α., Παπαχρήστος, Κ. και Κατής, Ν.Ι. (2002): Παρουσία των ιών του γένους Cripiniivus σε καλλιέργειες κολοκυνθοειδών στην Ελλάδα και ανάπτυξη της μεθόδου της αλυσιδωτής αντίδρασης της πολυμεράσης για τη διάγνωσή τους. 11^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Πρέβεζα 1-4 Οκτωβρίου 2002, Περίληψεις, σελ. 144.
- Παπαβασιλείου, Χ.Γ. (2001): Συχνότητα εμφάνισης εντομομεταδιδόμενων ιών των κολοκυνθοειδών στην Ελλάδα. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Εργαστήριο Φυτοπαθολογίας, Τμήμα Γεωπονίας, ΑΠΘ.
- Τζαβέλλα-Κλωνάρη, Κ. και Κατής, Ν. (1996): Ασθένειες λαχανικών και καλλωπιστικών φυτών. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, σελ 236.
- Τζανακάκης, Μ.Ε. (1980): Μαθήματα Εφαρμοσμένης Εντομολογίας. 2ο Ειδικό μέρος, ΑΠΘ, Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, σελ. 564-565.