



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«Η ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΚΑΡΕΩΝ ΣΤΑ
ΑΚΑΡΕΟΚΤΟΝΑ»**



ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΑΛΥΣΣΑΝΔΡΑΚΗΣ

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«Η ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΚΑΡΕΩΝ ΣΤΑ
ΑΚΑΡΕΟΚΤΟΝΑ»**

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΚΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:**

**ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΑΛΥΣΣΑΝΔΡΑΚΗΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΚΑΠΕΤΑΝΑΚΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΨΕΙΡΟΦΩΝΙΑ**

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γνωστό ότι ένα μεγάλο ποσοστό της φυτικής παράγωγης καταστρέφεται από την δράση ακάρεων λόγω του μικρού βιολογικού τους κύκλου και των μεγάλων πληθυσμών που αναπτύσσουν. Εκτός από τις άμεσες συνέπειες λόγω της μύζησης των χυμών, μεταφέρουν και μικροοργανισμούς προκαλώντας δευτερογενείς μολύνσεις. Γνωστά επιζήμια είδη ακάρεων είναι οι τετράνυχοι *Tetranychus urticae*, *Panonychus ulmi* και *Panonychus citri* της οικογένειας Tetranychidae καθώς και τα είδη *Aculus pelekassi*, *Aculops lycopersici* κ.α.

Λόγω της δυσκολίας στην αντιμετώπιση, ο κύριος τρόπος καταπολέμησης των ακάρεων είναι τα ακαρεοκτόνα, τα οποία δρουν κατά κανόνα διαταράσσοντας τη σωστή λειτουργία του οργανισμού τους. Έχουμε ακαρεοκτόνα που οι δραστικές τους ουσίες δρουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα, στο σύστημα παραγωγής ενέργειας, στη βιοσύνθεση των λιπιδίων κλπ. Η εκτεταμένη, όμως, χρήση χημικών σε συνεργασία με τον μικρό βιολογικό κύκλο των ακάρεων και των μεγάλων πληθυσμών που αναπτύσσουν έχει δημιουργήσει κατά καιρούς φαινόμενα ανθεκτικότητας.

Ως ανθεκτικότητα ορίζεται η ανάπτυξη της ικανότητας από ένα πληθυσμό ενός παράσιτου, να ανέχεται την έκθεση σε δόση εντομοκτόνου που κανονικά θα ήταν θανατηφόρα για τα περισσότερα άτομα του πληθυσμού του ίδιου είδους, τα προβλήματα που δημιουργούσατε από την παρουσία της ανθεκτικότητας σε πληθυσμούς εντόμων στις καλλιέργειες είναι αρκετά σοβαρά. Πλήττουν την ίδια την καλλιέργεια και την παραγωγή τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, ενώ έχουν και μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο. Οι παράγοντες που καθορίζουν την ανθεκτικότητα έχουν να κάνουν κατά κύριο λόγο με την βιολογία και την οικολογία του ακάρεος, τη φύση της δραστικής ουσίας και τις διαδικασίες εφαρμογής των ακαρεοκτόνων (δόση, πλήθος εφαρμογών κλπ).

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος θα πρέπει να λαμβάνονται κυρίως προληπτικά μέτρα, τα οποία σχετίζονται με τον περιορισμό των εφαρμογών και των επεμβάσεων, τη χρήση εντομοκτόνων με μικρή υπολειμματική δράση, την εναλλαγή και μίξη δραστικών ουσιών με διαφορετικό τρόπο δράσης και, τέλος, με την εφαρμογή συστημάτων ολοκληρωμένης καταπολέμησης. Η Ολοκληρωμένη καταπολέμηση μπορεί να βοηθήσει και στην αντιμετώπιση του προβλήματος όταν αυτό εκδηλωθεί, σε συνδυασμό με την αύξηση της δραστικής ουσίας στην εφαρμοζόμενη δόση, την αντικατάσταση ή εναλλαγή δραστικών ουσιών με διαφορετικό τρόπο δράσης και την προσθήκη συνεργιστικών ουσιών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΤΑ ΑΚΑΡΕΑ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ.....	1
2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΚΑΡΕΟΚΤΟΝΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ.....	3
2.1. Ουσίες που δρουν στο νευρικό σύστημα	3
2.1.1. Λειτουργία του νευρικού συστήματος	3
2.1.2. Πυρεθρινοειδή	7
2.2. Παρεμποδιστές του συστήματος παραγωγής ενέργειας	10
2.2.1. Παρεμποδιστές του Συμπλόκου I	11
2.2.2. Παρεμποδιστές της Οξειδωτικής Φωσφορυλίωσης	12
2.3. Παρεμποδιστές της βιοσύνθεσης λιπιδίων	13
2.4. Εντομοκτόνα με ακαρεοκτόνο δράση	15
2.5. Μυκητοκτόνα με ακαρεοκτόνο δράση	17
2.6. Ακαρεοκτόνα με άγνωστο μηχανισμό δράσης	17
3. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΚΑΡΕΩΝ ΣΤΑ ΑΚΑΡΕΟΚΤΟΝΑ	19
3.1. Ορισμοί - Ιστορική εξέλιξη	19
3.2. Προβλήματα που προκαλούνται λόγω της ανθεκτικότητας	22
3.3. Μηχανισμοί ανθεκτικότητας των ακάρεων	24
3.4. Παράγοντες που καθορίζουν την ανθεκτικότητα	25
3.5. Αντιμετώπιση του προβλήματος	26
3.5.1. Προληπτικά μέτρα	26
3.5.2. Αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας	28
4. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΚΑΡΕΩΝ ΜΕΓΑΛΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ	30
4.1. <i>Tetranychus urticae</i> Koch (Acari: Tetranychidae)	30
4.2. <i>Panonychus ulmi</i> Koch (Acari: Tetranychidae)	30
4.3. <i>Varroa destructor</i> Anderson & Trueman (Acari: Varroidae)	33

4.4. <i>Rhipicephalus</i> (= <i>Boophilus</i>) <i>microplus</i> Canestrini (Acari: Ixodidae)	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	40
Α. Ελληνική	40
Β. Ξενόγλωσση	40
Γ. Δικτυακοί τόποι	42
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΦΥΤΟΦΑΓΑ ΑΚΑΡΕΑ	44

1. ΤΑ ΑΚΑΡΕΑ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ

Είναι γνωστό ότι ένα μεγάλο ποσοστό της φυτικής παράγωγης καταστρέφεται από την δράση ακάρεων, νηματωδών, εντόμων και μυκητολογικών ασθενειών ή χάνονται λόγω των ζιζανίων στους αγρούς. Οι απώλειες της γεωργικής παραγωγής σύμφωνα με τον FAO είναι πολύ μεγάλες και το μέγεθος των ζημιών φτάνει και το 40%. Η λήψη αναγκαίων μέτρων φυτοπροστασίας που μας διασφαλίζει τη φυτική παραγωγή των διάφορων καλλιεργειών από τους οργανισμούς αυτούς είναι πρωταρχικής σημασίας, όχι μόνο για την εθνική μας οικονομία, αλλά και για την παγκόσμια. Η αύξηση του πληθυσμού παγκοσμίως θα πρέπει να συνοδευτεί από την αύξηση της παραγωγής για να καλυφθούν οι ανάγκες, κάτι που θα πρέπει να αντισταθμιστεί από την μείωση των ζημιών των παράσιτων. Οι μέθοδοι της χημικής καταπολέμησης θα παίξουν ένα σημαντικό ρόλο σε αυτό, με όλες τις σχετικές βελτιώσεις και τροποποιήσεις που δύναται να έχουν. Η βιολογική και η ολοκληρωμένη καταπολέμηση αποτελούν μέρος των μεθόδων αυτών και βασίζονται στην χρησιμοποίηση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων όταν και όπου είναι απαραίτητα, σε συνδυασμό με βιολογικά και βιοτεχνικά μέσα.

Από τα επιζήμια είδη ακάρεων, οι τετράνυχτοι *Tetranychus urticae*, *Panonychus ulmi* και *Panonychus citri* της οικογένειας *Tetranychidae* και τα είδη *Aculus pelekassi*, *Aculops lycopersici*, *Aculus schlechtendali*, *Epitrimerus pyri* και *Phytoptus pyri* της οικογένειας *Eriophyidae* προκαλούν τις κυριότερες ζημιές στις καλλιέργειες των οπωροκηπευτικών, εσπεριδοειδών, της αμπέλου, των λαχανοκομικών υπαίθρου και θερμοκηπίων κλπ., ενώ σε αυτά παρατηρούνται και τα μεγαλύτερα προβλήματα αντιμετώπισης τους. Οι μεγάλοι πληθυσμοί που αναπτύσσονται σε μικρό χρονικό διάστημα, κυρίως την θερινή περίοδο λόγω των ευνοϊκών καιρικών συνθηκών που επικρατούν στην χώρα μας, μπορεί να προκαλέσουν ξήρανση των φύλλων, κακή ανάπτυξη καρπών μειώνοντας έτσι την ποσότητα και υποβαθμίζοντας την ποιότητα της παραγωγής. Επίσης, αυτά γίνονται πρόξενοι μεταφοράς άλλων παθογόνων οργανισμών όπως ιών, μυκήτων, βακτηρίων κ.ά. με συνέπεια την ένταση της ζημιάς. Οι καλλιέργειες συνήθως δέχονται ένα μεγάλο αριθμό επεμβάσεων με διάφορα φυτοπροστατευτικά προϊόντα με ακαρεοκτόνο δράση. Στο Παράρτημα αναφέρονται τα κυριότερα φυτοφάγα ακάρεα που υπάρχουν στη χώρα μας.

Σε ότι αφορά την καταπολέμηση τους, η ανθεκτικότητα σήμερα αποτελεί ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα. Η ανησυχητική αύξηση της που εμποδίζει την επιτυχή αντιμετώπιση των ακάρεων οδήγησε τους επιστήμονες και τους παρασκευαστικούς οίκους φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο να συνειδητοποιήσουν την αναγκαιότητα της ορθολογικής χρήσης και της διαφύλαξης αυτών. Η δυνατότητα να βρεθούν ακαρεοκτόνα ή εντομοκτόνα με νέο τρόπο δράσης είναι μικρότερη σήμερα και αυτό γίνεται ολοένα δυσκολότερο και δαπανηρότερο. Γι' αυτό και η νοοτροπία περί νέων δραστικών ουσιών άρχισε σιγά-σιγά να αποβάλλεται και να ενισχύεται η άποψη της ορθολογικής χρήσης των ήδη υπαρχόντων.

2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΚΑΡΕΟΚΤΟΝΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ

2.1. Ουσίες που δρουν στο νευρικό σύστημα

2.1.1. Λειτουργία του νευρικού συστήματος

Το νευρικό σύστημα είναι ένα δίκτυο νευρικού ιστού (νεύρων) που συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες ενός ακάρεος. Το νευρικό δίκτυο είναι καλά ανεπτυγμένο στα ακάρεα και συνδέει τα όργανα αίσθησης, που δέχονται τα εσωτερικά και εξωτερικά ερεθίσματα, με τα όργανα δράσης (μυς, αδένες κλπ), με τα οποία το άκαρι αντιδρά στα ερεθίσματα.

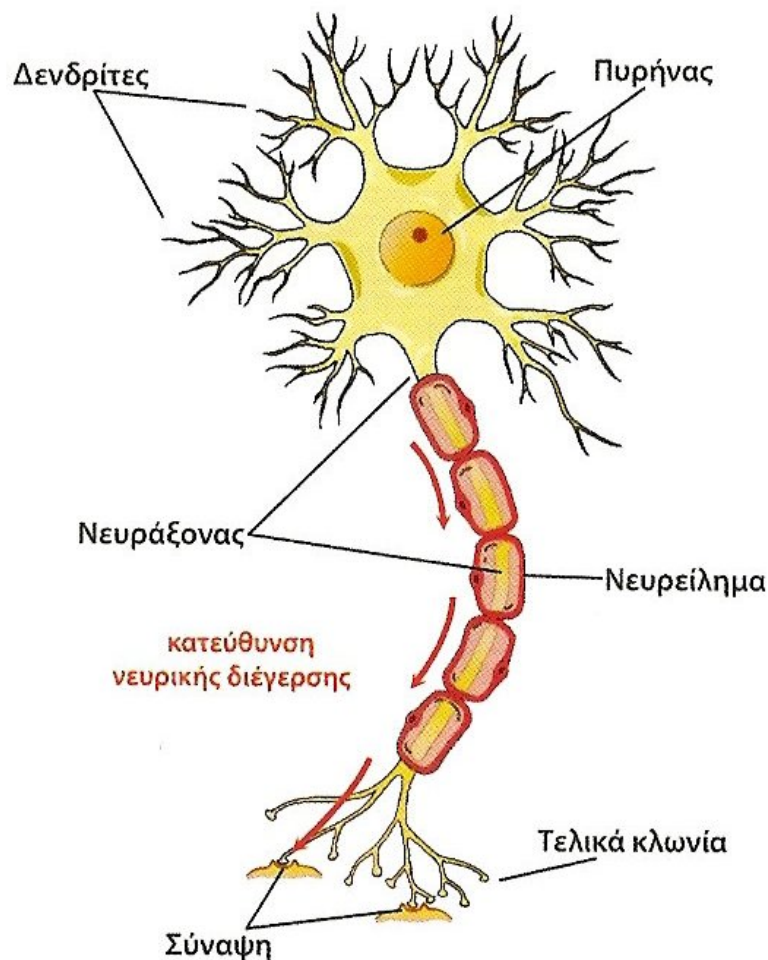
Το νευρικό σύστημα αναλύει τις πληροφορίες και καθορίζει την αντίδραση στα διάφορα ερεθίσματα. Δηλαδή, ο ρόλος του νευρικού συστήματος είναι η επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον και η ρύθμιση και ομαλή λειτουργία των οργάνων και των συστημάτων του.

Τα κύρια δομικά στοιχεία του νευρικού συστήματος είναι τα νευρικά κύτταρα ή νευρώνες και τα νευρογλοιακά κύτταρα ή νευρογλοία, που είναι λιγότερα από τα νευρικά κύτταρα και που χρησιμεύουν στη στήριξη και θρέψη του νευρικού ιστού.

Στο νευρικό σύστημα των εντόμων διακρίνονται δυο μέρη

- ✓ Το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) που αποτελείται από τον εγκεφαλονωτιαίο άξονα και που αποτελεί το βασικό κέντρο ελέγχου των νευρικών ερεθισμάτων
- ✓ Το περιφερειακό νευρικό σύστημα που αποτελείται από τους νευρώνες που συνδέουν το ΚΝΣ με τα περιφερειακά όργανα του εντόμου.

Ο νευρώνας (νευρικό κύτταρο, Εικ. 1) είναι ένα μακρύ κύτταρο με πολλές εκτεταμένες διακλαδώσεις που λέγονται δενδρίτες. Ανάμεσα στους δενδρίτες υπάρχει ένας μακρύτερος από τους άλλους άξονας, ο οποίος ονομάζεται νευράξονας. Ο νευράξονας περιβάλλεται από έναν υμένα μυελίνης, το νευρείλημα, που χρησιμεύει, για την μόνωση του ηλεκτρικού σήματος και αποτελεί την νευρική ίνα. Οι δενδρίτες σχηματίζουν ένα είδος δενδρυλλίου και χρησιμεύουν ως σύνδεσμοι με τα γειτονικά κύτταρα, εξυπηρετούν όμως και τη θρέψη του νευρικού κύτταρου (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2007).



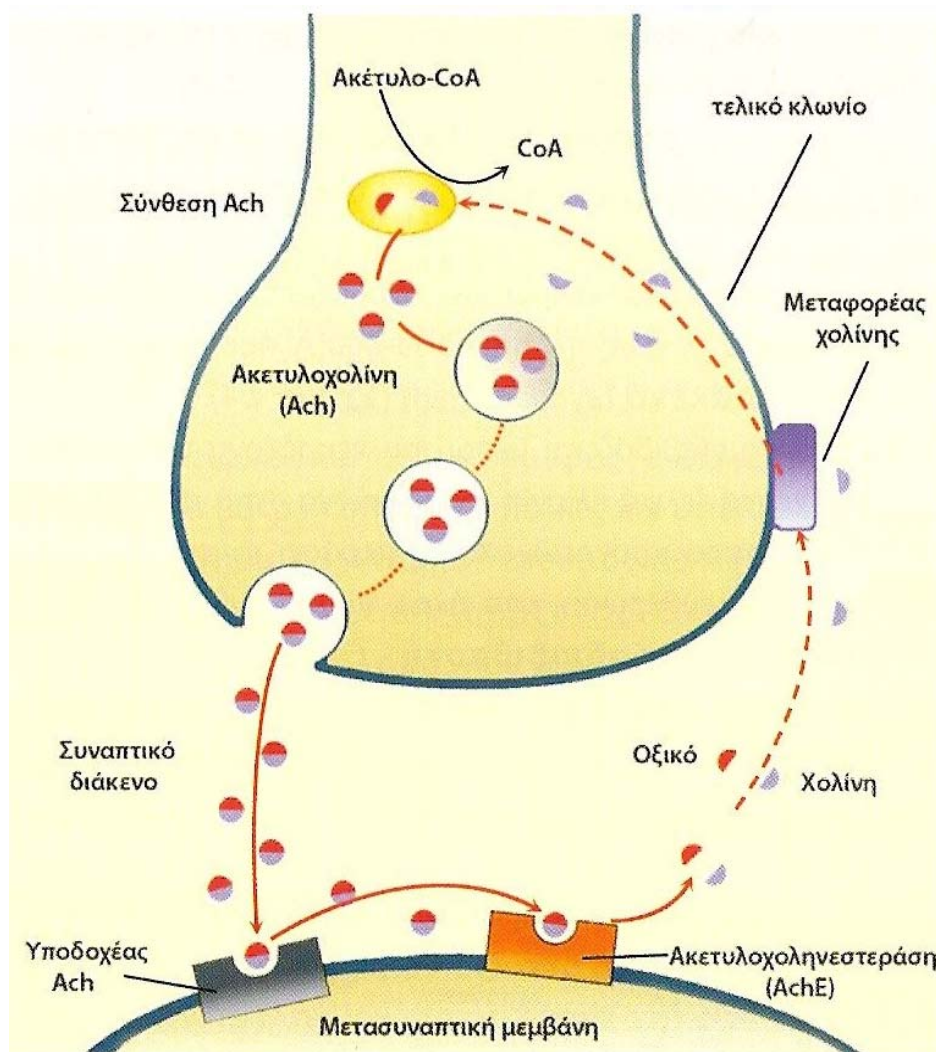
Εικόνα 1. Νευρικό κύτταρο (από Ζιώγας και Μάρκογλου, 2007) .

Ο νευρώνας αποτελεί τη νευρική λειτουργική μονάδα του νευρικού ιστού και ανάλογα με τον αριθμό των δενδρίτων χαρακτηρίζεται ως μονόπολος, δίπολος ή πολύπολος όταν έχει ένα, δύο ή πολλούς δενδρίτες αντίστοιχα. Ο νευράξονας καταλήγει σε λεπτές διακλαδώσεις, τα κλωνία, με τα οποία έρχεται σε επαφή με τους δενδρίτες του επόμενου νευρώνα και με την επαφή αυτή η νευρική διέγερση μεταδίδεται από νευρώνα σε νευρώνα. Οι νευρώνες σχηματίζουν ένα δίκτυο αλυσίδων που αποτελούν τον νευρικό ιστό.

Η νευρική διέγερση γίνεται προς ορισμένη κατεύθυνση. Στις αισθητικές οδούς, η διέγερση μεταδίδεται από την περιφέρεια προς το κέντρο (κεντρομόλος), ενώ στις κινητικές οδούς η διέγερση προχωρεί αντίθετα, δηλαδή από το κέντρο προς την περιφέρεια (φυγόκεντρος). Στην πρώτη περίπτωση τα ερεθίσματα (οπτικά, πόνου, θερμικά κ.ά.) μεταφέρονται στον εγκέφαλο. Στη δεύτερη περίπτωση ο εγκέφαλος

μεταδίδει τα ερεθίσματα στους μυς για να συσπαστούν ή σε ένα όργανο εκκρίσεως (αδένας) για να λειτουργήσει.

Η περιοχή της επαφής δυο νευρώνων ονομάζεται σύναψη. Στις συνάψεις παρεμβάλλεται ένα διάκενο μήκους περίπου 100-500 Å, που ονομάζεται συναπτικό χάσμα ή συναπτικό διάκενο.



Εικόνα 2. Νευρική σύναψη και κύκλος της ακετυλοχολίνης (από Ζιώγας και Μάρκογλου, 2007).

Το νευρικό ερέθισμα μεταβιβάζεται μέσω του νευράξονα υπό μορφή ηλεκτρικού κύματος και φτάνει μέχρι τα τελικά κλωνία του νευρώνα. Από εκεί για να μεταβιβαστεί στο επόμενο νευρικό κύτταρο υποχρεώνεται να περάσει το συναπτικό διάκενο. Αυτό πραγματοποιείται με την ελευθέρωση, στην άκρη των κλωνίων, μιας χημικής ουσίας που παίζει το ρόλο του νευροδιαβιβαστή. Οι νευροδιαβιβαστές είναι μόρια χαμηλού μοριακού βάρους που μεταφέρονται σε ειδικά κυστίδια και

απελευθερώνονται στα τελικά κλωνία του νευράξονα, σε απάντηση ηλεκτρικών διεγέρσεων. Κάθε κυστίδιο μεταφέρει περίπου 10.000 μόρια νευροδιαβιβαστή. Ουσιαστικά, οι νευροδιαβιβαστές είναι οι χημικοί αγγελιοφόροι που μεταφέρουν ένα ερέθισμα από ένα νευρικό κύτταρο στο άλλο ή από ένα νευρικό κύτταρο σε ένα μυϊκό κύτταρο.

Οι γνωστότεροι νευροδιαβιβαστές είναι η ακετυλοχολίνη, η επινεφρίνη (αδρεναλίνη), η νοραδρεναλίνη, το γ-αμινοβουτυρικό οξύ, η ντοπαμίνη, η αεροτονίνη, η σεροτονίνη, το L-γλουταμινικό οξύ, η γλυκίνη και η ίσταμίνη. Στην περίπτωση που ο νευροδιαβιβαστής είναι η ακετυλοχολίνη οι συνάψεις ονομάζονται χολινεργικές.

Τα μόρια της ακετυλοχολίνης με την απελευθέρωσή τους στο συναπτικό διάκενο, μεταφέρονται σε ειδικούς υποδοχείς του μετασυναπτικού δένδριτη του επόμενου νευρικού κυττάρου. Μετά την μεταβίβαση του νευρικού ερεθίσματος ακολουθεί η αποδόμηση (υδρόλυση) της ακετυλοχολίνης σε χολίνη και οξικό οξύ, με τη δράση του ενζύμου χολινεστεράση, το οποίο ελέγχει την ποσότητα της ακετυλοχολίνης στο συναπτικό διάκενο έτσι η σύναψη αποφορτίζεται και είναι σε θέση να μεταβιβάσει δεύτερο νευρικό μήνυμα. Τα μόρια της χολίνης επιστρέφουν στους νευράξονες για το σχηματισμό νέων μορίων ακετυλοχολίνης και τη μεταβίβαση νέων νευρικών διεγέρσεων αυτές οι αντιδράσεις είναι στιγμιαίες διαρκούν για κλάσματα του δευτερολέπτου και γίνονται συνεχώς σε φυσιολογικές συνθήκες.

Κάθε αίτιο που προκαλεί αναστολή της δράσης της χολινεστεράσης ή δεσμεύει τους μετασυναπτικούς υποδοχείς της ακετυλοχολίνης, έχει ως αποτέλεσμα την υπερβολική παρουσία ακετυλοχολίνης με συνέπεια τον διαρκή νευρικό ερεθισμό, και λόγω των συνεχών ηλεκτρικών φορτίσεων ακολουθεί παράλυση του νευρικού κέντρου των εντόμων ή παράλυση του αναπνευστικού συστήματος στα θηλαστικά.

Σημαντικό ρόλο στην φυσιολογική λειτουργία του νευρικού συστήματος παίζουν και οι διάλυτοι ιόντων Na, K, Ca και Cl που βρίσκονται στις μεμβράνες των τελικών κλωνίων του νευράξονα ή του μετασυναπτικού δένδριτη και που αποτελούν θέσεις δράσης παρεμποδιστών του νευρικού συστήματος. Με το άνοιγμα και κλείσιμο των διαύλων αυτών επιτυγχάνεται η ρύθμιση της κατανομής των ιόντων στις δύο πλευρές της μεμβράνης με την οποία δημιουργείται ένα ηλεκτρικό δυναμικό στο οποίο βασίζεται η μετάδοση των νευρικών σημάτων.

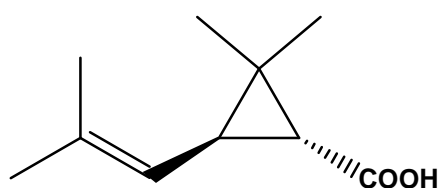
Παρεμπόδιση του νευρικού συστήματος των αρθρόποδων προκαλούν διάφορες συνθετικές ή φυσικής προέλευσης οργανικές ενώσεις. Οι παρεμποδιστές αυτοί με τη θέση δράσης τους στη διαδικασία μετάδοσης του νευρικού σήματος θα μπορούσαν να διακριθούν σε αξονικούς, συναπτικούς και μετασυναπτικούς.

2.1.2. Πυρεθρινοειδή

Τα πυρεθρινοειδή (*pyrethroides*) ή συνθετικές πυρεθρίνες αποτελούν την τέταρτη γενιά συνθετικών οργανικών εντομοκτόνων. Πρόκειται για ενώσεις παράγωγα της φυσικής πυρεθρίνης I, που παραλαμβάνεται από τις ταξιανθίες του φυτού *Tanacetum (Chrysanthemum, Pyrethrum) cinerariaefolium*, γνωστό ως «πύρεθρο». Η ώθηση στην ανακάλυψη των χημικών αυτών ουσιών προήλθε από τις καλές φυσικές, χημικές, βιολογικές και τοξικολογικές ιδιότητες των φυσικών πυρεθρινών κατά τη χρησιμοποίησή τους ως εντομοκτόνα οικιακής χρήσης. Διαπιστώθηκε δηλαδή ότι οι φυσικές πυρεθρίνες εκτός από τις καλές εντομοτοξικές ιδιότητες, είναι και ακίνδυνες για τον άνθρωπο και γενικά για τα θηλαστικά. Έχουν όμως το μειονέκτημα ότι είναι φωτοευαίσθητες και διασπώνται εύκολα στη φύση, με συνέπεια τη μικρή υπολειμματική τους δράση και την αδυναμία εφαρμογή τους στη γεωργική πράξη.

Τα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα ιδιαίτερα εκείνα που εμφανίστηκαν από τα μέσα της δεκαετίας του '70, χαρακτηρίζονται από τις καλές ιδιότητες των φυσικών πυρεθρινών και επιπλέον παρουσιάζουν μεγαλύτερη φωτοσταθερότητα, ιδιότητα που τους προσδίδει ικανή υπολειμματική διάρκεια. Έχουν πολύ μεγάλη εντομοτοξική δράση, ιδιότητα που τους επιτρέπει τη μείωση των δόσεων και του αριθμού των επεμβάσεων. Στον άνθρωπο διασπώνται πολύ σύντομα προς μη τοξικά παράγωγα και έτσι είναι πρακτικά ακίνδυνα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρές δόσεις, δίνει τη δυνατότητα εφαρμογής τους όχι μόνο στη γεωργία αλλά και στη δημόσια υγεία για απεντομώσεις σε κατοικημένους χώρους, στάβλους, κ.λπ. Διακρίνονται από μεγάλη λιποδιαλυτότητα και είναι σχεδόν αδιάλυτα στο νερό, γεγονός που τα κάνει να μοιάζουν αρκετά με τους οργανοχλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Σε αντίθεση όμως με τα τελευταία δεν παρουσιάζουν το πρόβλημα της βιοσυσσώρευσης. Όμως, παρά τα πολλά πλεονεκτήματα των πυρεθρινοειδών, οι χημικές αυτές ενώσεις είναι επικίνδυνες για τα ψάρια, είναι ισχυρώς μελισσοτοξικές και οι περισσότερες από αυτές επηρεάζουν την ωφέλιμη εντομοπανίδα. Χρειάζεται επομένως ιδιαίτερη

προσοχή κατά τη χρήση τους σε περιοχές που γειτνιάζουν με ποταμούς, λίμνες, ή άλλους υδροβιότοπους, καθώς και κατά την ανθοφορία των φυτών. Είναι εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα επαφής και στομάχου, ενώ μερικά από αυτά δρουν και ως ασφυκτικά. Χαρακτηρίζονται από ευρύ φάσμα δράσης εναντίον πολλών ειδών εντόμων και ακάρεων. Από άποψη χημικής δομής πρόκειται για εστέρες του χρυσανθεμικού οξέος (Εικόνα 3), κύριου συστατικού των φυσικών πυρεθρινών I και II, ή παραγώγων του με διάφορες αλκοόλες. Σχεδόν στο σύνολό τους περιέχουν ένα έως τρία ασύμμετρα άτομα άνθρακα και επομένως προκύπτουν 2-8 ισομερή, η εντομοκτόνος δράση των οποίων διαφέρει ανάλογα με το ισομερές.

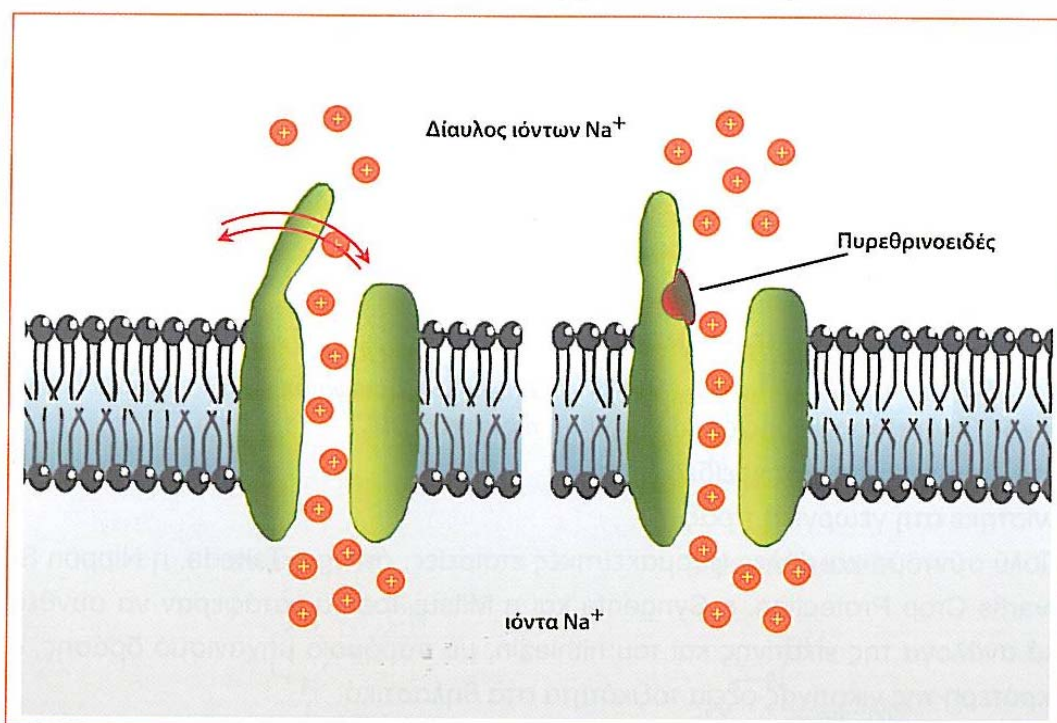


Εικόνα 3. Χημική δομή του χρυσανθεμικού οξέος

Οι πρώτες συνθετικές πυρεθρίνες που εμφανίστηκαν στα μέσα της δεκαετίας του '60 ήταν η *allethrin* ή *S-bioallethrin*, που είναι το πιο δραστικό ισομερές, που χαρακτηρίζεται από δομή ανάλογη της πυρεθρίνης I και ανακαλύφθηκε από τον *Schechter* και η *tetramethrin*. Ακολούθησε η ανακάλυψη των ενώσεων *resmethrin* και του ισομερούς της *bioresmethrin* και στη συνέχεια των *phenothrin* και *cyphenothrin*, που είναι παράγωγα της *bioresmethrin*, με μεγαλύτερη φωτοσταθερότητα. Οι ενώσεις αυτές είναι μη διασυστηματικά εντομοκτόνα κυρίως επαφής και στομάχου, που χαρακτηρίζονται από γρήγορη (knockdown) δράση, προκαλώντας ταχεία παράλυση και τελικά το θάνατο των εντόμων. Χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα στον έλεγχο οικοδίαιτων εντόμων (μύγες, κουνούπια, μυρμήγκια, κατσαρίδες κ.α.) και εκτοπαρασίτων των ζώων. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης σε συνδυασμό με διάφορες συνεργιστικές ενώσεις, όπως το *pipерonyl butoxide*, για τον έλεγχο μασσητικών και μυζητικών εντόμων στα καλλωπιστικά, κηπευτικά κ.α. Εξακολουθούσαν όμως να υστερούν σημαντικά στη χημική σταθερότητα (φωτοαποδόμηση, γρήγορη υδρόλυση σε αλκαλικά περιβάλλοντα). Έτσι και με τις νέες αυτές πυρεθρινοειδείς ενώσεις δεν μπόρεσε να ξεπεραστεί το βασικό μειονέκτημα της χημικής αστάθειας, ώστε να είναι κατάλληλες για γεωργική χρήση.

Οι έρευνες για την ανακάλυψη φωτοσταθερότερων πυρεθρινοειδών συνεχίστηκαν και μάλιστα με πιο εντατικό ρυθμό, από πολλούς ερευνητές από διάφορα εργαστήρια και κυρίως από τον Βρετανό Elliot και την ερευνητική ομάδα της Ιαπωνικής εταιρείας Sumitomo. Αυτοί ήταν οι πρώτοι που επέτυχαν τη σύνθεση δύο νέων πυρεθρινοειδών του *fenvalerate* και της *permethrin* με υψηλή φωτοσταθερότητα και ικανή βιολογική δράση.

Η εντομοτοξική δράση των συνθετικών πυρεθρινών είναι ακαριαία (knockdown effect). Η δράση τους εντοπίζεται στο νευρικό σύστημα των εντόμων, αλλά ο μηχανισμός παρέμβασης είναι διαφορετικός από εκείνον των οργανοφωσφορικών και καρβαμιδικών εντομοκτόνων, δηλαδή δεν δεσμεύουν την ακετυλοχολινεστεράση. Ο βιοχημικός μηχανισμός δράσης των πυρεθρινοειδών είναι παρόμοιος με το μηχανισμό δράσης των οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων, δηλαδή παρεμποδίζουν τη μετάδοση των νευρικών σημάτων προσυναπτικά. Συγκεκριμένα, προσκολλώνται στις πρωτεϊνικές υπομονάδες των διαύλων ιόντων νατρίου (Na^+), στις μεμβράνες των κλωνίων του νευράξονα και προκαλούν παρατεταμένο άνοιγμα των διαύλων, που έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ιόντων και τη διατάραξη της ευαίσθητης ισορροπίας μεταξύ ιόντων Na^+ και K^+ στο περιβάλλον των νευρικών κυττάρων (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Παρατεταμένο άνοιγμα των διαύλων ιόντων νατρίου (Na^+) στις προσυναπτικές μεμβράνες των νευρικών κυττάρων από την προσκόλληση των πυρεθρινοειδών εντομοκτόνων στις πρωτεϊνικές υπομονάδες τους (από Ζιώγα και Μάρκογλου, 2007).

Όμως, φαίνεται ότι τα πυρεθρινοειδή επηρεάζουν και άλλες διαύλους ιόντων, όπως τις διαύλους των ιόντων χλωρίου (Cl⁻), που ενεργοποιούνται από τον νευροδιαβιβαστή GABA, και τις διαύλους ιόντων ασβεστίου. Προφανώς η δράση των πυρεθρινοειδών να διαφέρει στα διάφορα βιολογικά συστήματα (Symington et al., 2008).

Η γρήγορη κατάρριψη των εντόμων οφείλεται στη γρήγορη μυϊκή παράλυση του εντόμου. Η ιδιότητα αυτή των πυρεθρινοειδών εξαρτάται από την πολικότητα του μορίου τους. Μεγαλύτερη πολικότητα συνεπάγεται ισχυρότερη ικανότητα κατάρριψης, που πιθανόν να οφείλεται στην ταχύτερη διεισδυτική ικανότητα των πολικών πυρεθρινοειδών δια μέσου της εφυμενίδας (cuticula) των εντόμων στην αιμολέμφο, με συνέπεια ταχύτερη άφιξη στους νευρικούς ιστούς. Τα περισσότερα πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα παρουσιάζουν αυξημένη εντομοτοξικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες.

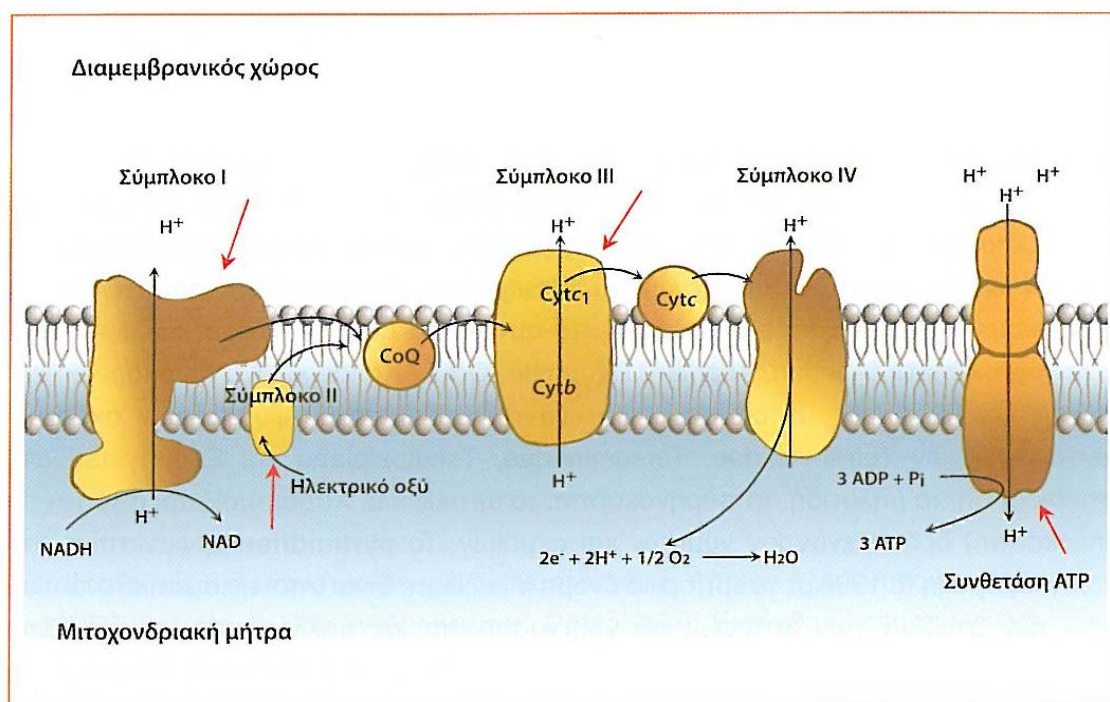
Στη χώρα μας κυκλοφορούν τα acrinathrin και bifenthrin. Το acrinathrin είναι ακαρεοκτόνο και εντομοκτόνο επαφής και στομάχου, που εισήχθη στη γεωργική πράξη τη δεκαετία του 90, με το εμπορικό όνομα Rufast. Είναι ευρέως φάσματος, αποτελεσματικό για την καταπολέμηση φυτοφάγων ακάρεων σε πολλές καλλιέργειες. Χαρακτηρίζεται και από εντομοκτόνο δράση κυρίως εναντίον των θριπών στα οπωροφόρα, το αμπέλι και τα κηπευτικά. Το bifenthrin (Talstar, Semafor κ.α.) είναι εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο επαφής και στομάχου ευρέως φάσματος δράσης αποτελεσματικό εναντίον φυλλοφάγων λεπιδοπτέρων, διπτέρων, κολεοπτέρων, ημιπτέρων, ορθοπτέρων και ειδών ακάρεων σε πολλές καλλιέργειες.

2.2. Παρεμποδιστές του συστήματος παραγωγής ενέργειας

Όπως ήδη αναφέρθηκε οι ζωντανοί οργανισμοί απαιτούν μια συνεχή ροή ελεύθερης ενέργειας για την πραγματοποίηση διαφόρων μεταβολικών διεργασιών. Όπως συμβαίνει με όλους τους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, έτσι και τα έντομα και γενικά τα αρθρόποδα, ως χημειότροφοι οργανισμοί, προσλαμβάνουν την ενέργεια για τις κυτταρικές λειτουργίες και την ανάπτυξή τους από την οξειδωση των τροφών, κυρίως μέσω του κύκλου των τρικαρβοξυλικών οξέων (κύκλος του Krebs), του κυτοχρωμικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρονίων (αναπνευστική αλυσίδα) προς το οξυγόνο και του συστήματος της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης, που λαμβάνουν χώρα στα μιτοχόνδρια (Εικόνα 5).

Παρεμπόδιση των συστημάτων παραγωγής ενέργειας στα αρθρόποδα (έντομα, ακάρεα) προκαλούν διάφορες συνθετικές ή φυσικής προέλευσης οργανικές ενώσεις, που περιγράφονται στη συνέχεια.

Στους παρεμποδιστές των συστημάτων παραγωγής ενέργειας, εκτός των ανόργανων θειούχων και των οργανοθειούχων ενώσεων που περιγράφηκαν προηγουμένως, ανήκουν και διάφορες άλλες συνθετικές οργανικές ενώσεις, που ανάλογα με τη θέση δράσης τους στη διαδικασία οξείδωσης των τροφών και την παραγωγή ενέργειας, μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις υποκατηγορίες: τους παρεμποδιστές του συμπλόκου I, του συμπλόκου II, του συμπλόκου III και τους παρεμποδιστές της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης. Κατά την περίοδο συγγραφής της παρούσας μελέτης στη χώρα μας κυκλοφορούν σκευάσματα με δραστικές ουσίες που παρεμβαίνουν στην παρεμπόδιση του συμπλόκου I και της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης.



Εικόνα 5. Σχηματική απεικόνιση των θέσεων δράσης συνθετικών ενώσεων στην αναπνευστική λειτουργία των αρθροπόδων.

2.2.1. Παρεμποδιστές του Συμπλόκου I

Στο σύμπλοκο της αφυδρογονάσης του NADH (NADH dehydrogenase complex, σύμπλοκο I) δρουν τα ακαρεοκτόνα *fenazaquin*, *fenpyroximate* και

tebufenpyrad, καθώς και το εντομοκτόνο με ακαρεοκτόνο δράση *pyridaben*, τα οποία και περιγράφονται παρακάτω.

Το *fenazaquin* είναι ακαρεοκτόνο επαφής, που εισήχθη στη γεωργική πράξη στις αρχές της δεκαετίας του '90, με το εμπορικό όνομα *Magister*. Χαρακτηρίζεται από ταχεία (knockdown) δράση στις κινητές μορφές, καθώς και από ωοκτόνο δράση εναντίον ειδών ακάρεων των γενών *Eutetranychus*, *Panonychus*, *Tetranychus* και *Brevipalpus* στα μηλοειδή, εσπεριδοειδή, το αμπέλι, το βαμβάκι και τα καλλωπιστικά. Το *fenpyroximate* (*Acaban*, *Acaritan*, *Dynamite*, *Ortus*, *Kendo* κ.α.) είναι ακαρεοκτόνο επαφής και αναπνοής, αποτελεσματικό εναντίον σημαντικών φυτοφάγων ακάρεων των οικογενειών *Tetranychidae*, *Tarsonemidae*, *Tenuipalpidae* και *Eriophyidae* στα εσπεριδοειδή, τα μηλοειδή, τα πυρηνόκαρπα, το αμπέλι κ.α. Χαρακτηρίζεται από ταχεία (knockdown) δράση εναντίον νυμφών και ακμαίων. Το *pyrimidifen* εμφανίστηκε στη γεωργική πράξη το 1995 με το εμπορικό όνομα *Miteclean*. Είναι αποτελεσματικό εναντίον όλων των σταδίων των ακάρεων και χρησιμοποιείται σε πολλές καλλιέργειες. Είναι επίσης αποτελεσματικό εναντίον του λεπιδοπτέρου *Plutella xylostella* στα κηπευτικά. Το *tebufenpyrad* (*Masai*, *Oscar*, *Pyranica*) είναι μη διασυστηματικό ακαρεοκτόνο επαφής και στομάχου, της ομάδας των καρβοξαμιδικών. Χαρακτηρίζεται από διελασματική κίνηση και έτσι έχει δράση και σε ακάρεα που τρέφονται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Είναι αποτελεσματικό σε όλα τα στάδια των ακάρεων των γενών *Tetranychus*, *Panonychus*, *Pligonychus* και *Eotetranychus*, σε πολλές καλλιέργειες.

Το *pyridaben* (*Sanmite*, *Dinomite*, *Pyramite* κ.α.) είναι μη διασυστηματικό εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο, με ταχεία (knockdown) δράση και μεγάλη υπολειμματική διάρκεια. Δρα κυρίως εναντίον προνυμφών και νυμφών ημιπτέρων (*Aleyrodidae*, *Aphididae*, *Cicadellidae*), θυσανοπτέρων και ακάρεων σε πολλές καλλιέργειες.

2.2.2. Παρεμποδιστές της Οξειδωτικής Φωσφορυλίωσης

Όπως ήδη έχει αναφερθεί η ροή των ηλεκτρονίων μέσω της κυτοχρωμικής αλυσίδας είναι στενά συνδεδεμένη με το σύστημα της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης, που είναι υπεύθυνο για τη βιοσύνθεση του ATP. Παρεμπόδιση της βιοσύνθεσης ATP μπορεί να προκληθεί είτε από ενώσεις που παρεμποδίζουν τη συνθετάση του ATP, δηλαδή του ενζύμου που καταλύει τη μετατροπή του ADP σε ATP, είτε από ενώσεις που προκαλούν απόζευξη (uncoupling) του συστήματος της οξειδωτικής

φωσφορυλίωσης από το κυτοχρωμικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων προς το οξυγόνο, με αποτέλεσμα την εξάντληση (οξειδωση) των αναπνευστικών υποστρωμάτων χωρίς την αντίστοιχη παραγωγή ενέργειας.

Δραστικές ουσίες που παρεμποδίζουν τη συνθετάση του ATP και κυκλοφορούν στη χώρα μας είναι τα ακαρεοκτόνα *fenbutatin oxide* της ομάδας των οργανοκασσιτερούχων και *propargite* της ομάδας των οργανοθειούχων.

Το *fenbutatin oxide* είναι μη διασυστηματικό ακαρεοκτόνο επαφής και δευτερευόντως στομάχου, που εμφανίστηκε στη γεωργική πράξη στις αρχές με μέσα της δεκαετίας του '70. Είναι αποτελεσματικό εναντίον όλων των κινητών μορφών ακάρεων σε πολλές καλλιέργειες. Το *propargite* είναι μη διασυστηματικό ακαρεοκτόνο επαφής και δευτερευόντως αναπνοής, που εμφανίστηκε στη γεωργική πράξη στα τέλη της δεκαετίας του '60 με το εμπορικό όνομα Omite. Είναι αποτελεσματικό εναντίον των κινητών σταδίων πολλών φυτοφάγων ακάρεων σε πολλές καλλιέργειες.

Άλλοι γνωστοί παρεμποδιστές της λειτουργίας της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης είναι οι ενώσεις της ομάδας των δινιτροφαινολών, δινιτροορθοκρεζόλη (DNOC) *dinocap*, *binapacryl*, *dinoseb*, *dinobuton* καθώς και οι ενώσεις *chlorfenapyr* και *malonoben*, που παρεμποδίζουν την παραγωγή ATP προκαλώντας απόζευξη (uncoupling) της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης από το κυτοχρωμικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων. Από αυτά, μόνο το *dinocap* κυκλοφορεί σήμερα στη χώρα μας, το οποίο χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός δινιτροφαινολικού δακτυλίου στο μόριό τους και είναι αποτελεσματικά ωιδιοκτόνα και ακαρεοκτόνα, κυρίως εναντίον των ειδών *Panocychus ulmi* και *Hemitarsonemus latus*.

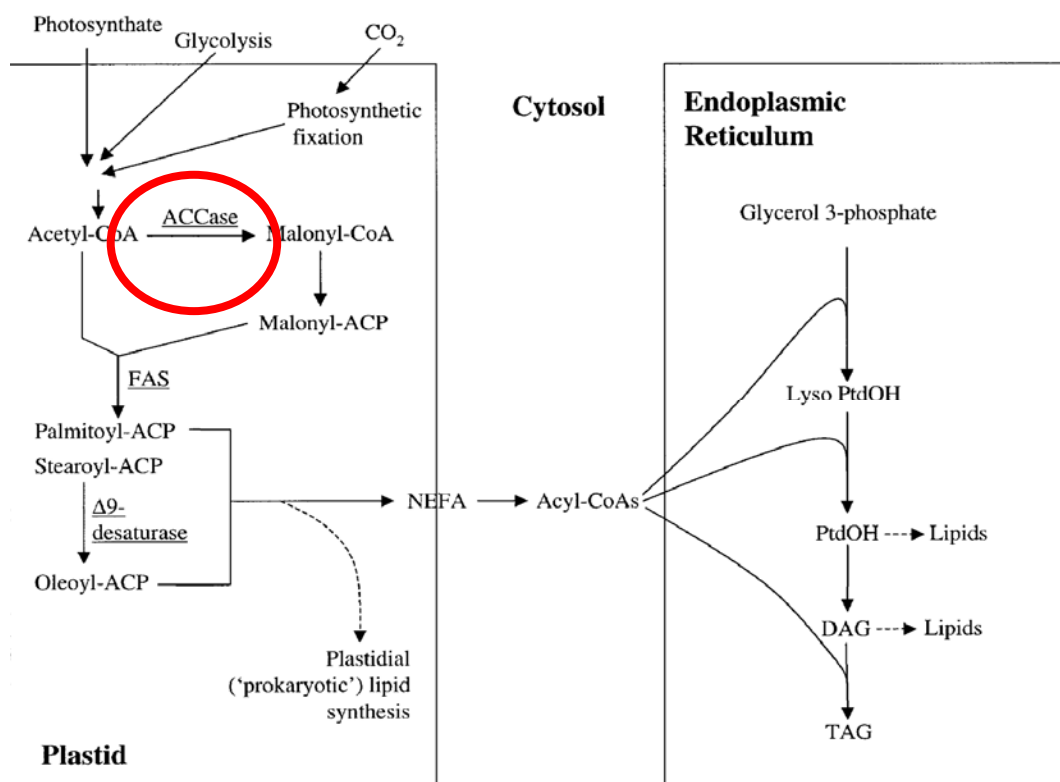
2.3. Παρεμποδιστές της βιοσύνθεσης λιπιδίων

Τα λιπίδια αποτελούν δομικά συστατικά των βιολογικών μεμβρανών και είναι απαραίτητα για βασικές μεταβολικές διεργασίες όλων των οργανισμών. Στην κατηγορία των λιπιδίων, εκτός των γλυκεριδίων (έλαια, λίπη) και κηρών, υπάρχουν πολλές άλλες σημαντικές κατηγορίες ενώσεων, όπως τα στεροειδή, τα φωσφατίδια, οι λιποδιαλυτές βιταμίνες, τα τερπενοειδή, οι ορμόνες κ.α.

Η βιοσύνθεση των λιπαρών οξέων (Εικόνα 6), που αποτελούν συστατικά των λιπιδίων, πραγματοποιείται στο κυτόπλασμα των ζωικών κυττάρων. Σε γενικές γραμμές, το πρωταρχικό στάδιο της βιοσύνθεσης των λιπαρών οξέων είναι η

βιοσύνθεση του παλμιτικού οξέος με τη δράση της καρβοξυλάσης του ακετύλο-CoA (*Acetyl-CoA Carboxylase, ACCase*) και της συνθέσεως των λιπαρών οξέων (*Fatty Acid Synthase, FAS*). Η περαιτέρω σύνθεση λιπαρών οξέων, με μακριά ανθρακική αλυσίδα, γίνεται με την επιμήκυνση της αλειφατικής αλυσίδας του παλμιτικού, με τη διαδοχική προσθήκη δύο ατόμων άνθρακα, με τη δράση ενζύμων που ονομάζονται επιμηκυνάσεις (*elongases*).

Η βιοσύνθεση των λιπιδίων φαίνεται ότι παρεμποδίζεται από τρεις νέες ενώσεις (κετοενόλες) της ομάδας του τετρονικού οξέως (*tetronic acid*), το *spirodiclofen*, το *spiromesifen* και το *spirotetramat* που ανακαλύφθηκαν στη δεκαετία του '90 στα εργαστήρια της εταιρείας Bayer CropScience. Τα δύο πρώτα ήδη κυκλοφορούν στη χώρα μας.



Εικόνα 6. Βιοσύνθεση των λιπιδίων και πιθανός μηχανισμός δράσης των παραγώγων του τετρονικού οξέος (κόκκινος κύκλος).

Το *spirodiclofen* (*Envidor*) είναι ακαρεοκτόνο, ευρέως φάσματος δράσης, αποτελεσματικό εναντίον ειδών των γενών *Tetranychus*, *Panocyclus*, *Phyllocoptruta*, *Brevipalpus* και *Aculus spp.*, στα εσπεριδοειδή, τα πυρηνόκαρπα, τα μηλοειδή, το αμπέλι κ.α. Το (*Spiromesifen Oberon*) είναι μη διασυστηματικό εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο επαφής αποτελεσματικό για την αντιμετώπιση σημαντικών μυζητικών

εντόμων, όπως για παράδειγμα αλευρωδών (*Bemisia spp.* και *Trialeurodes spp.*) και ακάρεων (*Tetranychus spp.*), στο βαμβάκι, τα κηπευτικά και τα καλλωπιστικά. Και οι δύο ενώσεις χαρακτηρίζονται από ωοκτόνο δράση και επίδραση στη γονιμότητα των θηλυκών ακμαίων, με αποτέλεσμα μεγάλη μείωση του αριθμού των ωών. Το *spiromesifen* δρα κυρίως στα νεαρά στάδια, ενώ το *spirodiclofen* δρα σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των ακάρεων.

Μελέτες για τη διερεύνηση του βιοχημικού μηχανισμού δράσης των ενώσεων αυτών έδειξαν σημαντική μείωση στα λιπίδια των θηλυκών ενήλικων του *Tetranychus urticae*. Όμως ο ακριβής μηχανισμός δράσης τους δεν έχει ακόμα διευκρινισθεί. Παρατηρήθηκε ιδιαίτερη παρεμπόδιση της βιοσύνθεσης των τριγλυκεριδίων και των λιπαρών οξέων, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της λιπογένεσης. Υποστηρίζεται ότι πιθανός μηχανισμός δράσης των ενώσεων αυτών είναι στην καρβοξυλάση του ακετυλο CoA (ACCase) (Εικόνα 6).

2.4. Εντομοκτόνα με ακαρεοκτόνο δράση

Ορυκτέλαια: Τα ορυκτέλαια στη γεωργία ξεκίνησαν να εφαρμόζονται από τον περασμένο αιώνα και χρησιμοποιήθηκαν κυρίως μέχρι την δεκαετία του '50. Στη συνέχεια σταδιακά βελτιώνοντας την τεχνολογία παραγωγής τους εφαρμόζονται με ασφάλεια και με πολύ καλά αποτελέσματα σε μεγάλο αριθμό καλλιεργειών για την αντιμετώπιση των επιζήμιων ακάρεων εντόμων και μυκήτων. Οι αυξανόμενες περιβαλλοντικές ανησυχίες και η απαίτηση των καταναλωτών για γεωργικά προϊόντα ασφαλή και υψηλής ποιότητας αναβάθμισαν την χρήση τους στην γεωργία εξαιτίας των πλεονεκτημάτων τους σαν φυτοπροστατευτικά προϊόντα.

Τα ορυκτέλαια είναι μείγματα χημικών ενώσεων και παράγονται από την διύλιση του αργού πετρελαίου. Οι χημικές ενώσεις τους περιέχουν διάφορους τύπους υδρογονανθράκων με τα παράγωγά τους. Είναι μείγματα οργανικών ενώσεων των οποίων οι φυσικοχημικές ιδιότητες καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν δηλαδή τον χρόνο εφαρμογής, τη δόση, τους εχθρούς που θα καταπολεμήσουν κ.λ.π, γι' αυτό και κατατάσσονται σε τρεις τύπους χειμερινά, θερινά και ανώτερα λάδια. Είναι φυτοπροστατευτικά προϊόντα που δρουν δια της επαφής, δεν αφήνουν υπολείμματα, γι' αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι τη συγκομιδή. Η προσθήκη τους σε ψεκαστικό διάλυμα εντομοκτόνου ή ακαρεοκτόνου αυξάνει την προσκολλητικότητα και την καλύτερη κατανομή του μείγματος στη

φιλική επιφάνεια, εμποδίζει το ξέπλυμα με αποτέλεσμα να αυξάνει την διάρκεια δράσης και αποτελεσματικότητα στους ψεκαστικού μείγματος.

Τα χειμερινά λάδια ή χειμερινοί πολλοί συνήθως χρησιμοποιούνται την περίοδο του λήθαργου και νωρίς την άνοιξη πριν από το φούσκωμα των ματιών μόνοι τους ή σε μείγματα οργανοφωσφορικά, για την καταπολέμηση διάφορων μορφών εντόμων (κοκκοειδή, ψύλλες κ.α.) και ακάρεων κυρίως εκείνων των ειδών που διαχειμάζουν στο στάδιο του χειμερινού ωού όπως *Panonychus Ulmi*, *Bryonia Rubriocolus*, *Eotetranychus Unungois*, κ.α. που προσβάλλουν διάφορες πολυετής καλλιέργειες οπωροφόρων, καλλωπιστικών δέντρων, θάμνους κ.α.

Τα θερινά λάδια που ονομάζονται και θερινοί πολλοί χρησιμοποιούνται την άνοιξη και το θέρος. Τα θερινά λάδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους μόνα τους ή ως συνεργά ακαρεοκτόνου και εντομοκτόνου για την βελτίωση της δράσης τους έναντι πολλών ακάρεων και εντόμων (κοκκοειδή, φυλλοδέτη, ψύλλες, νάρκη ανθονόμο, φυλλορίχτης, καρποκάψα). Τα ακαρεοκτόνα *Apollo* και *Nissuron* όταν εφαρμόζονται με θερινό πολτό αυξάνεται η ωοκτόνος και προνυμφοκτόνος δράση των σκευασμάτων αντίστοιχα επί του *Panonychus Ulmi* την περίοδο της άνοιξης. Η εφαρμογή του σκευάσματος *Abamectin* με θερινό πολτό δίνει άριστα αποτελέσματα στην καταπολέμηση των τετράνυχων *Panonychus Ulmi*, *Tetranychus Urticae* στην καλλιέργεια της αχλαδιάς τη περίοδο της άνοιξης και νωρίς το θέρος. Επίσης ο συνδυασμός θερινού πολτού με ένα συμβατικό ακαρεοκτόνο βελτιώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητά του στην καταπολέμηση των ακάρεων των εσπεριδοειδών *Panonychus Citri*, *Tetranychus Urticae*, *Tetranychus Cinnabarinus* και *A. Pelekassi* την περίοδο της άνοιξης και του θέρους.

Τα ανώτερα λάδια χρησιμοποιούνται συνήθως σε ευαίσθητες καλλιέργειες όπως είναι τα καλλωπιστικά και τα κηπευτικά. Αυτά όταν χρησιμοποιούνται μόνα τους δίνουν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα εναντίον των τετράνυχων και του αλευρώδη, όταν εφαρμόζονται με ένα εκλεκτικό ακαρεοκτόνο ή εντομοκτόνο για την βελτίωση της δράσης του τα αποτελέσματα είναι άριστα (Καπετανάκης, 2005).

Οργανοφωσφορικές ενώσεις: οι οργανοφωσφορικές ουσίες χρησιμοποιούνται συχνά στην καταπολέμηση των ακάρεων. Δρουν δια της επαφής και ορισμένα είναι διασυστηματικά. Είναι περισσότερο αποτελεσματικά στις κινητές μορφές των ειδών ακάρεων της οικογενείας Tetranychidae και λιγότερο στα Eriophidae και Tarsonemidae. Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται συνήθως ως ακαρεοκτόνα και κυκλοφορούν σήμερα στη χώρα μας είναι τα chlorpyrifos,

dichlorvos, *dimethoate* και *phosmet*. Τα περισσότερα από αυτά εμφανίζουν υψηλή τοξικότητα στα αρπακτικά ακάρεα της οικογένειας *Phytoceiidae* και στα έντομα του γένους *Stethorus* της οικογένειας *Coccinelidae* ακόμη και από την πρώτη εφαρμογή τους σε δενδρώδεις καλλιέργειες. Οι οργανοφωσφορικές ενώσεις λόγω της χαμηλής ωοκτόνου δράσης της σύντομης υπολειμματικής δράσης απαιτούν την διενέργεια συχνών ψεκασμών για την καταπολέμηση των κινητών μορφών των ειδών ακαρέων κυρίως της οικογένειας *Tetranychidae*. Είναι πολύ δραστικά και εναντίον πολλών ειδών εντόμων όπως κοκκοειδών, θρίπων, αφίδων, δίπτερων, φυλλορίκτων κ.α. (Καπετανάκης, 2005).

2.5. Μυκητοκτόνα με ακαρεοκτόνο δράση

Υπάρχουν πολλές δραστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται παραδοσιακά ως μυκητοκτόνα, έχουν όμως δευτερογενή δράση ενάντια στα ακάρεα. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει το θείο.

Υπάρχουν επίσης και κάποια διθειοκαρβαμιδικά μυκητοκτόνα με δράση ενάντια στα ακάρεα, από τα οποία στη χώρα μας πλέον κυκλοφορούν τα *mancozeb*, *metiram* και *propineb*. Το *mancozeb* προέκυψε από το *maneb* ως σύμπλοκο αυτού και άλατος ψευδάργυρου, ενώ από το *zineb* προέκυψε το μυκητοκτόνο *propineb* (*Anthracol*) με προσθήκη μιας μεθυλομάδας. Το *metiram* (*Polyram*) είναι σύμπλοκη ένωση του *zineb*.

Οι ενώσεις αυτές είναι τα πιο σημαντικά προστατευτικά μυκητοκτόνα για πολλές ασθένειες των οπωροφόρων, της αμπέλου, των λαχανικών, των εσπεριδοειδών, των τεύτλων και του καπνού. Δεν είναι αποτελεσματικά στο οίδιο και χρησιμοποιούνται είτε για απολύμανση πολλαπλασιαστικού υλικού, είτε για ψεκασμούς υπέργειων οργάνων των φυτών.

Τέλος, στα μυκητοκτόνα με δράση ενάντια στα ακάρεα ανήκει και το *thiophanate-methyl*, το οποίο ανήκει στην κατηγορία των βενζιμιδαζολικών. Είναι διασυστηματικό μυκητοκτόνο, που εισήχθη στη γεωργική πράξη στις αρχές της δεκαετίας του '70 και χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση του βοτρυτή, του ωιδίου, των φουζικλαδίων και άλλων σημαντικών ασθενειών

2.6. Ακαρεοκτόνα με άγνωστο μηχανισμό δράσης

Στη χώρα μας κυκλοφορούν 3 μυκητοκτόνα με άγνωστο μέχρι σήμερα μηχανισμό δράσης. Το *clofentezine* (*Apollo*) είναι εκλεκτικό ακαρεοκτόνο επαφής της

ομάδας των τετραζινικών παραγώγων. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη υπολειμματική διάρκεια και είναι αποτελεσματικό εναντίον των νυμφών και ωών του *Panonychus ulmi* και ειδών του γένους *Tetranychus* σε πολλές καλλιέργειες. Δεν επηρεάζει τα ωφέλιμα αρπακτικά των ακάρεων και είναι περισσότερο αποτελεσματικό στους 22 °C από ότι στους 16 °C. Παρουσιάζει πολύ μικρή οξεία τοξικότητα στα θηλαστικά και πουλιά, είναι όμως τοξικό για τα ψάρια και τις μέλισσες.

Το *etoxazole (Borneo)* είναι μη διασυστηματικό ακαρεοκτόνο επαφής που εμφανίσθηκε στη γεωργική πράξη στα τέλη της δεκαετίας του '90. Δρα τόσο στα ατελή στάδια, όσο και στα ωά. Δεν παρουσιάζει τοξικότητα στα ακμαία ακάρεα, αλλά μειώνει τη γονιμότητα των θηλυκών ενηλίκων. Είναι αποτελεσματικό για τον έλεγχο πολλών φυτοφάγων ακάρεων στα εσπεριδοειδή τα πυρηνόκαρπα, τα κηπευτικά και τη φρούλα. Δεν είναι τοξικό στα θηλαστικά, τα πτηνά και τις μέλισσες. Είναι όμως επικίνδυνο για τα ψάρια και τους άλλους υδρόβιους οργανισμούς.

Το *hexythiazox (Nissorun)* είναι μη διασυστηματικό ακαρεοκτόνο επαφής και στομάχου της ομάδας των καρβοξαμιδικών, που εμφανίσθηκε στη γεωργική πράξη στα μέσα της δεκαετίας του '80. Έχει ικανή διελασματική δράση και χαρακτηρίζεται από ωοκτόνο, προνυμφοκτόνο και νυμφοκτόνο δράση. Δεν δρα στο στάδιο των ακμαίων, αλλά μειώνει τη γονιμότητα των ενηλίκων θηλυκών. Είναι αποτελεσματικό εναντίον πολλών φυτοφάγων ακάρεων, ιδιαίτερα του γένους *Panonychus*, *Tetranychus* και *Eotetranychus* στα οπωροφόρα, τα κηπευτικά το αμπέλι και το βαμβάκι. Δεν είναι μελισσοτοξικό.

3. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΚΑΡΕΩΝ ΣΤΑ ΑΚΑΡΕΟΚΤΟΝΑ

3.1. Ορισμοί - Ιστορική εξέλιξη

Ως **ανθεκτικότητα** ορίζεται η ανάπτυξη της ικανότητας από ένα πληθυσμό ενός παράσιτου, να ανέχεται την έκθεση σε δόση εντομοκτόνου που κανονικά θα ήταν θανατηφόρα για τα περισσότερα άτομα του πληθυσμού του ίδιου είδους.

Η ανθεκτικότητα είναι ένα φαινόμενο επιλογής, δηλαδή είναι το αποτέλεσμα αλλαγών στις συχνότητες των γονιδίων σε ένα πληθυσμό. Πριν από την εισαγωγή ενός φυτοπροστατευτικού προϊόντος σε μια περιοχή, ο πληθυσμός του στοχευόμενου φυτοπαράσιτου είναι πολυμορφικός και θεωρητικά υπάρχουν άτομα που μπορεί να επιβιώσουν παρουσία του μέσου επιλογής (φυτοπροστατευτικό προϊόν). Η εφαρμογή της πίεσης επιλογής από την παρουσία του φυτοφαρμάκου έχει ως αποτέλεσμα η συχνότητα των γονοτύπων που δεν επηρεάζονται από την έκθεση σε αυτό να αυξάνει και να αλλάζει η κατανομή του πληθυσμού.

Αποτυχίες της χημικής καταπολέμησης των φυτοπαθογόνων, σαν αποτέλεσμα εμφάνισης ανθεκτικών στελεχών, ήταν πολύ σπάνιες μέχρι το τέλος της δεκαετίας του '60. Τα ανόργανα μυκητοκτόνα, όπως το θειάφι, τα χαλκούχα και τα οργανικά προστατευτικά, όπως τα διθειοκαρβαμιδικά, τα φθαλιμίδια, οι κινόνες κ.α., που χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά, μέχρι τότε, για πολλές δεκαετίες, δεν ευνοούσαν την εμφάνιση του προβλήματος. Η μη εξειδικευμένη δράση στο υποκυτταρικό επίπεδο των ενώσεων αυτών είναι η αιτία της αδυναμίας των παθογόνων μυκήτων να δημιουργήσουν ανθεκτικά στελέχη.

Η ανάγκη όμως, αφενός για αυξημένη αποτελεσματικότητα, αλλά και θεραπευτική δράση, ώστε να παρεμποδίζεται η εξάπλωση της ασθένειας με επέμβαση ακόμα και όταν έχει γίνει η μόλυνση και η εγκατάσταση του παθογόνου, και αφετέρου για ασφαλέστερα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον φυτοπροστατευτικά προϊόντα, οδήγησε στην ανακάλυψη των διασυστηματικών μυκητοκτόνων με εξειδικευμένο μηχανισμό δράσης στο υποκυτταρικό επίπεδο. Η εξειδικευμένη, όμως, αυτή δράση εμπεριέχει τον κίνδυνο της εύκολης απώλειας της αποτελεσματικότητας γιατί και ένα μόνο συστατικό του κυττάρου του παθογόνου αν μεταβληθεί μπορεί να προκύψει ένα ανθεκτικό στέλεχος. Έτσι λοιπόν, τα διασυστηματικά μυκητοκτόνα και παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν, ως προς την ικανότητα προστασίας των

φυτών, όπως προστατευτική και θεραπευτική προστασία των υπέργειων τμημάτων με προσθήκη στο σπόρο, μεγαλύτερη άνεση στον χρόνο επέμβασης κ.α., παρουσιάζουν συγχρόνως και το σοβαρό μειονέκτημα της ανάπτυξης ανθεκτικότητας των παθογόνων σε αυτά. Με τις ενώσεις αυτές η εμφάνιση ανθεκτικότητας είναι μάλλον ο κανόνας παρά η εξαίρεση. Την είσοδό τους στην γεωργική πράξη, στο τέλος της δεκαετίας του '60, ακολούθησε σύντομα η εμφάνιση του προβλήματος της ανθεκτικότητας σε πολλές καλλιέργειες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι περιπτώσεις της ανθεκτικότητας στα βενζιμιδαζολικά, στα αμινοπυριμιδινικά, στα δικαρκοξιμιδικά, στα φαινυλαμιδία και τελευταία στις στρομπιλουρίνες. Περισσότερα από 150 είδη παθογόνων είναι ανθεκτικά σε ένα, τουλάχιστον μυκητοκτόνο.

Η ανθεκτικότητα των εντόμων και ακάρεων είναι επίσης ένα πολύ σοβαρό παγκόσμιο πρόβλημα, με τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις στην παραγωγή των γεωργικών προϊόντων. Η ανθεκτικότητα των εντόμων και ακάρεων στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα χρονολογείται από το 1908, όταν βρέθηκε μια φυλή της ψώρας του Σαν Ζοζε (*Quandraspidiotus perniciosus*) ανθεκτική στο θειασβέστιο. Στη συνέχεια ανακοινώθηκε ανθεκτικότητα στο υδροκυάνιο της κόκκινης ψώρας (*Aonidiella aurantii*) (1916) και της καρπόκαψας των μηλοειδών (*Cydia pomonella*) (1917). Όμως, η μεγάλη αύξηση των ανθεκτικών φυλών με σοβαρές επιπτώσεις στη γεωργική παραγωγή εμφανίστηκε στις αρχές της δεκαετίας του '50, με την εισαγωγή στη φυτοπροστασία των συνθετικών οργανικών ενώσεων. Περισσότερα από 500 είδη εντόμων έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα σε μία ή περισσότερες κατηγορίες φ.π. Προβλήματα ανθεκτικότητας έχουμε και στα τελευταία γενιάς εντομοκτόνα που επηρεάζουν το ενδοκρινικό σύστημα των εντόμων (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2007).

Η ανάπτυξη της ανθεκτικότητας στα έντομα και τα ακάρεα ευνοείται από το υψηλό αναπαραγωγικό τους δυναμικό, το σύντομο βιολογικό κύκλο, τις πολλές γενεές ετησίως, ιδιαίτερα σε θερμές συνθήκες περιβάλλοντος και την εγγενή αναπαραγωγή που επιτρέπει τους ανασυνδυασμούς του γενετικού υλικού. Τα προβλήματα είναι ιδιαίτερα αυξημένα στα θερμοκήπια λόγω του κλειστού περιβάλλοντος και των πολλών εφαρμογών φυτοφαρμάκων.

Η ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα έχει δημιουργήσει, επίσης, πολλές σοβαρές δυσκολίες σε πολλές χώρες του κόσμου. Περισσότεροι από 300 ανθεκτικοί βιοτύπων έχουν ήδη εμφανισθεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Η πρώτη διαπίστωση εμφάνισης βιοτύπων ζιζανίων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα έγινε το

1968 στις ΗΠΑ, όπου ένας βιότοπος του ζιζανίου *Senecio vulgaris* (μαρτιάκος) παρουσίασε μειωμένη ευαισθησία στο μέχρι τότε αποτελεσματικό ζιζανιοκτόνο simazine. Αργότερα διαπιστώθηκαν βιότοποι του ίδιου ζιζανίου ανθεκτικοί και σε άλλα ζιζανιοκτόνα της ομάδας των χλωροτριαζινών, όχι μόνο στις ΗΠΑ, αλλά και σε άλλες χώρες. Το πρόβλημα έχει γίνει ιδιαίτερα ανησυχητικό τα τελευταία χρόνια, μετά την εμφάνιση σοβαρών περιπτώσεων ανθεκτικότητας στις νεότερες, αυξανόμενης χρήσης, ομάδες ζιζανιοκτόνων, όπως οι σουλφονουλουρίες, οι ιμιδαζολινόνες και τα αρυλοφαινοξυαλκανοϊκά, που περιλαμβάνουν πολλά μέλη με παρόμοιο μηχανισμό δράσης. Περίπου 40 είδη ζιζανίων έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στους παρεμποδιστές της συνθετάσης του οξικογαλακτικού (ALS) στα σιτηρά, τον αραβόσιτο, στη σόγια και το ρύζι (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2007).

Η σοβαρότητα του προβλήματος της ανθεκτικότητας οδήγησε τις βιομηχανίες παραγωγής φυτοφαρμάκων να συστήσουν τις επιτροπές FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) και HRAC (Herbicide Resistance Action Committee), υπό την αιγίδα της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Φυτοπροστασίας (Global Crop Protection Federation, GCPF), πρώην GIFAP (International Group of National Associations of Manufacturers of Agrochemical Products). Ο σκοπός αυτών των επιτροπών είναι η μελέτη των προβλημάτων ανθεκτικότητας και η παροχή οδηγιών για τη διαχείριση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων που είναι σε κίνδυνο, ώστε να διατηρηθεί η αποτελεσματικότητά τους και να περιοριστούν οι απώλειες της γεωργικής παραγωγής σε περιοχές που έχουν εμφανιστεί προβλήματα ανθεκτικότητας (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2007).

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ανθεκτικότητας χρειάζεται λεπτομερής επιστημονική προσέγγιση. Απαιτούνται μελέτες τόσο στο εργαστήριο όσο και στον αγρό, για την κατανόηση της ανθεκτικότητας, των τρόπων αντιμετώπισής της και για την αξιολόγηση του μεγέθους του κινδύνου εμφάνισης της ανθεκτικότητας για κάθε σύστημα χωριστά (παρεμποδιστής-φυτοπαράσιτο-καλλιέργεια-περιβάλλον). Απαιτείται προσδιορισμός των παραμέτρων της ανθεκτικότητας όπως του επιπέδου ανθεκτικότητας υπεύθυνων βιοχημικών μηχανισμών ανθεκτικότητας, του γενετικού ελέγχου της ανθεκτικότητας και της προσαρμοστικότητας των ανθεκτικών παρασίτων σε σύγκριση με τα αρχικά ευαίσθητα άτομα του πληθυσμού.

Ο σχεδιασμός κατάλληλων στρατηγικών εφαρμογής των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, με στόχο τη μείωση της πίεσης επιλογής ανθεκτικών στελεχών, φυλών και βιοτύπων των φυτοπαράσιτων που προϋπάρχουν στο γεωργικό περιβάλλον, είναι υψίστης προτεραιότητας για την αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας.

Η παρακολούθηση του πληθυσμού των φυτοπαράσιτων στον αγρό είναι απαραίτητη για α) τον έλεγχο της εμφάνισης και της κατανομής ανθεκτικών στελεχών, φυλών και βιοτύπων, β) τον έλεγχο της εξέλιξης της ανθεκτικότητας, γ) τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της στρατηγικής που εφαρμόζεται και δ) την κατανόηση του φαινομένου και την αξιολόγηση των μαθηματικών μοντέλων που προβλέπουν την εξέλιξη της ανθεκτικότητας.

Διασταυρούμενη-Πολλαπλή ανθεκτικότητα

Ένα έντομο μπορεί να αναπτύσσει κάποια μορφή ανθεκτικότητας σε περισσότερα από ένα εντομοκτόνα, αυτό έχει να κάνει με την δραστική ουσία που σε ορισμένα εντομοκτόνα είναι η ίδια και στην οποία το έντομο έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα ή στο ότι σε ένα έντομο παρουσιάζονται περισσότεροι από ένας μηχανισμοί ανθεκτικότητας. Σύμφωνα με τα παραπάνω μπορούμε να διακρίνουμε δύο κατηγορίες ανθεκτικότητας, τη διασταυρωτή ή διασταυρούμενη (cross-resistance) και την πολλαπλή ανθεκτικότητα (multiple resistance).

Η **διασταυρωτή ανθεκτικότητα** εμφανίζεται σε συγγενή ή παρόμοιας δράσης εντομοκτόνα. Το έντομο έχει αναπτύξει έναν μηχανισμό ανθεκτικότητας ο οποίος ανταποκρίνεται σε περισσότερα από ένα εντομοκτόνα. Υπάρχουν στο έντομο ένζυμα τα οποία διασπούν και αποδομούν περισσότερες από μία ουσίες. Για παράδειγμα οι οξειδάσες, οι υδρολάσες που είναι ένζυμα διασπούν τοξικές ουσίες και αποδομούν περισσότερες από μία οργανοφωσφορικές ή καρβαμιδικές ουσίες.

Στην περίπτωση της **πολλαπλής ανθεκτικότητας** έχουμε περισσότερους από έναν μηχανισμούς ανθεκτικότητας που αναπτύσσει κάποιο έντομο ως άμυνα στην εφαρμογή διαφορετικών εντομοκτόνων. Έτσι το έντομο γίνεται ανθεκτικό σε περισσότερες από μία κατηγορίες εντομοκτόνων, κάτι που είναι πολύ σύνηθες σε οικιακά έντομα όπως η οικιακή μύγα, οι κατσαρίδες και ορισμένα είδη κουνουπιών.

3.2. Προβλήματα που προκαλούνται λόγω της ανθεκτικότητας

Οι επιπτώσεις της εμφάνισης ανθεκτικών πληθυσμών εντόμων στις καλλιέργειες είναι αρκετά σοβαρές. Πλήττουν την ίδια την καλλιέργεια και την παραγωγή τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, έχουν μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο στον

ίδιο τον καλλιεργητή αλλά παρουσιάζεται και κοινωνικό αντίκτυπο αφού τα προϊόντα στοχεύουν στην κάλυψη αναγκών του καταναλωτικού κοινού. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά αυτές οι επιπτώσεις (Δεμέτζος, 2005).

- Μείωση της παραγωγής: Η αναποτελεσματικότητα του εντομοκτόνου συνεπάγεται την παραμονή και ζημιογόνο δράση του πληθυσμού εντόμων στην καλλιέργεια. Η ύπαρξη και η δράση του πληθυσμού εντόμων εις βάρος της καλλιέργειας έχει άμεσο αντίκτυπο στην προσδοκώμενη παραγωγή, η οποία εμφανίζεται υποβαθμισμένη ποιοτικά και ποσοτικά μειωμένη των προσδοκιών του καλλιεργητή.
- Αύξηση του κόστους αντιμετώπισης: Ο καλλιεργητής στην προσπάθεια του να αντιμετωπίσει την αναποτελεσματικότητα του εντομοκτόνου και μη κατανοώντας την αιτία του προβλήματος αυξάνει την δόση του εντομοκτόνου και την ένταση των εφαρμογών. Άλλες πάλι φορές αλλάζει το εντομοκτόνο θεωρώντας το αναποτελεσματικό αυξάνοντας το κόστος των εφαρμογών χωρίς ουσιαστικά να λύνει το πρόβλημα.
- Περιβαλλοντικές επιπτώσεις: Οι αλόγιστη, χωρίς γνώση και καθοδήγηση από κάποιο γεωπόνο αύξηση της δόσης εφαρμογών όπως επίσης και η ανάμειξη διαφορετικών σκευασμάτων με διαφορετικές δραστικές ουσίες έχουν σαν αποτέλεσμα την διατάραξη του οικολογικού περιβάλλοντος με την θανάτωση πολλών ωφέλιμων οργανισμών, την μόλυνση των υδάτων, την μακροχρόνια υπολειμματική δράση χημικών ουσιών στον περιβάλλοντα χώρο και την διατάραξη των οικοσυστημάτων, συνεπειών που οδηγούν σε περιβαλλοντική καταστροφή.
- Επιπτώσεις στον άνθρωπο: Η υπερβολική και η συνεχής χρήση εντομοκτόνων έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του ίδιου του καλλιεργητή που χειρίζεται το ψεκαστικό αλλά και στο καταναλωτικό κοινό αφού αυξάνεται η υπολειμματική δράση των εντομοκτόνων στα τρόφιμα. Σύμφωνα με έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής του 2000 η Ελλάδα δεν τηρεί την σχετική νομοθεσία της Ε.Ε., τοποθετείται δε δεύτερη στη λίστα επικινδυνότητας για τη δημόσια υγεία από τα μολυσμένα με φυτοφάρμακα φρούτα και λαχανικά. Τα αποτελέσματα της κακής χρήσης των εντομοκτόνων είναι η μειωμένη τους αποτελεσματικότητα, το υψηλό κόστος για την καταπολέμηση των επιβλαβών εντόμων, η καταστροφή του περιβάλλοντος, η εξαφάνιση ωφέλιμων ειδών

αλλά και οι σοβαροί κίνδυνοι για την υγεία όσο των αγροτών όσο και των καταναλωτών των γεωργικών προϊόντων

3.3. Μηχανισμοί ανθεκτικότητας των ακάρεων

Η θανάτωση ή όχι ενός εντόμου μετά από τον ψεκασμό με κάποιο εντομοκτόνο εξαρτάται από την ποσότητα της δραστικής ουσίας που θα φτάσει στο στόχο(ζωτικό ένζυμο ή νευρικός ιστός) όπως επίσης και από το πόσο τοξική είναι η δραστική ουσία που χρησιμοποιείται. Τα έντομα αναπτύσσουν ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα λόγω βιολογικών μηχανισμών που διαθέτουν οι οποίοι είτε μειώνουν την ποσότητα της δραστικής ουσίας που φτάνει στο στόχο είτε αυξάνουν την αντοχή του εντόμου στο εντομοκτόνο. Ανάλογα με τον τρόπο εκδήλωσης έχουμε τις ακόλουθες μορφές ανθεκτικότητας (Δεμέτζος, 2005: Ροδιτάκης και συνεργάτες, 2008):

i) Ηθολογική ανθεκτικότητα

Η μορφή αυτή της ανθεκτικότητας οφείλεται στο γεγονός πως κάποια ανθεκτικά έντομα δεν δέχονται ή δεν έρχονται σε επαφή με την απαιτούμενη ποσότητα δραστικής ουσίας του εντομοκτόνου που χρησιμοποιείται ούτως ώστε να θανατωθούν. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αποτροπή του εντόμου από το εντομοκτόνο είτε σε προσέγγιση τμημάτων του φυτού στα οποία δεν έχει γίνει εφαρμογή εντομοκτόνου καθώς επίσης και σε άλλους λόγους συμπεριφοράς.

ii) Φυσιολογική ανθεκτικότητα

Η φυσιολογική ανθεκτικότητα έχει να κάνει με την ποσότητα της δραστικής ουσίας που έρχεται σε επαφή με τον στόχο σε συγκεκριμένο χρόνο. Οι παράμετροι που συντελούν στην εμφάνιση της είναι η ταχύτητα διείσδυσης, η ταχύτητα απέκκρισης καθώς επίσης και η ταχύτητα αποδόμησης. Όσο πιο μικρή είναι η ταχύτητα διείσδυσης σε σχέση με την ταχύτητα απέκκρισης και την ταχύτητα αποδόμησης τόσο μεγαλύτερα είναι τα ποσοστά ανθεκτικότητας που αναπτύσσει ένα έντομο.

iii) Βιοχημική ανθεκτικότητα

Η εμφάνιση αυτής της μορφής ανθεκτικότητας έχει να κάνει με το γεγονός της αποδόμησης των εντομοκτόνων σε κάποια παράγωγα τους, τα οποία δεν είναι επιβλαβή για τον οργανισμό του εντόμου. Αυτό οφείλεται στην ποσοτική ή ποιοτική αλλαγή των ενζύμων που είναι υπεύθυνα για την αποδόμηση τοξικών ουσιών. Τα έντομα λοιπόν που εμφανίζουν αυτή την μορφή ανθεκτικότητας θα πρέπει να

διαθέτουν μεγαλύτερη ποσότητα ενζύμων που αποδομούν εντομοκτόνα ή πιο αποτελεσματικά ένζυμα για την αποδόμηση αυτή.

iv) Ανθεκτικότητα μειωμένης ευαισθησίας-αδιαφορίας του στόχου

Πρόκειται για μειωμένη ευαισθησία, αδιαφορία ουσιαστικά για αδράνεια του στόχου (συνήθως ένζυμο ή νευρικός ιστός) στο εντομοκτόνο. Η μειωμένη αυτή ευαισθησία οφείλεται στην ποιοτική μεταβολή του στόχου κατά τρόπο τέτοιο που το εντομοκτόνο δεν το επηρεάζει, η έχει πολύ μικρή επίδραση.

3.4. Παράγοντες που καθορίζουν την ανθεκτικότητα

Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν και καθορίζουν την ανάπτυξη ανθεκτικότητας ή την επιλογή της ανθεκτικότητας. Αυτοί είναι (Δεμέτζος, 2005: Ζιώγας και Μάρκογλου, 2007: Ροδιτάκης και συνεργάτες, 2008):

- Γενετικοί: Η συχνότητα, η αποτελεσματικότητα και η κυριαρχία ή μη των γονιδίων ανθεκτικότητας στον αρχικό πληθυσμό. Η διεισδυτικότητα, εκφραστικότητα και αλληλεπιδράσεις των γονιδίων επίσης η προηγούμενη επιλογή από άλλα εντομοκτόνα και ο βαθμός συμβιβασιμότητας των γονιδίων με παράγοντες καταλληλότητας.
- Βιολογικοί: Ο αριθμός των γενεών κατά έτος, ο αριθμός απογόνων ανά γενιά καθώς επίσης και η μονογαμικότητα ή η πολυγαμικότητα και η παρθενογένεση των εντόμων.
- Οικολογικοί: Οι τροφικές επιλογές του πληθυσμού των εντόμων (μονοφαγία ή πολυφαγία) όπως επίσης και η απομόνωση, η κινητικότητα και η μετανάστευση του. Η ύπαρξη καταφυγίων όπου διατηρείται η ευαισθησία του πληθυσμού γιατί περιορίζεται η πίεση της επιλογής και κατά συνέπεια και η ανάπτυξη ανθεκτικότητας.
- Εφαρμογής: Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται από την μία πλευρά οι παράγοντες που έχουν να κάνουν με το είδος του εντομοκτόνου, δηλαδή, την χημική δομή του, την υπολειμματικότητα του και την σχέση του με τα προηγούμενα εντομοκτόνα που έχουν χρησιμοποιηθεί. Από την άλλη πλευρά οι παράγοντες που έχουν να κάνουν με τον τρόπο, την δόση και την έκταση της εφαρμογής καθώς και το στάδιο του βιολογικού κύκλου που επιλέγεται, την πυκνότητα του πληθυσμού εντόμων κατά την εφαρμογή και το ποσοστό του πληθυσμού που θανατώνεται.

3.5. Αντιμετώπιση του προβλήματος

Η πρόληψη και αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας πρέπει να αποτελεί συστατικό στοιχείο κάθε προσπάθειας ολοκληρωμένης διαχείρισης εντομολογικών εχθρών. Η έγκαιρη διάγνωση της ανθεκτικότητας, η ανάλυση των μηχανισμών της, καθώς και η παρακολούθηση (monitoring) των πληθυσμών για τον έλεγχο της κατανομής των ανθεκτικών γονιδίων είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την αντιμετώπισή της. Επιπλέον, η μελέτη της κατανομής του πολυμορφισμού ουδέτερων επιλεκτικά γενετικών τόπων δηλαδή η γνώση του μεγέθους της γενετικής διαφοροποίησης των πληθυσμών ενός είδους συμβάλλει στην επιλογή της στρατηγικής για την καθυστέρηση εμφάνισης ή για την διαχείριση της ανθεκτικότητας.

Η διαπίστωση και μέτρηση της ανθεκτικότητας γίνεται αρχικά με βιοδοκιμές, που όμως απαιτούν πολύ χρόνο και συχνά αποτυγχάνουν να αποκαλύψουν με ασφάλεια το πρόβλημα. Στις περιπτώσεις που οι μηχανισμοί ανθεκτικότητας έχουν χαρακτηριστεί σε βιοχημικό ή μοριακό επίπεδο, αναπτύσσονται απλές τεχνικές (διαγνωστικά τεστ ενζυμικής δραστηριότητας ή διαγνωστικό PCR), που αναγνωρίζουν με ταχύτητα και ασφάλεια τις μεταλλάξεις ανθεκτικότητας ακόμη κι αν αυτές είναι σε πολύ μικρές συχνότητες, με αποτέλεσμα τη δυνατότητα εφαρμογής διορθωτικών κινήσεων στην στρατηγική φυτοπροστασίας για την αποφυγή απωλειών στη γεωργική παραγωγή και τη διατήρηση της αποτελεσματικότητας των φυτοπροστατευτικών προϊόντων (Βόντας και Τσαγκαράκου, 2005)

3.5.1. Προληπτικά μέτρα

Τα βασικότερα προληπτικά μέτρα που μπορούν να ληφθούν για την αποφυγή ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε πληθυσμούς εντόμων είναι:

- Περιορισμός των εφαρμογών

Η ποσότητα εντομοκτόνου που χρησιμοποιείται θα πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή και ο καλλιεργητής οφείλει να συμβουλευέται και να ακολουθεί τις οδηγίες που αναγράφονται στο σκεύασμα καθώς και να ζητάει την ενημέρωση κάποιου αρμοδίου φορέα.

- Περιορισμός των επεμβάσεων

Ισχύει η παραπάνω διαδικασία, δηλαδή, ο παραγωγός θα πρέπει να ελαχιστοποιεί τις επεμβάσεις του τηρώντας τις οδηγίες και αφήνοντας τα απαραίτητα μεσοδιαστήματα ανάμεσα στις εφαρμογές.

- Καθορισμένες επεμβάσεις

Οι επεμβάσεις εκτός του ότι θα πρέπει να είναι στην σωστή δόση και την κατάλληλη χρονική στιγμή θα πρέπει και να στοχεύουν σε συγκεκριμένες περιοχές δράσης, ούτως ώστε να επιτρέπεται η επιβίωση και ευπαθών στο εντομοκτόνο γενοτύπων, να διατηρούνται τα καταφύγια του πληθυσμού και να μην επηρεάζονται από την δράση του εντομοκτόνου πληθυσμοί ωφέλιμων εντόμων.

▪ Χρήση εντομοκτόνων με μικρή υπολειμματική δράση

Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα με μικρή υπολειμματική δράση διότι η συνεχής και μακροχρόνια χρήση εντομοκτόνων με υψηλή υπολειμματική δράση ευνοεί την ανάπτυξη ανθεκτικότητας και θα πρέπει να αποφεύγεται.

▪ Εναλλαγή, μίξη εντομοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης

Η εναλλαγή είναι μια μακροχρόνια διαδικασία που εφαρμόζεται ανά έτη και ανά διαφορετικές γενιές ή ακόμα και σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του πληθυσμού εντόμων. Γίνεται εφαρμογή εντομοκτόνων διαφορετικού τύπου και τρόπου δράσης έτσι ώστε να μην δημιουργηθεί ανθεκτικότητα με κάποιο συγκεκριμένο μηχανισμό από την πλευρά του εντόμου. Καλύτερη είναι η πίεση επιλογής προς περισσότερες και διαφορετικές κατευθύνσεις σε σχέση με την πίεση προς μία κατεύθυνση όσων αφορά τους κινδύνους ανάπτυξης ανθεκτικότητας.

▪ Ολοκληρωμένη καταπολέμηση

Η πρόληψη της ανθεκτικότητας πρέπει να αποτελεί συστατικό στοιχείο κάθε προσπάθειας ολοκληρωμένης διαχείρισης εντομολογικών εχθρών. Η συνεχής και αλόγιστη χρήση χημικών μέσων για την γρηγορότερη και ευκολότερη αντιμετώπιση των εντομολογικών εχθρών επιβαρύνει την καλλιέργεια, το περιβάλλον, και κάνει δυσκολότερη την επίλυση του προβλήματος. Η ανθεκτικότητα μετεξελίσσεται γιατί γίνεται πιο πολύπλοκη η γενετική και βιοχημική βάση της αντοχής των ανθεκτικών(εθισμένων) πληθυσμών γεγονός που οδηγεί σε μια πολυπαραγοντική ανθεκτικότητα.

Με την εισαγωγή στην καλλιέργεια της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης, που αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι μιας γενικότερης φιλοσοφίας της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης ξεκινάει μια καινούργια μεθοδολογία και πρακτική για τον καλλιεργητή. Έτσι χρησιμοποιούνται πλέον μη χημικά μέσα (φυσικοί εχθροί, καλλιεργητικές τεχνικές) περιορίζοντας την χρήση των εντομοκτόνων στο ελάχιστο. Σκοπός της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης είναι η διατήρηση της ευπάθειας των εντόμων στα εντομοκτόνα και κυρίως η πρόληψη της ανάπτυξης ανθεκτικών πληθυσμών εντόμων στην καλλιέργεια.

3.5.2. Αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας

Ιδανικότερο είναι να αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα της ανθεκτικότητας προληπτικά, όπου τα μέτρα που λαμβάνονται έχουν την μορφή ενεργειών που εφαρμόζονται ούτως ώστε να μην παρουσιαστεί η ανάπτυξη ανθεκτικότητας. Εάν τα μέτρα αυτά είναι προληπτικά υπάρχει μεγαλύτερο χρονικό διάστημα επίλυσης του προβλήματος, μεγαλύτερα περιθώρια για καλύτερο σχεδιασμό και εφαρμογή των καταλληλότερων μέτρων όπως επίσης και το κόστος συγκρατείται χαμηλότερα

Η αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας εστιάζεται στον περιορισμό της επιλεκτικής πίεσης των εντομοκτόνων. Αυτό επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση της δόσης εντομοκτόνου - αριθμού επεμβάσεων για διατήρηση ευαίσθητων αλληλομόρφων, τη χρήση εντομοκτόνων χαμηλής υπολειμματικής διάρκειας, τη χρήση συνεργιστικών (ενζυμικοί παρεμποδιστές που απενεργοποιούν ομάδες της βιοχημικής άμυνας), την εφαρμογή τοπικών επεμβάσεων και τη διατήρηση καταφυγίων και την σωστή και με επιστημονική βάση εναλλαγή εντομοκτόνων. Σε σπανιότερες περιπτώσεις όταν αυτό επιβάλλεται, μπορεί να ακολουθείται πιο επιθετική στρατηγική αντιμετώπισης της ανθεκτικότητας, με στόχο την εξόντωση ανθεκτικών πληθυσμών - σπάνιων αλληλομόρφων ανθεκτικότητας, που επιτυγχάνεται με τη χρήση πολύ υψηλών δόσεων εντομοκτόνων ή μιγμάτων εντομοκτόνων με σκοπό την παράκαμψη των συνήθως εξειδικευμένων μηχανισμών ανθεκτικότητας (Βόντας και Τσαγκαράκου, 2005).

Εάν θέλαμε να κατηγοριοποιήσουμε τις ενέργειες που θα πρέπει να εφαρμόσει ο καλλιεργητής στην περίπτωση ανάπτυξης ανθεκτικών πληθυσμών εντόμων τότε αυτές παίρνουν την μορφή μέτρων αντιμετώπισης που παρουσιάζονται παρακάτω:

- Αύξηση της δραστικής ουσίας στην εφαρμοζόμενη δόση

Είναι ένα πρώτο μέτρο που μπορεί να πάρει ο καλλιεργητής αυξάνοντας την δόση του εντομοκτόνου. Το μέτρο αυτό έχει αποτελέσματα σε περιπτώσεις ανάπτυξης ανθεκτικότητας μικρής έντασης, το μέτρο αυτό χάνει την αποτελεσματικότητά του όταν τα ποσοστά ανθεκτικότητας ξεπεράσουν συγκεκριμένα όρια. Η αύξηση της δόσης αυξάνει το κόστος των εφαρμογών και την υπολειμματική δραστηριότητα του εντομοκτόνου.

- Αντικατάσταση-εναλλαγή εντομοκτόνου

Αυτό το μέτρο έχει ως σκοπό την χρησιμοποίηση ενός εντομοκτόνου με διαφορετική δραστική ουσία(διαφορετική χημική ομάδα) που να έχει διαφορετικό τρόπο δράσης ή που να αποδομείται με κάποιο άλλο μηχανισμό ώστε να μην είναι

δυνατή η ανάπτυξη ανθεκτικότητας. Η εναλλαγή εντομοκτόνου έχει την έννοια της χρησιμοποίησης παράλληλα εντομοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης, μέτρο όμως που είναι δαπανηρό και απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις.

- Προσθήκη συνεργιστικών ουσιών

Πρόκειται για ουσίες οι οποίες εμποδίζουν την αποδόμηση του εντομοκτόνου δεσμεύοντας τα αποδομητικά ένζυμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πιπερονυλβουτοξείδιο που αδρανοποιεί τις οξειδάσες των εντόμων. Οι συνεργιστικές ουσίες δεν μπορούν να βοηθήσουν στην περίπτωση που η ανθεκτικότητα οφείλεται σε αδράνεια-αδιαφορία του στόχου.

- Ολοκληρωμένη Αντιμετώπιση

Εισαγωγή στην καλλιέργεια ενός νέου τρόπου αντιμετώπισης στα πλαίσια της «Ολοκληρωμένης αντιμετώπισης», πράγμα που σημαίνει την εφαρμογή καλλιεργητικών μέτρων, επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών, ελευθέρωση στείρων εντόμων, χρησιμοποίηση βιολογικών μεθόδων, και ελαχιστοποίηση της χρήσης χημικών μέσων. Ένας από τους στόχους της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης είναι η διατήρηση της ευπάθειας των εντόμων στα εντομοκτόνων.

4. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΑΚΑΡΕΩΝ ΜΕΓΑΛΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ

4.1. *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

Ο κοινός τετράνυχος (Εικόνα 7), ή απλά τετράνυχος, αποτελεί το σημαντικότερο ακαρεολογικό πρόβλημα της φυτικής παραγωγής παγκοσμίως. Πρόκειται για ένα πολυφάγο και μικρών διαστάσεων άκαρι, το οποίο προσβάλλει τα σολανώδη, τα κολοκυνθοειδή, το βαμβάκι, το αμπέλι, τα εσπεριδοειδή, αλλά και πολλές άλλες καλλιέργειες και αυτοφυή φυτά. Οι τετράνυχοι ευνοούνται από ξηρό και ζεστό καιρό. Μπορούν ταχύτατα να αναπτύξουν μεγάλους πληθυσμούς και να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές. Αναπτύσσει πολλές γενεές κυρίως το καλοκαίρι, με ξηρό και θερμό καιρό (1 γενεά κάθε 10-12 ημέρες σε θερμοκρασία 25-30 °C).



Εικόνα 7. Ακμαία του *Tetranychus urticae*.

Η αντιμετώπισή τους πρέπει να γίνεται έγκαιρα, σε χαμηλό επίπεδο πληθυσμού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με προσεκτικό και συστηματικό έλεγχο της καλλιέργειας. Λόγω της μεγάλης δυσκολίας στην αντιμετώπιση γίνεται ευρεία χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, συχνά και σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους. Οι περιπτώσεις ανάπτυξης ανθεκτικότητας από τον τετράνυχο χρονολογούνται από τις

αρχές της δεκαετίας του '60 (Dittrich, 1963; Ballantyne & Harrison, 1967). Σε μια μελέτη που έγινε στην Αυστραλία σε πληθυσμούς τετράνυχου από καλλιέργειες βαμβακιού, βρέθηκε ανθεκτικότητα σε όλα τα οργανοφωσφορικά παρασιτοκτόνα που δοκιμάστηκαν, δηλαδή στα dimethoate, parathion, demeton-S-methyl, monocrotophos και profenofos (Herrona et al., 1998).

Πρόσφατα αναπτύχθηκε ανθεκτικότητα και στο abamectin. Μάλιστα, βρέθηκε διασταυρωτή ανθεκτικότητα στα ανθεκτικά στελέχη με το συγγενές milbemectin. Πάντως, η ανθεκτικότητα δε διατηρήθηκε στους πληθυσμούς όταν σταμάτησε η πίεση επιλογής (Sato et al., 2005). Σε μια άλλη περίπτωση, όμως, αναφέρεται ότι η ανθεκτικότητα στα tetradifon και dicofol διατηρήθηκε παρόλο που η χρήση τους είχε σταματήσει για 7 χρόνια (Overmeer et al., 1975). Η διατήρηση ή όχι της ανθεκτικότητας σε μια δραστική ουσία καθορίζονται από τον μηχανισμό δράσης αυτής.

4.2. *Panonychus ulmi* Koch (Acari: Tetranychidae)

Ο κόκκινος τετράνυχος, *Panonychus ulmi* (Εικόνα 8), είναι ένα σημαντικό παράσιτο σχεδόν σε όλες τις περιοχές παραγωγής φρούτων όλου του κόσμου. Η εξάπλωση του στις περισσότερες περιοχές έχει προκληθεί πιθανώς από τη διανομή μολυσμένου υλικού με χειμερινά αυγά. Αυτό το άκαρι θεωρείται το σημαντικότερο δευτερεύον παράσιτο των εμπορικών οπωρώνων στη νότια Αγγλία και σε όλη την Ευρώπη, κάτι που ευνοήθηκε από τους αλόγιστους ψεκασμούς που σαν αποτέλεσμα είχαν την εξόντωση των φυσικών εχθρών του. Προσβάλλει μια ευρεία γκάμα ξενιστών που περιλαμβάνει είδη της οικογένειας *Rosaceae*, αλλά και άλλα οπωροφόρα δέντρα όπως μηλιά και αχλάδια.

Τα ακάρεα τρέφονται από τους χυμούς του φυτού, και, εκτός αν υπάρχουν σε μεγάλους πληθυσμούς, εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή των νεύρων, στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Αυτό προκαλεί χλωρωτικά στίγματα και σε σοβαρές προσβολές τα φύλλα παίρνουν το χρώμα του μπρούτζου. Η κάτω επιφάνεια των φύλλων καφετιάζει και τα κατεστραμμένα φύλλα πέφτουν (Πηγή: Bayer Ελλάς).

Ο κόκκινος τετράνυχος διαχειμάζει στο στάδιο του αυγού. Τα χειμερινά αυγά του τα εναποθέτει σε σχισμές του φλοιού των δένδρων ή στη βάση των οφθαλμών και στα σημεία όπου οι κλάδοι του έτους συναντούν τους παλαιότερους κλάδους. Τα ωά αρχίζουν να αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 7 βαθμούς Κελσίου. Η εκκόλαψη τους στη μηλιά συμπίπτει περίπου με το στάδιο «ροζ μπουμπούκι». Τα

νεαρά άτομα τρέφονται από τα φύλλα και τα ακμαία ωτοκοούν στη νέα βλάστηση. Το άκαρι αυτό συμπληρώνει πολλές γενεές το έτος (Πηγή: Bayer Ελλάς).



Εικόνα 8. Ακμαίο του *Panonychus ulmi*.

Το πρόβλημα των τετρανόχων μπορεί να εξελιχθεί σε πολύ σοβαρό αν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα και με ορθολογικό τρόπο. Η επικίνδυνη περίοδος για την γρήγορη ανάπτυξη των πληθυσμών και για την εξέλιξη μιας αρχικής προσβολής σε κρίσιμο σημείο είναι το καλοκαίρι. Για επιτυχημένη αντιμετώπιση συστήνεται να γίνεται έλεγχος στους οπωρώνες, ώστε τυχόν επέμβαση να αποφασιστεί έγκαιρα, στην έναρξη της προσβολής και μόλις ο πληθυσμός ξεπεράσει το κατώφλι οικονομικής ζημίας (2 τετράνυχοι ανά φύλλο) (Πηγή: Bayer Ελλάς).

Ο κόκκινος τετράνυχος αναπτύσσει σχετικά εύκολα ανθεκτικότητα λόγω του μικρού σχετικά βιολογικού του κύκλου και των πολλών γενεών ανά έτος, γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται σωστή χρήση των ακαρεοκτόνων και εναλλαγή σκευασμάτων με διαφορετικό μηχανισμό δράσης. Αναφορικά με την ανάπτυξη ανθεκτικότητα του συγκεκριμένου ακάρεος, η έρευνα εντοπίζεται κυρίως στην Αυστραλία.

Τα ωοκτόνα *clofentezide* και *hexythiazox* χρησιμοποιούνται στην Αυστραλία από το 1984 και 1987 αντίστοιχα. Οι πρώτες ενδείξεις ανθεκτικότητας στο

clofentezide αναφέρονται το 1988. Σε ακόλουθα πειράματα βρέθηκαν πληθυσμοί ανθεκτικοί στο *clofentezide* σε 23 από 38 μηλεώνες, 19 από τους οποίους ήταν ανθεκτικοί και στο *hexythiazox*. Ο συντελεστής ανθεκτικότητας έφτασε τις 3000 στην περίπτωση του *clofentezide* και το 500 στην περίπτωση του *hexythiazox* (Thwaite, 1991). Πείραμα κατά το οποίο έγιναν 20 εφαρμογές με το *hexythiazox* οδήγησε σε ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε υψηλά επίπεδα, χωρίς να αναπτυχθεί διασταυρωτή ανθεκτικότητα με το *clofentezine*. Ακολούθησαν 12 εφαρμογές με το τελευταίο, όμως ο πληθυσμός διατηρήθηκε ευαίσθητος (Reissig & Hull, 1991). Σε άλλη μελέτη, όμως, διαπιστώθηκε διασταυρωτή ανθεκτικότητα μεταξύ των *flucycloxuron*, *clofentezine* και *hexythiazon* (Grosscurt et al., 1994). Διασταυρωτή ανθεκτικότητα διαπιστώθηκε και μεταξύ του *clofentezine* και του *etoxazole*, δύο ουσιών με παρόμοιο τρόπο δράσης (Pree et al., 2005).

4.3. *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae)

Το εκτοπαρασιτικό άκαρι (*Varroa destructor* Anderson & Trueman Acari: Varroidae, Εικόνα 9) είναι σήμερα η μεγαλύτερη απειλή της μελισσοκομίας παγκοσμίως. Η ζημιά σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να είναι ολοκληρωτική. Το άκαρι προσβάλλει όλα τα βιολογικά στάδια της μέλισσας (προνύμφες, πλαγγόνες και ακμαία), απομυζώντας την αιμολέμφο τους. Παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1904 στη Νοτιοανατολική Ασία να παρασιτεί την ινδική μέλισσα *Apis cerana* και μεταπήδησε στην *Apis mellifera* περίπου στα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Στη χώρα μας πρωτοεμφανίστηκε το 1978 στην περιοχή του Έβρου και γρήγορα διαδόθηκε σε ολόκληρη τη χώρα.

Ο βιολογικός κύκλος του ακάρεος είναι προσαρμοσμένος σε αυτόν της μέλισσας την οποία παρασιτεί. Για να αναπαραχθεί, το θηλυκό γονιμοποιημένο βαρρόα εισέρχεται σε ένα κελί όπου αναπτύσσεται μια προνύμφη. Αφού αυτό σφραγιστεί από τις εργάτριες, το βαρρόα ωοτοκεί, τα αυγά εκκολάπτονται και ο γόνος μαζί με το ακμαίο τρέφονται, παρασιτώντας την προνύμφη της μέλισσας. Όταν η μέλισσα βγει από το κελί, όσα θηλυκά βαρρόα έχουν ολοκληρώσει την ανάπτυξή τους βγαίνουν και αυτά, συνήθως ευρισκόμενα πάνω στο σώμα της μέλισσας. Συνεχίζουν να παρασιτούν και αποτελούν την πηγή μόλυνσης των υπολοίπων προνυμφών. Το αρσενικό βαρρόα και όσα θηλυκά δεν ολοκλήρωσαν την ανάπτυξή τους πεθαίνουν.



Εικόνα 9. Ακμαία του *Varroa destructor*.

Είναι γνωστό ότι ο αρχικός ξενιστής του βαρρόα, η *Apis cerana* έχει συνεξελιχθεί με το βαρρόα, με αποτέλεσμα οι δύο οργανισμοί να συμβιώνουν, κάτι που δεν έχει παρατηρηθεί στην *Apis mellifera*. Ως εκ τούτου, οι μελισσοκόμοι επιστρατεύουν διάφορα μέσα με στόχο τη μείωση του πληθυσμού του βαρρόα. Μεταξύ των μεθόδων αυτών είναι και η χημική καταπολέμηση, κατά την οποία χρησιμοποιούνται δραστικές που ανήκουν κυρίως στις χημικές ομάδες των πυρεθροειδών και οργανοφωσφορικών ακαρεοκτόνων.

Ανάπτυξη και μηχανισμοί ανθεκτικότητας

Οι παράγοντες που καθορίζουν την ανάπτυξη και διατήρηση ενός ανθεκτικού πληθυσμού από βαρρόα είναι πολλοί και συχνά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Μερικοί από αυτούς περιλαμβάνουν το μέγεθος της κυριαρχίας και της προσαρμοστικότητας των γονιδίων ανθεκτικότητας, τον αριθμό των γενεών, των απογόνων και τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του παρασίτου, την έκταση και τη συχνότητα της χρήσης της δραστικής ουσίας, όπως και διάφορους οικολογικούς παράγοντες.

Οι μηχανισμοί ανθεκτικότητας στους οποίους ενδέχεται να οφείλεται η ανθεκτικότητα του βαρρόα είναι κυρίως 4 (Watkins, 1996):

1. Αλλαγή στη συμπεριφορά, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα το βαρρόα να έρθει σε επαφή με τη δραστική ουσία.
2. Μειωμένη είσοδο της δραστικής ουσίας λόγω πάχυνσης του εξωσκελετού.
3. Αποτοξικοποίηση της δραστικής ουσίας λόγω υψηλότερης δράσης ή αυξημένης συγκέντρωσης ενζύμων.
4. Τροποποίηση της θέσης-δράσης, γεγονός που οδηγεί σε μειωμένη ευαισθησία του βαρρόα.

Μελέτες της ανθεκτικότητας του βαρρόα στο tau-fluvalinate, η οποία παρουσιάστηκε στις αρχές του '90 στη Σικελία έδειξαν ότι αυτή οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στην αποτοξικοποίηση της δραστικής ουσίας από τις μονοοξυγενάσες του συστήματος P450, ενώ ο ρόλος των εστερασών ήταν αμελητέος (Hillesheim et al., 1996). Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα και σε μελέτη που έγινε στο Ισραήλ, όπου αποδείχτηκε ότι οι μονοοξυγενάσες ήταν υπεύθυνες για την ανθεκτικότητα, με τις εστεράσες να έχουν μια μικρή συμμετοχή (Mozes-Koch et al., 2000). Στις Η.Π.Α. βρέθηκαν μεταλλαγμένα στελέχη του ακάρεος, τα οποία παρουσίαζαν αλλαγές στις διόδους νατρίου, με αποτέλεσμα το fluvalinate να έχει μειωμένη αποτελεσματικότητα (Wang et al., 2000). Φαίνεται, λοιπόν, ότι η ανθεκτικότητα στα πυρεθροειδή έχει αναπτυχθεί τουλάχιστον δύο φορές.

Καταγραφή της ανθεκτικότητας του βαρρόα στην Ευρώπη

Έως τα τέλη της δεκαετίας του '80, ο έλεγχος του βαρρόα γινόταν αποτελεσματικά με τα πυρεθροειδή ακαρεοκτόνα (*acrinathrin, flumethrin, tau-fluvalinate*), τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή αποτελεσματικότητα απέναντι στο άκαρι και χαμηλή τοξικότητα στις μέλισσες. Όμως, από τις αρχές της δεκαετίας του '90, εμφανίστηκαν ανθεκτικά στελέχη του βαρρόα σε διάφορες περιοχές του κόσμου, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης και της Αμερικής. Η αρχή έγινε σε περιοχές της Ιταλίας το 1991, ενώ μέχρι το 2001 ακολούθησαν η Γαλλία, το Βέλγιο, η Πολωνία, οι Η.Π.Α., η Αργεντινή και η Μεγάλη Βρετανία (Mozes-Koch et al., 2000, Martin et al., 2002).

Το 1994 ξεκίνησε ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα για τη μελέτη της ανθεκτικότητας του βαρρόα στα πυρεθροειδή. Τα επίπεδα ανθεκτικότητας βρέθηκε ότι είναι πολύ υψηλά, καθώς οι τιμές LC_{50} για τον ανθεκτικό πληθυσμό ήταν περίπου 9000 mg/Kg, ενώ για τον ευαίσθητο μόλις 25 mg/Kg (*Monitoring Varroa Resistance*).

Μέτρα αντιμετώπισης

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η χημική αντιμετώπιση του βαρρόα δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα, συγκριτικά με φυσικές, βιολογικές και βιοτεχνικές μεθόδους. Συνεπώς, το πρόβλημα της ανθεκτικότητας θα πρέπει να αντιμετωπιστεί. Η ανάπτυξη νέων φυτοπροστατευτικών προϊόντων είναι δύσκολη, καθώς οι απαιτήσεις για ολοένα και φιλικότερες προς το περιβάλλον ουσίες περιορίζουν τις επιλογές και αυξάνουν το κόστος της έρευνας. Επίσης, η διαδικασία της επιλογής και εκτροφής μελισσών που έχουν μηχανισμούς ανθεκτικότητας στο βαρρόα βρίσκεται ακόμα στα πρώτα της βήματα, τα οποία μάλιστα δεν είναι και τόσο ενθαρρυντικά. Το πρόβλημα γίνεται ακόμη εντονότερο λόγω της διασταυρωτής ανθεκτικότητας μεταξύ του *fluvalinate* και των άλλων πυρεθροειδών (Milani, 1995), αλλά και μεταξύ *fluvalinate* και *coumaphos* (Abed & de Lahitte, 1993).

Οι τακτικές αντιμετώπισης του προβλήματος της ανθεκτικότητας περιλαμβάνουν και την αύξηση των δόσεων της δραστικής ουσίας κατά την εφαρμογή. Αυτή η τακτική είναι αποτελεσματική στην περίπτωση που οι απόγονοι είναι ετεροζυγωτικοί. Στην περίπτωση, όμως, του βαρρόα κάτι τέτοιο δεν θα είχε αποτέλεσμα, καθώς το επίπεδο ομομιξίας είναι μεγάλο. Αυξημένη δόση θα μπορούσε να είναι αποτελεσματική ακόμα και σε αυτήν την περίπτωση εάν τα μεταλλαγμένα στελέχη με μεγάλη ανθεκτικότητα δεν ήταν πολλά ή αν η ανθεκτικότητα ήταν πολυγονική. Προτείνεται για την περίπτωση του βαρρόα, μια ενδιάμεση στρατηγική με στόχο τη διατήρηση ευαίσθητων στελεχών, αποφεύγοντας τη θανάτωση όλου του πληθυσμού. Με αυτόν τον τρόπο, η πίεση επιλογής θα ήταν πολύ μικρότερη (Milani, 1999).

Ένα φαινόμενο που θα πρέπει να εκμεταλλευτεί κανείς είναι η ανάστροφη της ανθεκτικότητας. Τουλάχιστον για τους ευρωπαϊκούς ανθεκτικούς στο *fluvalinate* πληθυσμούς, φαίνεται ότι τα ανθεκτικά στελέχη έχουν μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με τον ευαίσθητο πληθυσμό. Το επίπεδο της ανθεκτικότητας μειώνεται σταδιακά, όσο δε γίνεται χρήση πυρεθροειδών ακαρεοκτόνων. Στην Ιταλία παρατηρήθηκε μείωση σε 7 ανθεκτικούς πληθυσμούς βαρρόα στο *fluvalinate* από 19-66% στο 1,3-7,8% σε διάστημα 3 ετών (Milani & Della Vedova, 2002). Η προφανής εξήγηση για την απώλεια της ανθεκτικότητας ήταν η μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα του ανθεκτικού πληθυσμού. Όμως, σε πειράματα που έγιναν με το εμπορικό σκεύασμα Apistan®, δραστική ουσία του οποίου είναι το tau-fluvalinate, αναφορικά με την επίδραση της ανθεκτικότητας στην ωοπαραγωγή του βαρρόα και στη γονιμότητα των ωών, αποδείχτηκε ότι τα ανθεκτικά στελέχη ήταν εξίσου

αναπαραγωγικά όσο και τα ευαίσθητα (Martin et al., 2002). Αυτό δείχνει ίδια προσαρμοστικότητα του ανθεκτικού και του ευαίσθητου πληθυσμού.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, είναι εύκολο να διαπιστώσει κανείς ότι το πρόβλημα της ανθεκτικότητας του βαρρόα στα ακαρεοκτόνα είναι πολύ σημαντικό και δυσεπίλυτο. Θα πρέπει να συνδυαστούν πολλές μέθοδοι και τακτικές για να μειωθεί το πρόβλημα, σημαντικότερες των οποίων είναι:

- Εναλλαγή σκευασμάτων με δραστικές ουσίες που έχουν διαφορετικό τρόπο δράσης.
- Χρήση του οξαλικού, μυρμηκικού και γαλακτικού οξέος, αλλά και αιθέριων ελαίων.
- Ανάπτυξη νέων ακαρεοκτόνων, με καινούργιους τρόπους δράσης.
- Συνδυασμός χημικών με βιολογικές και βιοτεχνικές μεθόδους.
- Επιλογή και εκτροφή μελισσών ανθεκτικών στο βαρρόα.

4.4. *Rhipicephalus (=Boophilus) microplus* Canestrini (Acari: Ixodidae)

Το *Rhipicephalus microplus* (Εικόνα 10) είναι μέλος της οικογένειας *Ixodidae* (σκληροί κρότωνες). Αυτός ο κρότωνας ήταν γνωστός στο παρελθόν ως *Boophilus microplus* εντούτοις, πρόσφατα εντάχθηκε στο υπογένος του γένους *Rhipicephalus*. Προσβάλλει κυρίως τις αγελάδες, τα ελάφια και τα βουβάλια, όμως μπορεί να βρεθεί σε άλογα, κατσίκες, πρόβατα, σκύλους, γουρούνια και κάποια άγρια ζώα (CFSPH, 2007).



Εικόνα 10. Αρσενικό (A) και θηλυκό (B) του *Rhipicephalus microplus*. Δεξιά φαίνεται θηλυκό που έχει φάει (Πηγή: The University of Edinburgh).

Το *R. microplus* μπορεί να βρεθεί σε υποτροπικές και τροπικές περιοχές. Αυτός ο κρότωνας είναι ενδημικός στην περιοχή της Ινδίας, ένα μεγάλο μέρος της τροπικής και υποτροπικής Ασίας, της βορειοανατολικής Αυστραλίας, της Μαδαγασκάρης, της νοτιοανατολικής Αφρικής, των Θαλασσών της καραϊβικής και πολλών χωρών στη νότια-Κεντρική Αμερική και του Μεξικού. Στις ΗΠΑ έχει εξοντωθεί, ίσως όμως να υπάρχει ακόμα στο Τέξας. Για την αποφυγή επανεισαγωγής από το Μεξικό έχει δημιουργηθεί μια ζώνη καραντίνας κατά μήκος των μεξικάνικων συνόρων (CFSPH, 2007).

Το *R. microplus* προκαλεί σημαντικά προβλήματα σε χώρες με ιδιαίτερα ανεπτυγμένη την κτηνοτροφία. Εκτεταμένη χρήση χημικών για την αντιμετώπισή του έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε μια πλειάδα δραστικών ουσιών. Υπάρχουν τουλάχιστον δύο μηχανισμοί ανθεκτικότητας στα πυρεθροειδή: τροποποίηση των διόδων νατρίου (μειωμένη συγγένεια με τη θέση στόχο) και αποτοξικοποίηση με τη δράση μιας εστεράσης (Guerrero et al., 2002), ενώ αναφέρεται ότι υπάρχει και άλλος ένας Crampton et al., 1999). Αυτός ενδέχεται να είναι η μειωμένη περατότητα, κάτι που βρέθηκε να ισχύει για το *cypermethrin* (Nolan, 1985). Στην ίδια εργασία παρατηρήθηκε αυξημένη υδρόλυση από μια εστεράση των πυρεθροειδών *permethrin* και *cypermethrin* ως μηχανισμός αποτοξικοποίησης.

Αναφορικά με τα οργανοφωσφορικά (ΟΦ), σε βιοδοκιμές με ανθεκτικά και ευαίσθητα άτομα διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της δράσης εστεράσεων και οξειδάσεων, ακόμη και σε δείγματα από την ίδια περιοχή (Villarino et al., 2002). Επίσης, η τροποποίηση της δομής της ακετυλοχολινεστεράσης έχει αναφερθεί σαν μηχανισμός ανθεκτικότητας στα ΟΦ (Nolan, 1985).

Η ανθεκτικότητα στα ΟΦ στο Μεξικό αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '80, ενώ στα πυρεθροειδή, τα οποία επιστρατεύτηκαν για να αντιμετωπίσουν την αδυναμία των ΟΦ, στις αρχές του '90. Σύντομα παρουσιάστηκαν στελέχη ανθεκτικά τόσο στα ΟΦ, όσο και τα πυρεθροειδή. Το *amitraz* εμφανίστηκε την ίδια εποχή με τα πυρεθροειδή, με μικρή όμως εφαρμογή. Ήρθε πάλι στο προσκήνιο για να αντιμετωπίσει τα στελέχη που ήταν ανθεκτικά και στις δύο ομάδες ακαρεοκτόνων. Το 2001 βρέθηκαν για πρώτη φορά ανθεκτικά στελέχη στο *amitraz*, ακολούθησαν και άλλες περιπτώσεις. Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας στο *amitraz* σχετίζεται με μεταλλάξεις στους δέκτες οκτοπαμίνης του νευρικού συστήματος, αν και δε μπορεί

να αποκλειστεί και η πιθανότητα μεταβολισμού αυτού από τα ανθεκτικά στελέχη (Li, et al., 2005).

Πρόσφατα στην Αργεντινή έγιναν πειράματα με πυρεθροειδή και οργανοφωσφορικά ακαρεοκτόνα. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι υπάρχει σημαντική ανθεκτικότητα στα πυρεθροειδή *cypermethrin* και *deltamethrin*, ενώ διαπιστώθηκε ανερχόμενη ανθεκτικότητα στο οργανοφωσφορικό *chloryrifhos*. Στην Αργεντινή γίνεται χρήση κυρίως πυρεθροειδών και οργανοφωσφορικών ακαρεοκτόνων για την αντιμετώπιση του προβλήματος, ενώ ακολουθούν το amitraz και οι μακροκυκλικές λακτόνες. Γενικά, δε φαίνεται να αναπτύσσεται εύκολα ανθεκτικότητα στο amitraz, ενώ η ήδη διαπιστωθείσα από το 1963 ανθεκτικότητα στα οργανοφωσφορικά αντιμετωπίστηκε με τα πυρεθροειδή και τις φορμαμιδίνες. Ανθεκτικότητα στα πυρεθροειδή τη δεκαετία του '90 οδήγησε σε χρήση μακροκυκλικών λακτόνων, ανθεκτικότητα στις οποίες περιγράφηκε για πρώτη φορά το 2000. Επιστροφή στη χρήση των οργανοφωσφορικών θα οδηγήσει σίγουρα σε ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε λιγότερο από μια 10ετία (Mendes et al., 2007).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Ελληνική

- Δεμέτζος, Ν., 2005. Πρόληψη και αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας του δάκου της ελιάς στα εντομοκτόνα. Πτυχιακή Μελέτη, ΤΕΙ Κρήτης. Σελίδες 84.
- Ζιώγας, Β. και Μάρκογλου Α., 2007. Γεωργική Φαρμακολογία. Έκδοση των ιδίων. Σελίδες 836.
- Ροδιτάκης, Ε., Αλυσσανδράκης, Ε, Καλαϊτζάκη, Σ. και Καπετανάκης Ε., 2008. Μέθοδοι και μέσα αντιμετώπισης φυτοπαράσιτων. ΤΕΙ Κρήτης, Σελίδες 88.
- Βόντας Γιάννης & Τσαγκαράκου Αναστασία 2005. Η μοριακή βάση της ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα: το παράδειγμα του δάκου της ελιάς *Bactrocera oleae* και του φυτοφάγου ακάρεος *Tetranychus urticae*.

B. Ξενόγλωσση

- Abed. T. and Ducos de Lahitte, J. (1993). Determination de la DL₅₀ de l' amitraze et de coumaphos sur *Varroa jacobsoni* Oud au moyen des acaricides Anti-varroa (Schering) et Perizin (Bayer). [Absrtact] *Apidologie*, 24: 121-128.
- Ballantyne, G. H. and Harrison, R. A., 1967. Genetic and biochemical comparisons of organophosphate resistance between strains of spider mites (*Tetranychus* species: Acari). *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 10: 231--239.
- Crampton, A. L., Green, P., Baxter, G. D. and Barker, S. C. (1999). Monooxygenases play only a minor role in resistance to synthetic pyrethroids in the cattle tick, *Boophilus microplus*. *Experimental and Applied Acarology*, 23: 897-905.
- Dittrich, V., 1963. Investigations on OP-resistance of two genetically differing populations of *Tetranychus Urticae* K. *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 6: 10--20.
- Grosscurt, A. C., Wixley, R. A. J. and Haar, M. (1994). Cross-resistance between flucycloxuron, clofentezine and hexyhtiazox in *Panonychus ulmi* (fruit tree red spider mite). *Experimental and Applied Acarology*, 18: 445-458.

- Guerrero, F. D., Pruettt, J. H. and Li, A. Y. (2002). Molecular and biochemical diagnosis of esterase-mediated pyrethroid resistance in a Mexican strain *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 28: 257-264.
- Herrona, G. A., Edgea, V. E., Wilsonb, L. J. and Rophail, J., 1998. Organophosphate resistance in spider mites (Acari: Tetranychidae) from cotton in Australia. *Experimental & Applied Acarology*, 22: 17–30.
- Hillesheim, E., Ritter, W. and Bassand, D. (1996). First data on resistance mechanisms of *Varroa jacobsoni* (OUD.) against tau-fluvalinate. *Experimental and Applied Acarology*, 20: 283-296.
- Li, A. Y., Davey, R. B., Miller, R. J. and George, J. E. (2005). Mode of inheritance of amitraz resistance in a Brazilian strain of the southern cattle tick, *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 37: 183-198.
- Martin, S. J., Elzen, P. J. and Rubink, W. R. (2002). Effect of acaricide resistance on reproductive ability of the honey bee mite *Varroa destructor*. *Experimental and Applied Acarology*, 27: 195-207.
- Mendes, M. C., Pereira, J. R. and Prado, A. P. (2007). Sensitivity of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) to pyrethroids and organophosphate in farms in ta Vale do Paraíba region, São Paulo, Brazil. *Arquivo Do Instituto Biologico*, 74: 81-85.
- Milani, N. (1995). The resistance of *Varroa jacobsoni* Oudemans to pyrethroids: a laboratory assay. *Apidologie*, 26: 415-429.
- Milani, N. (1995). The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud. to acaricides. *Apidologie*, 30: 229-234.
- Mozes-Koch, R., Slabezki, Y., Efrat, H., Kalev, H., Kamer, Y., Yakobson, B. A. and Dag, A. (2000). First detection in Israel of fluvalinate resistance in the varroa mite using bioassay and biochemical methods. *Experimental and Applied Acarology*, 24: 35-43.
- Milani, N. and Della Vedova, G. (2002). Decline in the proportion of mites resistant to fluvalinate in a population of *Varroa destructor* not treated with pyrethroids. *Apidologie*, 33: 417-422.
- Nolan, J. (1985). Mechanisms of resistance to chemicals in arthropods parasites of veterinary importance. *Veterinary Parasitology*, 18: 155-166.

- Overmeer, W. P. J., Van Zon, A. Q. and Helle, W., 1975. The stability of acaricide resistance in spider mite (*Tetranychus urticae*) populations from rose houses. *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 18: 68-74.
- Pree, D. J., Whitty, K. J. and Van Driel, L. (2005). Baseline susceptibility and cross resistance of some new acaricides in the European red mite, *Panonychus ulmi*. *Experimental and Applied Acarology*, 37: 165-171.
- Reissig, W. H. and Hull, L. A. (1991). Hexythiazox resistance in a field population of European red mite (Acari: Tetranychidae) on apples. *Journal of Economic Entomology*, 84: 727-735.
- Sato, M. E., Da Silva, M. Z., Raga, A. and De Souza Filho, M. F. 2005. Abamectin Resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): Selection, Cross-Resistance and Stability of Resistance. *Neotropical Entomology*, 34(6): 991-998.
- Symington, S. B., Frisbie, R. K. and Clark, J. M., 2008. Characterization of 11 commercial pyrethroids on the functional attributes of rat brain synaptosomes. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 92:61–69.
- Thwaite, W. G. (1991). Resistance to clofentezine and hexythiazox in *Panonychus ulmi* from apples in Australia. *Experimental and Applied Acarology*, 11: 73-80.
- Villarino, M. A., Gale Wagner, G. and George, J. E. (2002). *In vitro* detection of acaricide resistance in *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 28: 265-271.
- Watkins, M. (1996). Resistance and its relevance to beekeeping. *Bee World*, 77: 15-22.

Γ. Δικτυακοί τόποι

- Bayer Ελλάς. Εχθροί Αγλαδιάς: κόκκινος τετράνυχος, *Panonychus ulmi*. Διαθέσιμο on-line: http://www.bayercropscience.gr/index.asp?a_id=210&sel1=sell1a,21,73&sel2=sell2a,1&asth_id=252. Τελευταία πρόσβαση: Αύγουστος 2009.
- CFSPH, 2007. *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. The Center for Food Security & Public Health, Iowa State University. Διαθέσιμο on-line: http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/pdfs/boophilus_microplus.pdf. Τελευταία πρόσβαση: Αύγουστος 2009.

- The University of Edinburgh. The Tick Collection. Διαθέσιμο on-line: http://images.google.gr/imgres?imgurl=http://www.nhc.ed.ac.uk/images/collections/ticks/hard/image017.jpg&imgrefurl=http://www.nhc.ed.ac.uk/index.php%3Fpage%3D24.25.119&usg=__hMA9yMu188DTvVqaJ2qoIDZJq0Y=&h=200&w=234&sz=4&hl=el&start=2&um=1&tbnid=nCI23QeT2BN0fM:&tbnh=93&tbnw=109&prev=/images%3Fq%3DRhipicephalus%2Bmicroplus%26hl%3Del%26sa%3DN%26um%3D1. Τελευταία πρόσβαση: Αύγουστος 2009.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΦΥΤΟΦΑΓΑ ΑΚΑΡΕΑ

Μηλοειδή

Είδος	Ξενιστής	Τι προσβάλλει	Συμπτώματα και σημεία
<i>Panonychus ulmi</i>	Μηλιά , αχλαδιά	Κάτω μεριά φύλλων	Τα φύλλα αποκτούν φαιό και στιλπνό χρώμα
<i>Epitrimerus pyri</i>	αχλαδιά	Νέα βλάστηση και καρπούς	Δημιουργεί υπόφαιες κηλίδες που αργότερα καταλαμβάνουν όλο το φυτό
<i>Aculus schlechedali</i>	μηλιά	Νέα βλάστηση και φύλλα	δημιουργεί φαιές κηλίδες και προσκαλεί συστροφή των φύλλων (καρούλιασμα)

Πυρηνόκαρπα

Είδος	Ξενιστής	Τι προσβάλλει	Συμπτώματα και σημεία
<i>Panonychus ulmi</i>	Κεράσια , ροδακινιά , αμυγδαλιά , δαμασκηλιά	Κάτω μεριά φύλλων	Τα φύλλα αποκτούν φαιό και στιλπνό χρώμα
<i>Aculus fockeui</i>	Κερασιά , ροδακινιά , αμυγδαλιά , δαμασκηλιά	Φαλλική επιφάνεια	δημιουργεί μια αργύρωση και προκαλεί συστροφή των φύλλων (καρούλιασμα)
<i>Tetranychus urticae</i>	βερικοκιά	Κάτω μεριά φύλλων	Τα φύλλα αποκτούν φαιό και στιλπνό χρώμα
<i>Acalitus phloeocoptes</i>	Δαμασκηλιά	Ουλές φλοιού και οφθαλμούς	Ανώμαλη ανάπτυξη νέων βλαστών και φύλλων

Εσπεριδοειδή

Είδος	Ξενιστής	Τι προσβάλλει	Συμπτώματα και σημεία
<i>Panonychus citri</i>	Εσπεριδοειδή	Άνω επιφάνεια φύλλων, καρπούς	Χαρακτηριστικός αποχρωματισμός, άνω στους καρπούς υπόφαιες κηλιδώσεις
<i>Tetranychus urticae</i>	Εσπεριδοειδή, και κυρίως η λεμονιά	Κατά αποικίες στην κάτω επιφάνεια των φύλλων	Ελαιοκυτταρώσεις στα φύλλα κατά θέσεις στην πάνω μεριά, ενώ οι καρποί έχουν ίδια συμπτώματα με τον <i>Panonychus citri</i>
<i>Aculops pelekassi</i>	Εσπεριδοειδή	Προσβάλλει την νέα βλάστηση, τα φύλλα στην άνω αλλά και στην κάτω μεριά αλλά και τους καρπούς	Ελαφρά συστροφή και υπόφαιη όψη, ενώ οι καρποί αποκτούν σκουροχρoιες κηλίδες

<i>Eriophyes sheldoni</i>	Εσπεριδοειδή, ιδιαίτερα την λεμονιά	Προσβάλλει φυλλοφόρους και ανθοφόρους οφθαλμούς	Προκαλεί τερατόμορφους, καρπούς και φύλλα με ακανόνιστο σχήμα
---------------------------	-------------------------------------	---	---

Αμπέλι

Είδος	Τι προσβάλλει	Συμπτώματα και σημεία
<i>Panonychus ulmi</i> <i>Eotetranychus carpini vitis</i>	Κάτω μεριά των φύλλων	Προκαλεί αφυδάτωση των φύλλων σαν αποτέλεσμα εμφάνιση υπόφαιων κηλίδων, εν το πρεμνό εμφανίζετε γερασμένο και σκονισμένο
<i>Hystriapalus lewisi</i>	Νέα βλάστηση, φύλλα αλλά και τη σταφύλη	Ξεκινά σαν υπόφαιες κηλιδώσεις και στην συνέχεια μετατρέπονται σε εσχαρώσεις
<i>Colomerus vitis</i>	Προσβάλλει τα φύλλα αλλά και τους οφθαλμούς	Προκαλεί την επονομαζόμενη «ερίνωση» της αμπέλου, εμφανίζει κοιλότητες και φλύκταινες στην κάτω μεριά των φύλλων, ενώ στους οφθαλμούς προκαλεί παραμόρφωση

Ελιά

Είδος	Τι προσβάλλει	Συμπτώματα και σημεία
<i>Eriophyes oleae</i> <i>Aculus olearius</i> <i>Oxycenus maxwelli</i> <i>Tegolophus hassani</i>	Νέα βλάστηση και φύλλα	Προκαλεί κηλιδώσεις που μπορούν να προκαλέσουν φυλλόπτωση και ανθόρια

Κηπευτικά

Είδος	Ξενιστής	Τι προσβάλλει	Συμπτώματα και σημεία
<i>Tetranychus urticae</i>	Όλα τα κηπευτικά	Κάτω μεριά των φύλλων	Προκαλεί αφυδάτωση των φύλλων σαν αποτέλεσμα εμφάνιση χλωρωτικών κηλίδων
<i>Aculops lycopersiki</i>	Ντομάτα Μελιτζάνα Πατάτα Πιπεριά,	Όλα τα πράσινα μέρη του φυτού, άνθη και καρπούς	Συστροφή φύλλων, στιλπνή όψη των βλαστών, ανώμαλη ανάπτυξη καρπών ενώ σε έντονη προσβολή έχουμε ολική κάλυψη του φυτού
<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Πιπεριά	Ακραία βλάστηση, άνθη και καρπούς	Κακή ανάπτυξη φυτών «νάνα φυτά» κακή ανάπτυξη καρπών και προκαλεί συστροφή φύλλων

Ανθοκομικά

Είδος	Ξενιστής	Τι προσβάλλει	Συμπτώματα και σημεία
<i>Tetranychus urticae</i>	ανθοκομικά	Κάτω μεριά των φύλλων	Προκαλεί αφυδάτωση των φύλλων σαν αποτέλεσμα εμφάνιση χλωρωτικών κηλίδων και πρόωρη γήρανση των φύλλων
<i>Steneotarsonemus pallidus</i>	ανθοκομικά	Ακραία βλάστηση, άνθη και φύλλα	Κακή ανάπτυξη ανθέων ,συστροφή φύλλων και γενικότερα κακή ανάπτυξη του φυτού
<i>Rhizoglyphus echinopus</i>	Βολβοειδή ανθοκομικά	Βολβούς και κονδύλους	Πολτοποίηση βολβών και κονδύλων της καλλιέργειας
<i>Eriophyes dianthi</i>	Γαρυφαλιά και αλλά ανθοκομικά	Τα φύλλα στην πάνω και κάτω αλλά και τα άνθη	Προκαλεί αποχρωμάτιζες κηλίδες που μπορεί να καλύψουν και όλο το φύλλο, αλλά και να προκαλέσει και ακανόνιστη ανάπτυξη των φύλλων
<i>Cosetacus camelliae</i>	καμέλια	Φύλλα και μπουμπούκια	Έντονες καφετί κηλιδώσεις

Διάφορα

Είδος	Ξενιστής	Τι προσβάλλει	Συμπτώματα και σημεία
<i>Panonychus ulmi</i>	Καρυδιά	Κάτω μεριά των φύλλων	Τα φύλλα αποκτούν φαιό και στιλπνό χρώμα που οφείλετε σε αφυδάτωση των ιστών
<i>Eriophyes tristriatus</i>		Τα φύλλα και τους νεαρούς καρπούς	Δημιουργεί κηλίδες στις οποίες και πολ/ζετε που καλύπτουν μεγάλη επιφάνια του φυτού
<i>Eriophyes erineus</i>		Κάτω μεριά φύλλων	Δημιουργεί φλύκταινες και κοιλώματα προκαλώντας την επονομαζόμενη «ερίνωση» της καρυδιάς
<i>Phytocoptella avellanae</i>	Φουντουκιά	Οφθαλμούς	Σε μεγάλη προσβολή νεκρώνει οφθαλμούς που προκαλούν κακή ανάπτυξη βλαστών με αποτέλεσμα κακή ανάπτυξη του φυτού
<i>Tetranychus urticae</i>	ακτινίδια	Κάτω μεριά φύλλων	Προκαλεί αφυδάτωση των φύλλων σαν αποτέλεσμα τα φύλλα να αποκτούν μια στιλπνή όψη
<i>Tetranychus urticae</i>	Συκιά	Κάτω μεριά φύλλων	Προκαλεί αφυδάτωση των φύλλων σαν αποτέλεσμα τα φύλλα να αποκτούν μια στιλπνή όψη
<i>Eriophyes ficus</i>	Συκιά	Κάτω μεριά των φύλλων	Δεν προκαλεί μεγάλες ζημιές αλλά είναι κύριος υπεύθυνος για την

			μεταφορά του «ιού του μωσαϊκού της συκιάς»
--	--	--	---