



Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ
ΓΕΩΡΓΙΑ-ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΜΠΟΥΚΛΑΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΔΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2008

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ

Η προστασία των καλλιεργούμενων φυτών από τους εχθρούς τους στηρίζεται μέχρι σήμερα στη χημική αντιμετώπιση παρ' όλες τις αξιόλογες προσπάθειες που έχουν γίνει για την ανάπτυξη άλλων αυτοτελών μη χημικών μέσων. Η χημική μέθοδος έχει σημαντική συμβολή στην αύξηση της γεωργικής παραγωγής αλλά έχει δημιουργήσει και σοβαρά προβλήματα, άμεσα ή έμμεσα, στο περιβάλλον. Η σύγχρονη τάση στην αντιμετώπιση των εχθρών των καλλιεργειών είναι να περιορίζεται η εκτατική και εντατική εφαρμογή των τοξικών χημικών ουσιών. Σημαντική πρόοδος προς την κατεύθυνση αυτή έχει επιτελεστεί στον τομέα των Γεωργικών Προειδοποιήσεων, καθώς επίσης στον τομέα παραγωγής φυτοπροστατευτικών προϊόντων με βελτιωμένες βιολογικές ιδιότητες. Νέα προϊόντα όπως είναι οι ρυθμιστές ανάπτυξης των εντόμων υποκαθιστούν σταδιακά τα ευρέως φάσματος φυτοπροστατευτικά προϊόντα και η χρησιμοποίησή τους αναμένεται ότι θα αυξηθεί.

Στην εισήγηση αυτή γίνεται μία σύντομη ανασκόπηση στο θέμα της χημικής αντιμετώπισης των εχθρών των καλλιεργούμενων φυτών και στις διαγραφόμενες προοπτικές της για το μέλλον.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αριθμός των επιζήμιων εχθρών των καλλιεργειών υπολογίζεται σε 10.000 σ' ολόκληρο τον κόσμο και σε 1000 στην Ευρώπη. Απ' αυτούς, η συντριπτική πλειοψηφία είναι έντομα και ακάρεα. Στην Ελλάδα οι κυριότεροι εχθροί δεν υπερβαίνουν τους 350

Οι ετήσιες απώλειες της παγκόσμιας γεωργικής παραγωγής που προκαλούνται από τα έντομα, τις ασθένειες και τα ζιζάνια είναι πολύ μεγάλες. Σύμφωνα με στοιχεία του FAO οι απώλειες αυτές είναι μεγαλύτερες από 40% της παραγωγής, ενώ τις μεγαλύτερες ζημιές

φαίνεται να προκαλούν τα έντομα. Οι ζημιές είναι πολύ πιο σημαντικές στις Ασιατικές χώρες συγκριτικά με την Ευρώπη (Ασία 43%, Ευρώπη 25%).

Στη χώρα μας οι επικρατούσες εδαφοκλιματολογικές συνθήκες επιτρέπουν την καλλιέργεια μιας μεγάλης ποικιλίας φυτών, ενώ παράλληλα ευνοούν την ανάπτυξη και δραστηριότητα πολλών επιβλαβών εντόμων με αποτέλεσμα η φυτική παραγωγή να υφίσταται σημαντικές ζημιές.

Η προστασία της φυτικής παραγωγής, επομένως, είναι βασική προϋπόθεση για την αύξηση της γεωργικής παραγωγής και τον κανονικό εφοδιασμό της αγοράς με γεωργικά προϊόντα.

Η προστασία των καλλιεργειών από τους διάφορους ζωικούς εχθρούς μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, μεθόδους και μέσα.

Μέχρι και σήμερα στη χώρα μας, η προστασία των καλλιεργούμενων φυτών από τους πάσης φύσεως εχθρούς τους, στηρίζεται στη χημική αντιμετώπιση των εχθρών αυτών με τη χρησιμοποίηση διαφόρων φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Εκτός της χημικής, χρησιμοποιούνται δευτερεύοντος και άλλες μέθοδοι, όπως Π.χ. η βιολογική, ενώ τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την επίλυση πολλών βιολογικών και οικολογικών προβλημάτων των εντόμων δοκιμάζονται σύγχρονες βιοτεχνολογικές μέθοδοι

Στην παρούσα εργασία θα αναφερθούμε συνοπτικά στο θέμα της χημικής αντιμετώπισης των εχθρών των καλλιεργούμενων φυτών και στις διαγραφόμενες μελλοντικές προοπτικές.

ΧΗΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Ανάλογα με την κατηγορία των οργανισμών που καταπολεμούν, τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα διακρίνονται σε εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, ακαρεοκτόνα, νηματωδοκτόνα, κ.ά.

Σήμερα οι δραστικές ουσίες των φυτοπροστατευτικών προϊόντων είναι περίπου 700, ενώ τα σκευάσματά τους γύρω στα 10.000.

Οι Η.Π.Α σε κατανάλωση κατέχουν την πρώτη θέση με 45% έναντι 25% της Ευρώπης, 12% της Ιαπωνίας και 13% των αναπτυσσόμενων χωρών. Από το 1970 ελαττώνεται σταθερά ο αριθμός των εισαγομένων στην αγορά εντομοκτόνων, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του 90 σημειώθηκε μείωση στις πωλήσεις εντομοκτόνων (σε αξία) σε ορισμένες χώρες της Δ. Ευρώπης .

Στην Ελλάδα φαίνεται ότι τα εντομοκτόνα έχουν μειωθεί ελαφρά κατά τα τελευταία χρόνια, ενώ τα ζιζανιοκτόνα εμφανίζουν μία συνεχή αύξηση

Για πολλές δεκαετίες τα χημικά μέσα που είχε ο άνθρωπος στη διάθεσή του ήταν εντομοκτόνα γι' αυτό ακόμη και σήμερα, χημική καταπολέμηση των εντόμων εννοούμε τη χρησιμοποίηση εντομοκτόνων ουσιών, δηλαδή ουσιών που έχουν καθορισμένη και σχετικά μεγάλη εντομοτοξική δράση και σκοτώνουν τα έντομα μέσα σε λίγες το πολύ ημέρες ή ακόμη μέσα σε λίγες ώρες.

Τα τελευταία όμως 40-45 χρόνια εκτός από τα εντομοκτόνα χρησιμοποιήθηκαν και άλλες ουσίες είτε μόνες τους είτε σε συνδυασμό με εντομοκτόνα, οι οποίες δεν σκοτώνουν τα έντομα γρήγορα αλλά προκαλούν σ' αυτά αντιδράσεις ή βλάβες που καταλήγουν άμεσα ή έμμεσα στην καταπολέμηση. Στις ουσίες αυτές ανήκουν στερωτικές, ανασχετικές της ανάπτυξης ή άλλης ορμονικής δράσης ουσίες, ανταγωνιστές ορμονών, αντιμεταβολίτες, ελκυστικές,

απωθητικές, φερομόνες και παραφερομόνες και γενικά ουσίες που μπορούν να επηρεάσουν τη συμπεριφορά, τη φυσιολογία και την εξέλιξη του πληθυσμού των βλαβερών εντόμων.

Ανάλογα με τη χημική τους κατηγορία τα δρώντα συστατικά των εντομοκτόνων διακρίνονται σε οργανοχλωριωμένα, οργανοφωσφορικά, καρβαμιδικά, τριαζίνες, πυρεθροειδή κ.α.

Με κριτήριο τη θέση και τον τρόπο εισόδου τους στο έντομο, τα εντομοκτόνα διακρίνονται σε πεπτικού συστήματος δηλαδή στομάχου ή κατάποσης (π.χ. ανόργανα εντομοκτόνα, *Bacillus thuringiensis*), επαφής (τα περισσότερα οργανικά εντομοκτόνα και κυρίως τα συνθετικά), διασυστηματικά (π.χ. aldicarb, dimethoate, formothion, phosphamidon, κ.ά.) και ασφυκτικά (βρομιούχο μεθύλιο, φωσφίνη κ.ά.).

Η αντιμετώπιση των εντόμων με χημικά μέσα άρχισε τον 19^ο αιώνα και μέχρι το 1940 χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ανόργανες ενώσεις, στη συνέχεια όμως άρχισε η αλματώδης ανάπτυξη των οργανικών χημικών ενώσεων με εντομοκτόνες ιδιότητες.

Ανόργανα εντομοκτόνα

Τα εντομοκτόνα αυτά αποτελούσαν τα κύρια μέσα χημικής Καταπολέμησης εντόμων πριν από τον Β Παγκόσμιο Πόλεμο και κατά τη διάρκειά του. Ακόμα σε χρήση ήταν τα ορυκτέλαια και ορισμένα εντομοκτόνα φυτικής προέλευσης, όπως η νικοτίνη, η ροτενόνη, το πύρεθρο, κ.ά.

Εναντίον εντόμων γεωργικής σημασίας χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ενώσεις του αρσενικού. Ειδικότερα ο αρσενικός μόλυβδος χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα. τόσο διεθνώς, όσο και στη χώρα μας ως εντομοκτόνο στομάχου σε ψεκασμούς φυλλώματος εναντίον πολλών εντόμων (καρπόκαψες, ευδεμίδα, ρόδιος σκώληκας, ωπιόρρυγχους, κ.ά.). Το αρσενικό νάτριο χρησιμοποιήθηκε για πολλά χρόνια μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '60 σε συνδυασμό με τη μελάσα σε

δολωματικούς ψεκασμούς εναντίον του δάκου της ελιάς. Ως εντομοκτόνα στομάχου χρησιμοποιήθηκαν επίσης ενώσεις του φθορίου, όπως το φθοριούχο νάτριο ως σκόνη επίπασης εναντίον κατσαρίδων και μυρμηγκιών. Οι φθοριούχες ενώσεις είναι αθροιστικά δηλητήρια και σε πολλές χώρες η χρήση τους στη γεωργία έχει απαγορευτεί, όπως εξάλλου και των περισσότερων αρσενικούχων ενώσεων.

Αλλά εντομοκτόνα όπως ο φωσφορούχος ψευδάργυρος έχει περιορισμένη χρήση ως εντομοκτόνο στομάχου με δολώματα εναντίον των κρεμμυδοφάγων και σε αντιπρονυμφικά σπύρτα που παράγουν φωσφίνη, όταν εισαχθούν σε στοές ξυλοφάγων εντόμων. Επίσης το θειασβέστιο για καταπολέμηση κοκκοειδών, το υδροξείδιο του ασβεστίου (σβησμένος ασβέστης) με άσπρισμα των κορμών των δέντρων για προστασία τους από ηλιακά εγκαύματα που διευκολύνουν την εγκατάσταση φλοιοφάγων εντόμων.

Η χρήση των ανόργανων εντομοκτόνων μειώθηκε σταδιακά από τα τέλη του Β' Παγκοσμίου Πολέμου ώστε σήμερα να χρησιμοποιούνται λίγο και εναντίον μόνο ορισμένων ειδών εντόμων όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Εξακολουθούν όμως να χρησιμοποιούνται σε δηλητηριασμένα δολώματα εναντίον βλαβερών πουλιών, τρωκτικών και άλλων ζώων.

Ορυκτέλαια

Τα ορυκτέλαια γενικά είναι εντομοκτόνα επαφής και είναι γνωστά ως "έλαια ψεκασμών". Το χειμώνα και τις αρχές της άνοιξης καταπολεμούν αυγά ακάρεων και εντόμων καθώς επίσης ενήλικα και ανήλικα Κοκκοειδή και ορισμένα άλλα μικρόσωμα Ημίπτερα. Την περίοδο της βλάστησης καταπολεμούν Κοκκοειδή και μικρόσωμα άλλα Ημίπτερα των οικογενειών Psyllidae, Aleurodidae, Aphididae καθώς και Θρίπτες και ακάρεα Tetranychidae.

Η κυριότερη χρήση τους είναι εναντίον Κοκκοειδών και ακάρεων σε καρποφόρα, καλλωπιστικά δέντρα και θάμνους. Τα ορυκτέλαια χρησιμοποιούνται και εναντίον προνυμφών κουνουπιών. Ακόμη συχνά συνδυάζονται με άλλα εντομοκτόνα με σκοπό την καλύτερη καταπολέμηση ενός είδους ή περισσότερων ειδών που δεν καταπολεμούνται με το ένα εντομοκτόνο. Η προσθήκη ορυκτέλαιου σ' ένα ψεκαστικό υγρό άλλου εντομοκτόνου μπορεί να αυξήσει και την υπολειμματική διάρκεια του άλλου εντομοκτόνου ιδιαίτερα όταν αυτό είναι λιποδιαλυτό λόγω μείωσης της ταχύτητας αποδόμησής του.

Τα ορυκτέλαια παρόλο που δεν είναι εκλεκτικά εντομοκτόνα, μπορεί να δώσουν εκλεκτικό αποτέλεσμα σε ορισμένες περιπτώσεις δεδομένου ότι σκοτώνουν κυρίως τα έντομα που βρίσκονται στο φυτό την ώρα του ψεκασμού, ενώ για τα έντομα που θα έρθουν να εγκατασταθούν μετά τον ψεκασμό (π.χ. Υμενόπτερα παράσιτα), η τοξικότητά τους είναι σχετικά μικρή και για ορισμένα είδη μηδαμινή. Κατά συνέπεια, δεν αποκλείεται η δυνατότητα ένταξης των ορυκτελαίων σ' ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης καταπολέμησης κοκκοειδών και ορισμένων άλλων εντόμων και ακάρεων που ζημιώνουν τα σπρωφόρα δέντρα .

Μέχρι σήμερα δεν αναφέρεται ανάπτυξη ανθεκτικότητας κοκκοειδών ή ακάρεων στα ορυκτέλαια. Τα ορυκτέλαια ψεκασμών θεωρούνται σχετικά ακίνδυνα για τον άνθρωπο και τα κατοικίδια ζώα, ενώ δεν έχουν καθοριστεί ανεκτά όρια υπολειμμάτων τους από καμιά χώρα.

Τα ανόργανα και γενικά τα παραδοσιακά εντομοκτόνα δεν προσέφεραν επαρκή φυτοπροστασία διότι λόγω των φυσικό-χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων τους μειονεκτούσαν σε εντομοτοξική και υπολειμματική δράση με αποτέλεσμα να απαιτούνται πολλές και αντιοικονομικές επεμβάσεις.

Η προστασία των φυτών από τους εχθρούς τους και ιδιαίτερα από τα έντομα απέκτησε μεγάλη σημασία και βρήκε (μεγάλη) εφαρμογή μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου με την

ανάπτυξη των συνθετικών οργανικών χημικών ενώσεων με εντομοκτόνες, μυκητοκτόνες, ζιζανιοκτόνες κλπ. ιδιότητες.

Συνθετικά οργανικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα

1. Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες

Το DDT ήταν το πρώτο της κατηγορίας αυτής που χρησιμοποιήθηκε για τις εντομοκτόνες ιδιότητές του. Το εντομοκτόνο αυτό συντέθηκε το 1939 και χάρις την υψηλή εντομοτοξική και μακρά υπολειμματική δράση του χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα κατά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου για την καταπολέμηση όχι μόνο γεωργικών και δασικών εντόμων αλλά και εναντίον εντόμων κατοικιών και εντόμων που μετέδιδαν την ελονοσία και τον τύφο.

Στη δεκαετία του 40 και αργότερα, συντέθηκαν και τα άλλα οργανοχλωριωμένα παράγωγα όπως τα: εξαχλωροκυκλοεξάνιο (HCH), methoxychlor, toxaphene, endosulfan, chlordane, aldrin, dieldrin, τα ακαρεοκτόνα dicofof, chlorobenzilate κ.ά., τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για δύο δεκαετίες περίπου εναντίον επιβλαβών εντόμων των καλλιεργειών όπως η ευδεμίδα, ο ρόδινος σκώληκας, καρπόκαψες και άλλα έντομα. Το dieldrin χρησιμοποιήθηκε κυρίως εναντίον εντόμων και ακάρεων υγειονομικής σημασίας, ακρίδων και εντόμων κατοικιών, το aldrin και heptachlor κυρίως εναντίον εντόμων εδάφους (Elateridae, Scarabaeidae κ.ά.). Το HCH χρησιμοποιήθηκε εναντίον εντόμων εδάφους καθώς και διαφόρων εντόμων του υπέργειου τμήματος των φυτών, το toxaphene και το endosulfan εναντίον εντόμων φυλλώματος και το methoxychlor, που είναι το λιγότερο τοξικό της κατηγορίας αυτής σε θερμόαιμα και δεν είναι αθροιστικό, χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε κτηνοτροφικά φυτά.

Τα αποτελέσματα της καταπολέμησης των εχθρών των καλλιεργειών με τα εντομοκτόνα αυτά ήταν θεαματικά. Με τη χρήση

τους όμως άρχισαν να δημιουργούνται σημαντικές παρενέργειες με τη διατάραξη του οικολογικού συστήματος της περιοχής που εφαρμόζοντο και την ανάπτυξη ανθεκτικότητας εντόμων σ' αυτά. Τα πιο πολλά εμφανίζουν μεγάλη σταθερότητα στο περιβάλλον και αθροιστικές ιδιότητες στο λιπώδη ιστό των εντόμων και άλλων ζωικών οργανισμών με αποτέλεσμα να δημιουργούν κινδύνους για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Έτσι η χρήση των πιο επικίνδυνων εντομοκτόνων της ομάδας αυτής έχει απαγορευτεί σε πολλές χώρες του κόσμου, όπως και στην Ελλάδα από το 1973, ενώ ορισμένων άλλων επιτρέπεται με περιορισμούς.

2. Οργανοφωσφορικές ενώσεις

Οι οργανοφωσφορικές ενώσεις ή οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα είναι εστέρες του φωσφορικού οξέος και έχουν κυρίως εντομοκτόνο και ακαρεοκτόνο δράση. Το Pestox 3H ή Schradan ήταν το πρώτο που συντέθηκε το 1941 και στη συνέχεια το παραθείο (Folidol) του οποίου η χρήση άρχισε το 1944.

Τα οργανοφωσφορικά είναι εντομοκτόνα κυρίως επαφής, ορισμένα δε είναι και διασυστηματικά. Τα περισσότερα είναι πολυδύναμα, με ευρύ φάσμα εντομοτοξικότητας. Η υπολειμματική τους διάρκεια είναι μικρή ως σχετικά μεγάλη. Τα περισσότερα είναι λιγότερο σταθερά και περισσότερο πτητικά από τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες. Δεν αθροίζονται στο λιπώδη ιστό ή στο έδαφος, όμως τα περισσότερα είναι υψηλός λιποδιαλυτά, ενώ όσα έχουν διασυστηματική δράση είναι και υδατοδιαλυτά.

Στην αντιμετώπιση των εντόμων απεδείχθησαν δραστικά και αποτελεσματικά εναντίον πολλών εντόμων, όπως αφίδων, θριπών, κοκκοειδών, προνυμφών Λεπιδοπτερών, φυτοφάγων ακάρεων, διπτερών (δάκος, μύγα της Μεσογείου, μύγα κερασιών, σε ψεκασμούς καλύψεως ή δολωματικούς), φυλλορυκτών και άλλων. Ορισμένα είναι εκλεκτικά, δηλαδή έχουν μικρή τοξικότητα για

πολλά αρπακτικά ακάρεα και μερικά εντομοφάγα και ακαρεοφάγα έντομα (π.χ. το phosmet), ή μπορούν να δράσουν εκλεκτικά όταν χρησιμοποιηθούν κατάλληλα. Γι' αυτό είναι παραδεκτά και ταιριάζουν σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης.

Η οξεία τοξικότητα των περισσοτέρων οργανοφωσφορικών για τα θερμόαιμα είναι μεγάλη. Ορισμένα όμως επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν σε στάβλους και κατοικίες (diazinon, dichlorvos, fenitrothion, tetrachlorvinphos) και άλλα όπως το malathion που είναι από τα λιγότερο βλαβερά στον άνθρωπο χρησιμοποιούνται στο δέρμα του εναντίον εκτοπαρασίτων όπως ψειρών.

3. Καρβαμιδικές ενώσεις

Τα καρβαμιδικά είναι παράγωγα ενώσεις του καρβαμιδικού οξέος και χρησιμοποιούνται από το 1951. Η σύνθεσή τους αποσκοπούσε στο να αναπληρώσουν τα οργανοφωσφορικά στα οποία ανέπτυξαν ανθεκτικότητα ορισμένα έντομα ή όσα μειονεκτούσαν στην αντιμετώπιση ειδών, Π.χ. εντόμων εδάφους.

Το πρώτο της κατηγορίας αυτής που χρησιμοποιήθηκε στην Ευρώπη ήταν το Isolal, ένα εντομοκτόνο αποτελεσματικό εναντίον αφίδων και άλλων μυζητικών εντόμων. Ακολούθησε το carbaryl (Sevin) που έτυχε ευρύτατης εφαρμογής σε ετήσιες και δεντρώδεις καλλιέργειες (εναντίον της ευδεμίδας, της καρπόκαψας κ.ά.) και στη συνέχεια τα methomyl, aldicarb, carbofuran.

Η οξεία από του στόματος τοξικότητά τους για τα θερμόαιμα ποικίλλει από πολύ μεγάλη (aldicarb, carbofuran) σε μέτρια (carbaryl). Ορισμένα όπως τα carbaryl και carbofuran είναι πολύ μελισσοτοξικά. Τα καρβαμιδικά εντομοκτόνα δεν έχουν δυσάρεστη οσμή και διαρκούν αρκετά σε ψεκασμένες επιφάνειες. Τα περισσότερα είναι εντομοκτόνα επαφής, ενώ τα aldicarb, carbofuran και methomyl είναι διασυστηματικά. Το aldicarb επιτρέπεται μόνο στο έδαφος πριν από τη σπορά ή φύτευση και σε λίγες περιπτώσεις λίγο μετά το φύτευμα. Το carbofuran χρησιμοποιείται κυρίως εναντίον

εντόμων εδάφους και έχει ικανοποιητική αποτελεσματικότητα εναντίον των νηματωδών. Νεότερα όπως το Pirimor (pirimicarb) συστήνονται για αφίδες ανθεκτικές στα οργανοφωσφορικά. Ορισμένα καρβαμιδικά όπως τα carbaryl, ροροχυρ, bendicarb και dioxacarb, επιτρέπονται σε κατοικίες και στάβλους εναντίον μυγών, κατσαρίδων, κουνουπιών κ.ά.

4. Πυρεθροειδή ή Πυρεθρινοειδή

Φυσικά πυρεθροειδή (πυρεθρίνες)

Πρόκειται για τα εντομοτοξικά συστατικά του πυρέθρου. Το *Chrysanthemum cinerariaefolium* είναι το κυριότερο είδος του γένους *Chrysanthemum* που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πυρέθρου. Οι ανθοταξίες του περιέχουν κατά μέσο όρο 1,2% πυρεθρίνες, που είναι ένα μίγμα 4 ή 6 εντομοκτόνων ουσιών.

Οι πυρεθρίνες έχουν μεγάλη εντομοτοξικότητα, γρήγορη εντομοκτόνο δράση και ικανότητα κατάρριψης των εντόμων (knock down), μικρή τοξικότητα για τα θερμόαιμα και μεγάλη χημική αστάθεια στον αέρα και στο φως. Μέσα στον οργανισμό αποικοδομούνται προς μη τοξικές ουσίες. Οι ιδιότητες αυτές καθιστούν τις πυρεθρίνες κατάλληλες για ψεκασμούς χώρου κατοικιών, αποθηκών, στάβλων, κ.α. Χρησιμοποιούνται εναντίον μυγών, κουνουπιών, κοριών, μυρμηγκιών, κατσαρίδων και άλλων εντόμων.

Οι πυρεθρίνες είναι αποτελεσματικές και εναντίον φυλλοφάγων και άλλων φυτοφάγων εντόμων, όμως η αστάθειά τους δεν επέτρεψε ως τώρα να χρησιμοποιηθούν για φυτοπροστασία στο ύπαιθρο.

Συνθετικά πυρεθροειδή

Τα συνθετικά πυρεθροειδή ή πυρεθρινοειδή είναι συνθετικός παραγόμενες χημικές ενώσεις παρόμοιες με τις φυσικές πυρεθρίνες.

Χαρακτηριστικό πολλών συνθετικών πυρεθροειδών είναι η μεγάλη εντομοτοξικότητα σε σχέση με πολλά άλλα οργανικά συνθετικά εντομοκτόνα ευρείας χρήσεως. Σε αντίθεση με τους περισσότερους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες, τα συνθετικά

πυρεθροειδή αποδομούνται μέσα στο σώμα των ζώων προς μη τοξικά προϊόντα. Η τοξικότητά τους για θερμόαιμα είναι μικρότερη από πολλών οργανικών συνθετικών εντομοκτόνων και ιδιαίτερα σε σχέση με την τοξικότητά τους για βλαβερά έντομα.

Τα πυρεθροειδή από πλευράς ιδιοτήτων και χρήσεων κατατάσσονται στα ασταθή και στα σταθερά.

* Τα ασταθή έχουν παρόμοιες με τις πυρεθρίνες ιδιότητες δηλαδή χαρακτηρίζονται από μεγάλη χημική αστάθεια (ιδίως στο φως και παρουσία οξυγόνου), γρήγορη εντομοτοξική δράση, κατάρριψη των εντόμων, και γρήγορη αποδόμηση μέσα στον οργανισμό. Οι χρήσεις τους είναι παρόμοιες με των πυρεθρινών, δηλαδή αφορούν κατοικημένους ή κλειστούς χώρους και έντομα κυρίως κατοικιών, αποθηκών και θερμοκηπίων. Στην ομάδα αυτή ανήκουν οι ουσίες allethrin, bioallethrin, bioresmethrin, resmethrin κ.α. Ορισμένα ασταθή πυρεθροειδή είναι από τα ασφαλέστερα για τον άνθρωπο εντομοκτόνα και χρησιμοποιούνται για εφαρμογή στο δέρμα του εναντίον ψειρών, ψύλλων (π.χ. το bioatlethrin). Άλλα που έχουν μεγαλύτερη από τα λοιπά σταθερότητα σε υψηλή θερμοκρασία και πτητικότητα, όπως τα allethrin, bioallethrin και prothrin, χρησιμοποιούνται σε θερμαινόμενα πλακίδια ή σε καύσιμες σπείρες με σκοπό την αντιμετώπιση εντόμων.

* Τα σταθερά συνθετικά πυρεθροειδή έχουν μεγαλύτερη χημική σταθερότητα και υπολειμματική διάρκεια από τα ασταθή. Έχουν ευρύ φάσμα εντομοτοξικότητας και δρουν ως εντομοκτόνα επαφής και στομάχου. Δεν έχουν διασυστηματική ούτε σε βάθος δράση. Έχουν δώσει καλά αποτελέσματα στο ύπαιθρο εναντίον φυλλοφάγων προνυμφών Λεπιδοπτέρων και Υμενοπτέρων, ορισμένων Κολεόπτέρων και πολλών Διπτέρων υγειονομικής σημασίας (μυγών, κουνουπιών κ.ά.) και, μάλιστα και φυλών ανθεκτικών σε οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα. Ορισμένα όπως τα cypermethrin, deltamethrin, fenvalerate, cyfluthrin, iuvaJinate, fenpropathrin, flucithrinате έχουν ικανοποιητική υπολειμματική

διάρκεια ώστε να χρησιμοποιούνται σε ορισμένες περιπτώσεις και στην ύπαιθρο.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα πυρεθροειδή γενικά είναι πολύ τοξικά στα ψάρια. ενώ δεν υπάρχουν επαρκή τοξικολογικά πειράματα σε θερμόαιμα και άλλα ωφέλιμα ζώα. Ακόμη τα σταθερά πυρεθροειδή με το ευρύ φάσμα εντομοτοξικότητάς τους ζημιώνουν τα ωφέλιμα έντομα (παράσιτα, αρπακτικά) και τις μέλισσες, ενώ έχουν ήδη διαπιστωθεί και στη χώρα μας εξάρσεις πληθυσμών βλαβερών εντόμων και φυτοφάγων ακάρεων μετά από εφαρμογή πυρεθροειδών. Οι εξάρσεις αυτές πιθανότατα οφείλονται στην εξολόθρευση των ωφέλιμων εντόμων. Άλλες ιδιότητες των πυρεθροειδών είναι η μικρή ως μέτρια εντομοδιωκτικότητά τους, καθώς και η δημιουργία ανθεκτικών σε αυτά φυλών βλαβερών εντόμων και ακάρεων. Κατά συνέπεια η χρήση των πυρεθροειδών πρέπει να γίνεται με σύνεση και να χρησιμοποιούνται μόνο όταν χρειάζεται, στις κατάλληλες δόσεις και όχι τακτικά σε εφαρμογές ρουτίνας.

Αβερμεκτίνες

Είναι μίγμα ουσιών που παράγει κατά τη ζύμωση ο ακτινομύκητας εδάφους *Streptomyces avermilitis*. Είναι μία νέα ομάδα αντιβιοτικών που έχει νηματωδοκτόνο, ακαρεοκτόνο και εντομοκτόνο δράση. Είναι μακροκυκλικές λακτόνες. Το αποτέλεσμα της δράσης τους είναι νευρομυϊκή παράλυση .

Οι αβερμεκτίνες χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρές δόσεις λόγω της μεγάλης τοξικότητάς τους στα αρθρόποδα, αποδομούνται γρήγορα και δε βιοαθροίζονται σε φυτά ή ζώα, κατά συνέπεια περιβαλλοντικά είναι παραδεκτές. Η abamectin είναι μίγμα των B1,α και B1,β ουσιών που χρησιμοποιούνται εναντίον εντόμων και περισσότερο ακάρεων σε καλλιεργούμενα φυτά. Έχει οξεία και όχι χρόνια τοξικότητα. Σε μέλισσες είναι πολύ τοξική τις πρώτες δύο

ημέρες από την εφαρμογή της, αργότερα όμως είναι σχετικά ακίνδυνη.

Ρυθμιστές ανάπτυξης των εντόμων

Τα εντομοκτόνα αυτά ξεχωρίζουν από όλα τα προηγούμενα όσον αφορά στις χημικές και βιολογικές ιδιότητές τους, καθόσον επιδεικνύουν εξειδικευμένη δράση με κύριο τρόπο ενέργειας την ανασχεση και την παρεμπόδιση της φυσιολογικής και ομαλής ανάπτυξης των εντόμων.

Ανάλογα με το μηχανισμό δράσης τους διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- α. Μιμητικές ορμονών
- β. Ουσίες που εμποδίζουν την έκδυση

Μιμητικές ορμονών

Οι μιμητικές των ορμονών των εντόμων ουσίες βασίζονται στο ρόλο της νεανικής ορμόνης, αλλιώς νεοτίνης. Η νεοτίνη επιτελεί θεμελιώδη και καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του εντόμου, καθόσον η παράταση της παρουσίας της στον οργανισμό του εμποδίζει τη μεταμόρφωση της προνύμφης σε νύμφη.

Έτσι το έντομο σε αυτή την περίπτωση δεν μπορεί να εξελιχθεί και να δώσει κανονικό ενήλικο για να ωοτοκήσει. Ένα από τα πλεονεκτήματα των ουσιών της κατηγορίας αυτής που δοκιμάστηκαν ως τώρα, είναι η έλλειψη τοξικότητας για τα θερμόαιμα ζώα. Μειονέκτημα είναι ότι απαιτούν εφαρμογή σε ορισμένο στάδιο του εντόμου πράγμα που μειώνει την αποτελεσματικότητά τους για πληθυσμούς ανομοιογενείς ως προς τα βιολογικά στάδια. Επίσης, επειδή οι μιμητικές των νεανικών ορμονών παρατείνουν το προνυμφικό στάδιο που για πολλά είδη εντόμων είναι το βλαβερό στάδιο, είναι φανερό ότι οι ουσίες αυτές θα έχουν πρακτική αξία κυρίως για είδη εντόμων όπου το ενήλικο προκαλεί τη ζημιά και η

προνύμφη είναι εκτεθειμένη ώστε να μπορεί να έρθει σε επαφή με την ουσία.

Από πλευράς ανθεκτικότητας των εντόμων σε συνθετικά ανάλογα της νεανικής ορμόνης, ορισμένα είδη όπως η οικιακή μύγα (*Musca domestica*) έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν μεγάλο βαθμού ανθεκτικότητα. Επίσης φυλές ορισμένων εντόμων ανθεκτικές σε οργανικά συνθετικά εντομοκτόνα μπορεί να παρουσιάσουν έμμεση ανθεκτικότητα σε συνθετικά ανάλογα της νεανικής ορμόνης.

Από τις ουσίες της κατηγορίας αυτής το πρώτο που κυκλοφόρησε στο εμπόριο ήταν το Altosid με δραστική ουσία το methoprene κυρίως εναντίον Δίπτερων των στάβλων και υγειονομικής σημασίας. Σχετικές έρευνες έχουν γίνει και στη χώρα μας στο δάκο και στη μύγα της Μεσογείου. Τα τελευταία χρόνια κυκλοφόρησε το fenoxycarb με το εμπορικό όνομα Insegar εναντίον της ευδεμίδας της αμπέλου, της ψύλλας της αχλαδιάς κ.α.

Ουσίες που εμποδίζουν την έκδυση

Οι ουσίες αυτές βασίζονται στον ειδικό βιοχημικό μηχανισμό δράσης τους, στο να παρεμβαίνουν δηλαδή ανταγωνιστικά και να μπλοκάρουν ορισμένα ένζυμα, όπως είναι η συνθετάση, η χιτινάση και άλλα, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται κατά τη διαδικασία της "έκδυσης" η σύνθεση χιτίνης και ο σχηματισμός νέου, μεγαλύτερου περιβλήματος. Η δράση αυτή έχει ως τελικό αποτέλεσμα το θάνατο του εντόμου.

Το πρώτο της κατηγορίας αυτής που εμφανίστηκε ήταν το Dimilirl (δρ. ουσία diflubenzuron) το οποίο δοκιμάστηκε με ικανοποιητικά αποτελέσματα εναντίον φυλλοφάγων καμπών σε οπωροφόρα (καρπούκαψες), σε δασικά (κάμψη της πεύκης) και στο βαμβάκι.

Άλλες νεότερες ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν στην πράξη είναι οι: buprofezin (Applaud), teflubenzuron (Nomolt), triflumuron (Alsystin), κ.α. Ορισμένες από τις ουσίες αυτές, παρά τη μικρή οξεία

τοξικότητά τους στα ποντίκια, είναι βλαβερές σε υδρόβιους οργανισμούς και επομένως χρειάζεται προσοχή. Είναι επίσης προφανές ότι όσες εισέρχονται στο σώμα του εντόμου και με επαφή, μπορεί να βλάψουν και ωφέλιμα έντομα. Γενικά οι ουσίες αυτές έχουν πολλές δυνατότητες για ένταξή τους σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης με την προϋπόθεση όμως ότι η εφαρμογή τους θα γίνεται στον κατάλληλο χρόνο ανάλογα με το στάδιο και την ηλικία της προνύμφης.

Στα σύγχρονα χημικά μέσα καταπολέμησης για την προστασία των καλλιεργειών από τους ζωικούς εχθρούς θα πρέπει να προστεθούν και ορισμένα ειδικά ακαρεοκτόνα όπως το Cyrotoex και Apollo, νεότερα νηματοκτόνα και άλλα.

Για ορισμένα επιβλαβή έντομα, όπως είναι τα ξυλοφάγα Λεπιδόπτερα ζευζέρα και κόσσοι, τα είδη *Synanthedon (Sesia)*, τα ξυλοφάγα των καρποφόρων και δασικών δέντρων *Cerambycidae (Coleoptera)*, ο καπνώδης των πυρηνοκάρπων και άλλα, το πρόβλημα της καταπολέμησης εξακολουθεί να υφίσταται αφού δεν υπάρχει προς το παρόν τουλάχιστον αποτελεσματικό μέσο θεραπείας. Τα τελευταία όμως χρόνια καταβάλλονται προσπάθειες για την αντιμετώπιση ορισμένων ξυλοφάγων με νέες βιοτεχνολογικές μεθόδους (π.χ. μέθοδος confusion). Προς την κατεύθυνση αυτή φαίνεται να υπάρχουν ελπιδοφόρες προοπτικές για την καταπολέμηση του *Synnanthedon myopaeformis* στη μηλιά.

Για άλλα πάλι, όπως η φυλλοξήρα αντιμετωπίζεται στις αναμπελώσεις με την τεχνική του εμβολιασμού των *V. vinifera* σε αμερικάνικα υποκείμενα.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χημικής καταπολέμησης

Η προστασία των καλλιεργούμενων φυτών από τα έντομα και τους άλλους ζωικούς εχθρούς στηρίζεται μέχρι σήμερα στη χημική

αντιμετώπισή τους, δηλαδή στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Το κύριο πλεονέκτημα της χημικής αντιμετώπισης των εχθρών των καλλιεργειών είναι ότι γενικά είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος από όσες μεθόδους διαθέτουμε σήμερα εναντίον των πιο βλαβερών εντόμων γεωργικής σημασίας. Άλλα πλεονεκτήματα είναι το άμεσο και γρήγορο αποτέλεσμα που επιτυγχάνεται από την εφαρμογή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, η ευκολία στη χρησιμοποίησή τους, η μικρή σχετικά οικονομική επιβάρυνση στο κόστος γεωργικών προϊόντων κλπ.

Τα μειονεκτήματα όμως της χημικής καταπολέμησης είναι και πολλά και σοβαρά. Από τα κυριότερα μειονεκτήματα είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότητας των εντόμων στα εντομοκτόνα. Διεθνώς, τουλάχιστον 504 είδη εντόμων και ακάρεων έχουν ανάπτυξη ανθεκτικότητα στις κύριες κατηγορίες συνθετικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων μέχρι το τέλος του 1988. Από αυτά το 35% ήταν δίπτερα, το 15% λεπιδόπτερα, το 14% κολεόπτερα, το 14% ακάρεα και σε μικρότερα ποσοστά άλλες τάξεις εντόμων. Άλλα μειονεκτήματα είναι ο κίνδυνος για το χρήστη των τοξικών ουσιών και τον καταναλωτή γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα φυτοπροστατευτικών προϊόντων), ο κίνδυνος για τα καλλιεργούμενα ή άλλα φυτά (φυτοτοξικότητα), ο κίνδυνος για τα ωφέλιμα έντομα και άλλα αρθρόποδα, η ρύπανση του περιβάλλοντος κλπ.

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Τα σοβαρά προβλήματα που δημιούργησε η χρήση των συνθετικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων άρχισαν να διαπιστώνονται στα μέσα της δεκαετίας του '50 και από τα μέσα της επόμενης δεκαετίας άρχισε να γίνεται μελέτη στα προβλήματα αυτά και να αναζητούνται λύσεις καθώς και συστηματική έρευνα για την ανάπτυξη εναλλακτικών των χημικών μέσων μεθόδων

καταπολέμησης. Το σπουδαιότερο όμως ήταν η αναζήτηση λύσης σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση των μειονεκτημάτων των χημικών μέσων ελέγχου τόσο για τα παραγόμενα προϊόντα όσο και για το περιβάλλον.

Οι σύγχρονες τάσεις είναι να περιορίζεται η χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων όπου αυτό είναι δυνατό και συμφέρον. Βασική προϋπόθεση, για τον περιορισμό αυτό είναι η καλή γνώση της βιολογίας και οικολογίας του προς καταπολέμηση εχθρού. Επίσης η χρησιμοποίησή τους πρέπει να γίνεται με τρόπο που να εξασφαλίζεται η προστασία της γεωργικής παραγωγής με λιγότερες δυσμενείς επιπτώσεις. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση φυτοπροστατευτικών προϊόντων πιο αποτελεσματικών, εκλεκτικών και με βελτιωμένες τεχνικές εφαρμογής τους. Η εφαρμογή τους δεν πρέπει να είναι μία διαδικασία ρουτίνας, όπως ήταν παλαιότερα που με την πρώτη εμφάνιση κάθε εντόμου σε μία καλλιέργεια, ανεξάρτητα από την πυκνότητα του πληθυσμού του, θα έπρεπε να γίνει επέμβαση και μάλιστα με το πιο ισχυρό, δηλαδή τοξικό εντομοκτόνο. Η άποψη αυτή είναι πια ξεπερασμένη. Η χρησιμοποίησή τους πρέπει να βασίζεται σε επίπεδα πληθυσμών που προκαλούν οικονομική ζημιά.

Μερικές φορές η εφαρμογή ενός φυτοπροστατευτικού προϊόντος γίνεται επιτακτική, επειδή δεν ελήφθησαν έγκαιρα τα κατάλληλα προληπτικά μέτρα. Η προστασία όμως της καλλιέργειας όταν βασίζεται αποκλειστικά στη χρήση εντομοκτόνων είναι συνήθως δύσκολη και δαπανηρή και απαιτούνται πολλές επεμβάσεις. Στις περιπτώσεις αυτές ιδιαίτερη σημασία έχουν η σωστή επιλογή εντομοκτόνου (αποτελεσματικό, λιγότερο τοξικό για τα ωφέλιμα έντομα και άλλα αρθρόποδα) και η σωστή χρήση του (κατάλληλος χρόνος επέμβασης, κατάλληλος τρόπος εφαρμογής, κατάλληλη δοσολογία, έλεγχος συνδυαστικότητας).

Τα τελευταία χρόνια νέες κατηγορίες χημικών ουσιών, περισσότερο φιλικές στο περιβάλλον χρησιμοποιούνται σε προγράμματα καταπολέμησης των εχθρών των καλλιεργούμενων

φυτών. Σήμερα υπάρχουν αρκετά φυτοπροστατευτικά προϊόντα με βελτιωμένες βιολογικές και φυσικοχημικές ιδιότητες που επιτρέπουν τη χρησιμοποίησή τους με μικρότερη ποσότητα δραστικής ουσίας κατά μονάδα επιφανείας όπως Π.χ. είναι τα συνθετικά πυρεθροειδή έναντι των οργανοφωσφορικών και καρβαμιδικών εντομοκτόνων. Νέα προϊόντα όπως είναι οι ρυθμιστές ανάπτυξης των εντόμων και κυρίως οι παρεμποδιστές σύνθεσης χιτίνης υποκαθιστούν σταδιακά τα ευρέως φάσματος εντομοκτόνα. Τα προϊόντα αυτά, λόγω της εκλεκτικής τους δράσης είναι ιδιαίτερα κατάλληλα σε προγράμματα ολοκληρωμένης καταπολέμησης (IPM). Εκλεκτικό αποτέλεσμα μπορούμε να επιτύχουμε και με μη εκλεκτικά εντομοκτόνα όταν αυτά χρησιμοποιούνται με κατάλληλο τρόπο και δοσολογία και σε κατάλληλο χρόνο (οικολογική εκλεκτικότητα).

Η εφαρμογή προγραμμάτων γεωργικών προειδοποιήσεων για ενημέρωση των παραγωγών για τον κατάλληλο χρόνο επέμβασης, με χημικά μέσα προστασίας και παροχή οδηγιών για την αντιμετώπιση ενδεχόμενης προσβολής από έντομα έχει βοηθήσει σημαντικά στη μείωση της χρήσης των εντομοκτόνων. Απαιτείται όμως περαιτέρω ενίσχυση των προγραμμάτων αυτών με την επέκτασή τους σε επιπλέον έντομα και περιοχές.

Στο άμεσο μέλλον τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα δε θα αποτελούν τη μοναδική μέθοδο αντιμετώπισης των εχθρών των καλλιεργειών, όμως η φυτοπροστασία θα εξακολουθήσει να βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη χημική μέθοδο καταπολέμησης καθώς αυτή αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες ελέγχου πληθυσμών επιζήμιων εντόμων, ιδίως όταν αυτοί πλησιάζουν το επίπεδο οικονομικής ζημιάς.

Οι αυξανόμενες με την πάροδο των ετών απαιτήσεις για τοξικολογικές και οικοτοξικολογικές μελέτες οδήγησαν τα τελευταία χρόνια στη μείωση των ρυθμών παραγωγής νέων χημικών ουσιών και οι βιομηχανίες φυτοπροστατευτικών προϊόντων προσανατολίστηκαν στην ανακάλυψη νέων προϊόντων των οποίων οι ιδιότητες επιτρέπουν την ένταξή τους σε ένα Πρόγραμμα

Ολοκληρωμένης Καταπολέμησης (Integrated Pest Management). Τα νέα προϊόντα που εμφανίστηκαν τα τελευταία χρόνια στη φυτοπροστασία είναι οι ρυθμιστές ανάπτυξης των εντόμων και κυρίως οι παρεμποδιστές σύνθεσης χιτίνης. Η χρησιμοποίηση των προϊόντων αυτών αναμένεται ότι θα αυξηθεί στα επόμενα χρόνια καθώς και η χρησιμοποίηση βιοεντομοκτόνων.

Σήμερα το πρόβλημα που προβάλλει επιτακτικά, δεν είναι το πως θα καταργήσουμε τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, αλλά το πως θα κατορθώσουμε, συνδυάζοντας κατάλληλα τα τελευταία επιτεύγματα της τεχνολογίας και εφαρμοσμένης βιολογίας, να μειώσουμε στο ελάχιστο τους κινδύνους τοξικότητας από τη χρήση των χημικών μέσων ελέγχου.

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ

Ανθεκτικότητα των εντόμων στα εντομοκτόνα είναι πολύ σοβαρό, παγκόσμιο πρόβλημα με τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις στη παραγωγή των Γεωργικών προϊόντων. (Georgiou 1986).

Η ανθεκτικότητα (εθισμός) των εντόμων στα εντομοκτόνα έχει μια ιστορία από το 1910, αλλά η μεγάλη αύξηση των ανθεκτικών ειδών με τα δυσμενή αποτελέσματα στην παραγωγή έχει συμβεί τα τελευταία 40 χρόνια από την υπερβολική χρήση συνθετικών οργανικών εντομοκτόνων. Μέχρι το 1990, περίπου 500 είδη εντομων (μερικά μεγάλης γεωργικής σημασίας) είχαν, αναπτύξει ανθεκτικότητα σε μια ή περισσότερες κατηγορίες τοξικών ουσιών. Από αυτό, 283 είδη είναι γεωργικού ενδιαφέροντος, 198 είδη υγειονομικού ενδιαφέροντος και 23 είδη είναι ωφέλιμα έντομα, σε σύνολο 504. (Georgiou & Melon 1983 Georgiou & Tejeda 1991). Τα είδη πάντως που έχουν πρόγυματι αναπτύξει ανθεκτικότητα πρέπει να είναι περισσότερα από όσα έχουν αναφερθεί, μια και η ανθεκτικότητα παρακολουθείται από λίγα εντομολογικά εργαστήρια ανα τον κόσμο και ίσως υπάρχουν περιπτώσεις που δεν έχουν αναφερθεί ακόμα.

Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι η κατανομή της ανθεκτικότητας μεταξύ των διαφόρων τάξεων των εντόμων φαίνεται να είναι πιο συχνή στα δίπτερα με 35% του προσδιορισμένου αριθμού περιπτώσεων), ενώ με 15% είναι τα λεπιδόπτερα, με 15% περίπου στα κολεόπτερα, με 11% στα ομόπτερα, με 14% στα ετερόπτερα 13% στα ακάρεα. Ανάμεσα σε αυτά περιλαμβάνονται πολλά σημαντικά έντομα που μεταδίδουν αρρώστιες στον άνθρωπο.

Η ίδια κατάσταση όσον αφορά την ανθεκτικότητα επικρατεί και στα μυκητοκτόνα. Την τελευταία δεκαετία άρχισε να εμφανίζεται ανθεκτικότητα και στα ζιζανιοκτόνα.

Ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα είναι η ικανότητα φυλών των εντόμων να ανέχονται δόσεις τοξικών ουσιών οι οποίες είναι θανατηφόρες, στην πλειονότητα, των ατόμων, σε ένα κανονικό πληθυσμό του ίδιου είδους.

Λόγω της σοβαρότητας του προβλήματος της ανθεκτικότητας οι βιομηχανίες παραγωγής φυτοφαρμάκων υπο την αιγίδα του GIFAP (International Group of National Associations of Agrochemical Manufactures) έχουν συστήσει την επιτροπή IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) και ο σκοπός της επιτροπής είναι να μελετά και να δίνει συμβουλές σε όλα τα τεχνικά και επιστημονικά θέματα αναφερόμενα στην ανθεκτικότητα.

Τελευταία έχει συσταθεί και μια ομάδα ειδικών που μελετούν τα προβλήματα ανθεκτικότητας των εντόμων στην Ευρώπη όπου συμμετέχει και η Ελλάδα στα πλαίσια του προγράμματος ENMARIA. (Denholm and Jespersen 1998).

Επειδή στην Ελλάδα η γνώση και η πληροφόρηση για την ανθεκτικότητα είναι ελάχιστη και η έρευνα για την ανθεκτικότητα των εντόμων, μόλις έχει αρχίσει τα τελευταία χρόνια, θα πρέπει να συσταθεί μια επιτροπή ανάλογη του IRAC για τα Ελληνικά προβλήματα ανθεκτικότητας. Ο σκοπός της επιτροπής θα είναι, να συγκεντρώνει όλες τις πληροφορίες, να σχεδιάζει προγράμματα μελέτης του φαινομένου, να δίνει κατευθύνσεις και τις καλύτερες λύσεις για διευθέτηση της ανθεκτικότητας λαμβάνοντας υπ όψιν τα

ακόλουθα κριτήρια:

- Όταν οι συνιστώμενες δόσεις αποτυγχάνουν να μειώσουν τους πληθυσμούς κάτω του οικονομικού επιπέδου ζημιάς., όταν υπάρχει ιστορικό επιτυχούς αντιμετώπισης.
- Όταν η αποτυχία στην καταπολέμηση οφείλεται, σε κληρονομική αλλαγή της ευαισθησίας των εντόμων στο συγκεκριμένο προϊόν ή ομάδα ουσιών.
- Οι αποτυχίες να μην είναι το αποτέλεσμα, κακής διατήρησης, λανθασμένης διάλυσης, κακής εφαρμογής των εντομοκτόνων, ή να οφείλονται σε ασυνήθιστες κλιματολογικές συνθήκες.

Ο σχεδιασμός του όλου έργου ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες για μελέτη του προβλήματος της ανθεκτικότητας, θα πρέπει να περιλαμβάνει την ανάπτυξη δημιουργία εργαστηρίων, κέντρων για μελέτη της ανθεκτικότητας.

Οι Georgiou και Taylor 1986 αναφέρουν τους παράγοντες, που επηρεάζουν την επιλογή για ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα στην πράξη. Οι γενετικοί και βιολογικοί παράγοντες είναι χαρακτηριστικά των ειδών και είναι κληρονομήσιμα χαρακτηριστικά χωρίς να μπορούμε να επέμβουμε. Είναι δυνατόν όμως να επηρεάσουμε τους λειτουργικούς παράγοντες.

Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα

A. Γενετικοί

1. Συχνότητα των ανθεκτικών (R) αλλήλων.
2. Αριθμός των R αλλήλων.
3. Κυριαρχία των R αλλήλων.
4. Έκφραση και αλληλεπίδραση των R αλλήλων.
5. Προηγούμενη επιλογή με άλλα εντομοκτόνα.

6. Ενσωμάτωση των R γονιδίων και προσαρμογή.

Β.Βιολογικοί

α. Βιοτικοί

1. Αριθμός γενεών κατά έτος
2. Αριθμός απογόνων κατά γενιά
3. Μονογαμία, πολυγαμία, παρθενογένεση

β. Συμπεριφορά

1. Απομόνωση, κινητικότητα, μετανάστευση
2. Μονοφάγα, πολυφάγα
3. Τυχαία επιβίωση, καταφύγια

Γ. Λειτουργικοί

α. Φάρμακα

1. Χημική φύση του εντομοκτόνου.
2. Σχέση με προηγούμενα ψεκασθέντα φάρμακα.
3. Διάρκεια υπολειμμάτων, συσκευασία

β. Εφαρμογή

1. Οικονομικό επίπεδο εφαρμογής.
2. Επίπεδο που αρχίζει η επιλογή.
3. Στάδιο του εντόμου που επεμβαίνουμε
4. Τρόπος εφαρμογής.
5. Προσδιορισμός του χώρου εφαρμογής.
6. Εναλλαγή της επιλογής

Σοβαρότητα του προβλήματος στην Ελλάδα

Στην χώρα μας υπάρχουν ελάχιστα εργαστήρια που προσδιορίζουν την ανθεκτικότητα των εντόμων, με συνέπεια, να μην προσδιορίζεται έγκαιρα η εμφάνιση ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα. Σήμερα, έχουν δημιουργηθεί τεράστια προβλήματα στην αντιμετώπιση ορισμένων εχθρών. Έντομα μεγάλου γεωργικού

ενδιαφέροντος έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα και είναι δύσκολη ως ανέφικτη η καταπολέμηση τους. (Ιωαννίδης 1991).

Ο δορυφόρος της πατάτας (*Leptinotarsa decemlineata*) έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σχεδόν σε όλες τις κατηγορίες εντομοκτόνων και είναι ένας από τους πιο σοβαρούς εχθρούς της καλλιέργειας της πατάτας. (Ιωαννίδης και Grafius 1989,1991, Hare 1990 Ahammad 1994). Το έντομο αυτό συνήθως αντιμετωπιζόταν με 1-2 ψεκασμούς. Τα τελευταία 3 έτη, υπάρχουν παρατηρήσεις τόσο από την περιοχή Κοζάνης όσο και από την περιοχή του Έβρου και από άλλες περιοχές, παρουσίας σοβαρών προβλημάτων στην καταπολέμηση του εντόμου.

Οξύτατο πρόβλημα αποτελεί και η αντιμετώπιση των αφίδων. Για ορισμένα είδη αφίδων εκτός από τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας σε εργαστήρια του εξωτερικού, έχει προσδιορισθεί η ανθεκτικότητα, με βιοδοκιμές εργαστηρίου στην Ελλάδα. Μεγάλο πρόβλημα παρουσιάζει η *Myzus nicotianae* στον καπνό, *Aphis gossypii* στο βαμβάκι και η *Myzus persicae* σε οπωρώνες ροδακινιάς, και άλλες καλλιέργειες. (Devonshire 1987, Voss 1981, Μιχαλόπουλος και Τερλάκα 1985. Ιωαννίδης & Σκουλάκης, 1995.). Επίσης υπάρχουν πολλά προβλήματα με έντομα θερμοκηπίου. Ο Τσιτσιπής το 1989 αναφέρει τα 12 πιο επιζήμια έντομα της Ελληνικής Γεωργίας κατά σειρά σπουδαιότητας με την εκτίμηση της αξίας των, γεωργικών φαρμάκων που χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπιση τους.

A/A Ταξινομική κατ.

1. . Αφίδες
2. Σιδηροσκώληκες
3. Καρπόκαψα
4. Νηματώδεις
5. Ακάρεα
6. Κοκκοειδή
7. Θρίπες
8. Δάκος

9. Ευδεμίδα

10. Ρόδινο σκουλήκι

Απ' αυτά το 60% έχουν αναπτύξει σε ένα ή περισσότερα φυτοπροστατευτικά προϊόντα ανθεκτικότητα. Μερικές από τις αφίδες που είναι πρώτες στην λίστα εμφανίζουν μεγάλα επίπεδα ανθεκτικότητας και παρουσιάζουν δυσκολίες στην καταπολέμηση .

Προσδιορισμός της ανθεκτικότητας.

Δεν υπάρχει εθνικό σύστημα στην Ελλάδα, για συστηματική συλλογή δεδομένων, για την ανθεκτικότητα και διασπορά των πληροφοριών, ώστε, οι Γεωπόνοι εφαρμοστές και οι χρήστες να ανταποκρίνονται γρήγορα στην υφισταμένη κατάσταση ανθεκτικότητας των εντόμων. Το τεχνικό μέρος προσδιορισμού και παρακολούθησης της ανθεκτικότητας πρέπει να γίνεται από το δυναμικό των Ινστιτούτων και των εργαστηρίων τακτικά και συστηματικά ώστε να γίνονται διορθωτικές κινήσεις στην έναρξη της ανθεκτικότητας όταν το 1 % του πληθυσμού είναι ανθεκτικό. Συνήθως στην πράξη το πρόβλημα γίνεται αντιληπτό στο 10% και τότε είναι αργά να επέμβουμε (Brown. & Payne 1988),

Οι εργασίες για τον προσδιορισμό και πιστοποίηση, της ανθεκτικότητας θα πρέπει να γίνονται στα Ινστιτούτα Φυτοπροστασίας, του ΕΘΙΑΓΕ, ή σε άλλα οργανωμένα κέντρα φυτοπροστασίας. Η μελέτη της γενετικής, της ανθεκτικότητας και άλλων παραμέτρων που αφορούν την ανθεκτικότητα, θα πρέπει να γίνονται στα Πανεπιστήμια ή σε εργαστήρια, που θα διαθέτουν εκπαιδευμένο επιστημονικό προσωπικό και κατάλληλα μέσα και εξοπλισμό. Υπάρχουν τυποποιημένες μέθοδοι από FAO και WHO (για πολλά έντομα, γεωργικής και υγειονομικής σημασίας), (Brown and Pal 1971)) για προσδιορισμό της ανθεκτικότητας και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, καθώς και βελτιωμένες μεθοδολογίες για συγκεκριμένα έντομα από την IRAC, και άλλους ερευνητές (Ffrench - Constant & Roush 1990 Cahill et. Al 1986)

Η ανθεκτικότητα μπορεί να εμφανίζει τοπικό χαρακτήρα ή γενικευμένο, Χρειάζεται προσοχή στην εξαγωγή συμπερασμάτων γιατί μπορεί να υπάρχουν ανθεκτικοί πληθυσμοί σε μια περιοχή και όχι σε άλλη, το ίδιο συμβαίνει και μεταξύ των χωρών. Κατά κανόνα αν παρατηρείται κάποια ανθεκτικότητα, αυτό σημαίνει και είναι σοβαρή ένδειξη, ότι υπάρχει κίνδυνος εξάπλωσης και εμφάνισης αυτής και σε άλλες περιοχές, που χρησιμοποιούνται τα ίδια σκευάσματα σε πολλούς ψεκασμούς και κατ' έπανάληψη.

Μηχανισμοί ανθεκτικότητας

Έχουν αναγνωρισθεί τέσσερις κυρίως μηχανισμοί ανθεκτικότητας.

A. Ανθεκτικότητα που οφείλεται στην αλλαγή συμπεριφοράς του εντόμου και ονομάζεται ηθολογικός εθισμός (Behaviouristic resistance). Τα έντομα συνηθίζουν να αποφεύγουν ψεκασμένες επιφάνειες, ή να αποφεύγουν την επαφή με τα εντομοκτόνα. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) έχει πολύ καλά τεκμηριώσει περιπτώσεις κουνουπιών που αποφεύγουν ψεκασμένες επιφάνειες με DDT. Αυτού του είδους η ανθεκτικότητα, είναι μικρής σημασίας και συμβαίνει σε υγιεινομικής σημασίας κυρίως έντομα.

B. Ελάττωση της ταχύτητας εισόδου του εντομοκτόνου στο έντομο. Αυτός ο μηχανισμός, έχει βρεθεί σε πολλά έντομα και είναι αρκετά διαδεδομένος, Τα επίπεδα ανθεκτικότητας, που δίνει ο μηχανισμός αυτός είναι χαμηλά αλλά αν συνυπάρχει μαζί με κάποιο από τους παρακάτω μηχανισμούς, λειτουργεί συνεργιστικά και τα επίπεδα ανθεκτικότητας είναι υψηλά.

Γ. Ενζυματικοί μηχανισμοί ανθεκτικότητας: Τα έντομα έχουν ωρισμένα ένζυμα, που έχουν την ικανότητα να μεταβολίζουν τα εντομοκτόνα σε λιγότερο τοξικά παράγωγα, ή επιταχύνουν την αποικοδόμηση, πριν προφτάσει το εντομοκτόνο να φθάσει στο στόχο δράσης ή τα ένζυμα αυτά μπορεί να απομονώσουν την τοξική ουσία

(sequestration). Συνήθως τα ένζυμα αυτά υπάρχουν και στα ευαίσθητα άτομα αλλά σε μικρότερες ποσότητες.

Τα τρία κυριώτερα ένζυμα που συμμετέχουν στην αποικοδόμηση και αποτελούν και τους κυριώτερους μηχανισμούς ανθεκτικότητας είναι:

α) Οξειδάσες μικτής λειτουργίας (MFO). Είναι ένας από τους κυριώτερους μηχανισμούς ανθεκτικότητας και πολύ διαδεδομένος. Οι οξειδάσες μεταβολίζουν και τις τρεις κυρίως κατηγορίες εντομοκτόνων οργανοφωσφορικά (OP) καρβαμιδικά (Ca) και πυρεθρίνες (PY) (Agosin 1985).

β) Υδρολάσες με κύριο αντιπρόσωπο τις εστεράσες. Τα περισσότερα εντομοκτόνα και κυρίως οι πυρεθρίνες είναι εστέρες. Οι εστέρες αποικοδομούνται κυρίως παρουσία υδρολυτικών ενζύμων. Αυξημένη δραστηριότητα των ενζύμων αυτών, προκαλεί ανθεκτικότητα γιατί χρειάζονται αρκετά μεγάλες δόσεις εφαρμογής, στους ψεκασμούς για να επιτευχθεί κάποιος έλεγχος. Οι εστεράσες είναι σημαντικές για την ανθεκτικότητα των οργανοφωσφορικών και πυρεθρινών και συμμετέχουν πολύ λίγο στον μεταβολισμό των καρβαμιδικών .

Μια ειδική περίπτωση ανθεκτικότητας έχει διαπιστωθεί στις αφίδες *Myzus persicae* και *Myzus nicotianae*. Είναι από τους κυρίους μηχανισμούς που δίνουν ανθεκτικότητα. Είναι η αυξημένη παραγωγή μιας εστεράσης (E4) , η οποία υπάρχει μόνον στα άτομα που είναι ανθεκτικά. Αυτή η εστεράση στα πολύ ανθεκτικά άτομα μπορεί να φθάσει μέχρι το 1% της ολικής πρωτεΐνης του εντόμου. Αυτή η υπερπαραγωγή του ενζύμου, οφείλεται στην παρουσία του αντιστοίχου αρχικού γονιδίου που δημιουργείται σε πολλές όμοιες μορφές και που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή της εστεράσης. Η ανθεκτικότητα αυτή ονομάζεται μεγέθυνση του γονιδίου (gene amplification) (Devonshire and Field 1991). Αναλόγως του επιπέδου της ανθεκτικότητας, οι αφίδες κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες **S** (ευαίσθητες) , **R1** (ανθεκτικές. χαμηλή εστεράση), **R2** (αρκετά ανθεκτικές-ηυξημένη εστεράση), **R3** (πολύ ανθεκτικές . υψηλή

εστεράση).

Στην Ελλάδα αυτός ο μηχανισμός είναι πολύ διαδεδομένος και η αντιμετώπιση των αφίδων *M.persicae* και *M. Nicotianaе* είναι πολύ δύσκολη, με τα κλασσικά εντομοκτόνα (Ιωαννίδης και Σκουλακης 1995-1997).

γ) Το ένζυμο Γλουταθειόνη - Τρανσφεράση, είναι λιγότερο σημαντικό από προηγούμενα ένζυμα αλλά είναι σημαντικός μηχανισμός, αποικοδόμησης των εντομοκτόνων και παίζει σημαντικό ρόλο στην ανθεκτικότητα σε μερικά οργανοφωσφορικά σκευάσματα και δευτερόντα ρόλο στην ανθεκτικότητα άλλων σκευασμάτων.

Δ. Αλλαγές, του στόχου όπου δρουν τα εντομοκτόνα. Αυτός ο μηχανισμός τελευταία έχει βρεθεί σε πολλά είδη έντομων και είναι πολύ σημαντικό γιατί, δίνει υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας και σε μερικές περιπτώσεις τα έντομα δεν επηρεάζονται καθόλου από την παρουσία του εντομοκτόνου.

Δύο είναι οι γνωστοί μηχανισμοί που έχουν σχέση, με την αδιαφορία (αδράνεια - ανοχή) του στόχου δράσης του εντομοκτόνου (Target - insensitivity).

α) Μειωμένη ευαισθησία της Ακετυλυχολινεστεράσης (AChE). Το ένζυμο, αυτό βρίσκεται στη σύναψη των δύο νευρικών κυττάρων και είναι ο στόχος όπου δρουν τα OP και τα Ca εντομοκτόνα δεσμεύοντας το ένζυμο αυτό. Τα ανθεκτικά έντομα παράγουν τροποποιημένη AChE, η οποία δεν δεσμεύεται από τα εντομοκτόνα. Αυτός ο μηχανισμός ανθεκτικότητας έχει αναφερθεί για τους τετρανύχους, *T.urticae* και *T. telarius*. για πολλά είδη λεπιδοπτέρων, στις μύγες, στα κουνούπια, έχει βρεθεί επίσης και στο δορυφόρο της πατάτας (Ioannidis et al 1992). Τελευταία, ο μηχανισμός αυτός βρεθή, για πρώτη φορά και στις αφίδες *M. persicae* και *A. nicotianaе* σε δείγματα που συλλέχθηκαν στην Ελλάδα (Moore et al 1994).

β) Kdr (Knock down resistance) Ο όρος αυτός, χρησιμοποιείται για το γονίδιο που είναι υπεύθυνο για την αντίστοιχη ανθεκτικότητα. Ο τύπος αυτός, προσδιορίσθηκε για πρώτη φορά στις οικιακές μύγες,

πριν 20 χρόνια περίπου. Τα τελευταία χρόνια, έχει προσδιορισθεί και σε πολλά άλλα είδη εντόμων και είναι πιο πολύ διαδεδομένος, από ότι γνωρίζαμε. Ο μηχανισμός αυτός δίνει ανθεκτικότητα μόνο στο DDT, και στις πυρεθρίνες γιατί έχει σχέση με το στόχο όπου δρουν τα εντομοκτόνα αυτά, στα μέρη των νευρικών κυττάρων, όπου γίνεται η ανταλλαγή των ιόντων Κ και Να (Sodium channels).

Η ταυτόχρονη παρουσία δύο ή τριών ανθεκτικών μηχανισμών, στο ίδιο άτομο δίνει συνήθως μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, από ότι το άθροισμα των δύο μηχανισμών, Π.χ η παρουσία του ενζυματικού μηχανισμού εστεράσης, με τον μηχανισμό της Ακετυλχολινεστεράσης (target insensitivity) στις αφίδες *Myzus persicae* και *Myzus nicotianae* δημιουργεί υψηλή ανθεκτικότητα των αφίδων, στα οργανοφωσφορικά, πυρεθρίνες και στο Pirimicarb (Moores et al 1994), αν συνυπάρχει και ο μηχανισμός kdr τα επίπεδα ανθεκτικότητας των εντόμων, είναι τέτοια που είναι αδύνατον να καταπολεμηθούν οι αφίδες ακόμη και αν αυξήσουμε, υπερβολικά τις δόσεις εφαρμογής στους ψεκασμούς. Η αφίδα του βαμβακιού και άλλων καλλιεργειών *Aphis gossypii*, έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα, σε πολλά εντομοκτόνα και χρησιμοποιεί σχεδόν όλους τους γνωστούς ανθεκτικούς μηχανισμούς, αναλόγως της πίεσης Ψεκασμών που δέχεται ένας πληθυσμός σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Επίσης έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα σε ωρισμένα εντομοκτόνα σε διάφορες περιοχές της Ελλάδος. (Kerns and Gaylor 1992 , Hollingsworth et al 1994 Ιωαννίδης και Σκουλάκης 1995).

Διευθέτηση της ανθεκτικότητας

Ένα πρόγραμμα, για διευθέτηση της ανθεκτικότητας εξαρτάται πολύ και από την εθνική νομοθεσία και τους κανονισμούς για την χρήση των φυτοφαρμάκων που αφορά περιπτώσεις που χρειάζονται ενέργειες σε εθνικό επίπεδο. Προγράμματα για αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας, μπορεί να σχεδιάζονται και σε Νομαρχιακό - τοπικό

πλαίσιο. Αφού η ανθεκτικότητα αρχίζει τοπικά έτσι θα πρέπει να αρχίζει και ένα πρόγραμμα για την αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας οπότε χρειάζεται συνεργασία των επισήμων φορέων των ειδικών που συμβουλεύουν και των χρηστών.

Η διευθέτηση της ανθεκτικότητας πρέπει να είναι μέρος των ολοκληρωμένων προγραμμάτων φυτοπροστασίας. Χρησιμοποιώντας και άλλες μεθόδους αντιμετώπισης ώστε να βοηθούν και να συνεισφέρουν στην αποφυγή ανάπτυξης ανθεκτικότητας, όπως η βιολογική καταπολέμηση, αμειψισπορά, εφαρμογή μικροβιολογικών προϊόντων, ανθεκτικές ποικιλίες κτλ. Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες ανάπτυξης εναλλακτικών λύσεων, αλλά ακόμη η αντιμετώπιση των εχθρών στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στα φυτοφάρμακα. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένες συνταγές για τις εναλλακτικές μεθόδους και τα αποτελέσματα τους δεν είναι αμέσως ορατά.

Μεγάλη σημασία στο μέγεθος του προβλήματος της ανθεκτικότητας έχει και η ικανότητα ενός πληθυσμού να χρησιμοποιεί ταυτοχρόνως περισσότερους του ενός μηχανισμούς εναντίον των εντομοκτόνων. Η συνύπαρξη διαφόρων ανθεκτικών μηχανισμών στο ίδιο άτομο (ο κάθε ένας επιδρά σε διαφορετική ή και στην ίδια ομάδα φαρμάκων) ονομάζεται **πολλαπλή ανθεκτικότητα** (multiresistance).

Επίσης η αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας δυσχεραίνεται και από τη **διασταυρούμενη ανθεκτικότητα** (cross resistance). Αυτό σημαίνει ότι τα έντομα, που είναι ανθεκτικά σε μια κατηγορία εντομοκτόνων που έχουν χρησιμοποιηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα και κατ'επανάληψη μπορεί να είναι επίσης ανθεκτικά και σε ορισμένα άλλα εντομοκτόνα που εφαρμόζονται για πρώτη φορά στον πληθυσμό.(Metcalt 1989)

Χρειάζεται λεπτομερής επιστημονική προσέγγιση στη χρησιμοποίηση μειγμάτων, ή εναλλαγής των φαρμάκων ή συνεχούς χρήσης ενός φαρμάκου(Georgiou.& Taylor" 1986).

Όταν λέμε αυτό το έντομο είναι ανθεκτικό στα εντομοκτόνα,

πρέπει να απαντηθούν τα ερωτήματα: Πόσο ανθεκτικό είναι. Τι ποσοστό του πληθυσμού είναι ανθεκτικό. Υπάρχει διασταυρούμενη ανθεκτικότητα; Ποιοι είναι οι μηχανισμοί ανθεκτικότητας; Πώς κληρονομείται η ανθεκτικότητα; Ποιά είναι η προσαρμοστικότητα των ανθεκτικών ατόμων σε σύγκριση με τα ευαίσθητα άτομα μέσα στον πληθυσμό; Όταν γνωρίζουμε όλες αυτές τις παραμέτρους μπορεί κάποιος ειδικός να σχεδιάσει ένα πρόγραμμα διευθέτησης της ανθεκτικότητας για πολλά έντομα μεγάλης γεωργικής και υγειονομικής σημασίας. Αυτοί οι παράμετροι έχουν μελετηθεί.

Διευθέτηση της ανθεκτικότητας

A.Μετριασμό στο χειρισμό

- χαμηλές δόσεις, επιβίωση μιάς αναλογίας ευαίσθητων
- μικρότερη συχνότητα επεμβάσεων.
- χρήση εντομοκτόνων με μικρή υπολλειμματική διάρκεια
- αποφυγή SLOW-RELEASE συσκευασιών.γονότυπων.
- Εφαρμογή των εντομοκτόνων κυρίως εναντίον των τελείων μορφών.
- Τοπική εφαρμογή παρά καθολική εφαρμογή.
- Διατήρηση καταφυγίων.(REFUGIA)
- Υψηλότερα επίπεδα ανοχής των εχθρών πριν την απόφαση για εφαρμογή των εντομοκτόνων.

B. Διευθέτηση χρησιμοποιώντας ειδικές τεχνικές

- Καθιστώντας τα ανθεκτικά (R γονίδια λειτουργικά υποχωρητικά χρησιμοποιώντας υψηλές δόσεις.
- Καθήλωση των μηχανισμών αποικοδόμησης με συνεργιστές. Π.χ χρήση του riperonyl butoxide όταν η ανθεκτικότητα οφείλεται στα ένζυμα MFO.
- Εφαρμογή υψηλών δόσεων για να είναι αποτελεσματικές στα άτομα RS στις περιπτώσεις που η ανθεκτικότητα κληρονομείται

ΥΠΟΤΕΛΩΣ.

Γ. Διευθέτηση με πολλαπλή επίθεση

- Συνδυασμός εντομοκτόνων.
- Εναλλαγή εντομοκτόνων

Αρχές Διευθέτησης της ανθεκτικότητας (Resistance managment)

1. Οι ειδικοί ανθεκτικότητας (resistance managers) θα πρέπει να προσπαθούν να χρησιμοποιούν ποικιλία μεθόδων ελέγχου ενός συγκεκριμένου πληθυσμού και αν είναι δυνατόν η αντιμετώπιση να εντάσσεται σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα -αντιμετώπισης (IPM).

2. Η χρήση εντομοκτόνων θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περιορισμένη ώστε να ελαττώνουμε την πίεση επιλογής (selection pressure) στον πληθυσμό.

3. Πολύ βασικό είναι να διατηρούμε τα ευαίσθητα γονίδια σε ένα πληθυσμό.

Αυτό εξασφαλίζεται:

a. Με μετανάστευση των ευαίσθητων ατόμων προς και από μια καλλιέργεια.

b. Αφήνουμε απέκαστες επιφάνειες ώστε να βρίσκουν καταφύγιο τα έντομα. Αυτό βέβαια είναι δύσκολο να εφαρμοσθεί στην πράξη αλλά μπορεί να έχει εφαρμογή σε ορισμένες περιπτώσεις. Τα περισσότερα παραδείγματα ανάπτυξης ανθεκτικότητας αναφέρονται από περιοχές όπου γινόταν πολλές και καθολικές επεμβάσεις. Οι επεμβάσεις των εντομοκτόνων θα πρέπει να έχουν τοπικό χαρακτήρα.

3. Η διευθέτηση της ανθεκτικότητας προϋποθέτει και προσδιορισμό της ανθεκτικότητας νωρίς και χρειάζονται: Τεχνικές προσδιορισμού και τεχνικές παρακολούθησης ανθεκτικότητας.

Τακτικές αποφυγής δημιουργίας ανθεκτικότητας

1. Προσπάθεια χρήσης εντομοκτόνων μιας ομάδας μια φορά στην καλλιέργεια την ίδια καλλιεργητική περίοδο.

2. Τα μίγματα εντομοκτόνων από διαφορετικές ομάδες μπορεί να χρησιμοποιούνται, όχι όμως από την ίδια ομάδα.

3 Εφαρμογή των συνιστώμενων δόσεων και προσπάθεια χρησιμοποίησης ουσιών που διασπώνται γρήγορα σε συνθήκες αγρού. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα επιβίωσης ευαίσθητων ατόμων που μετακινούνται στις ψεκασμένες επιφάνειες.

4. Εφαρμογή εντομοκτόνων σε τοπική βάση, παρά σε μεγάλες περιοχές και εναλλαγή, αλληλουχία ουσιών.

5. Νέες ουσίες με διαφορετικό τρόπο δράσης.

6. Τα εντομοκτόνα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι παρενέργειες στους φυσικούς εχθρούς.

7. Παρακολούθηση των πληθυσμών με εργαστηριακές βιοδοκιμές για προσδιορισμό της ανθεκτικότητας έγκαιρα. Παράλληλα θα πρέπει να θεσπιστούν κανονισμοί από την πολιτεία για τις φυτοπροστατευτικές ουσίες σε σχέση με την ανθεκτικότητα.

Επιμέρους φάσεις ενός προγράμματος περιορισμού ανθεκτικότητας.

- Παρακολούθηση της ανθεκτικότητας.
- Εκτίμηση πιθανής δημιουργίας ανθεκτικότητας.
- Κρατική μέριμνα για την ανθεκτικότητα στα φυτοφάρμακα.
- Τοπική μέριμνα για την ανθεκτικότητα στα φυτοφάρμακα.
- Κανονισμοί και διαχείριση στην εμπορία φυτοφαρμάκων.
- Εκπαίδευση και εφαρμογές.
- Νέες μέθοδοι ελέγχου των εχθρών.
- Δομή της έρευνας.

Στο παρελθόν αν κάποια ομάδα χημικών προϊόντων εμφάνιζε ανθεκτικότητα, κάποια άλλη χρησιμοποιώταν για να σώσει την

κατάσταση. Δεν μπορούμε να στηριζόμαστε αποκλειστικά στη Βιομηχανία για να παράγει νέα χημικά τα οποία θα πάρουν το μέρος των ήδη υπαρχόντων. Χρειάζονται κατά Μ.Ο 7-10 χρόνια για την δημιουργία, ανάπτυξη και εμφάνιση ενός νέου εντομοκτόνου στην αγορά. Την τελευταία δεκαετία, πολύ λίγες νέες οικογένειες εντομοκτόνων και ακαρεοκτόνων, που ανήκουν σε νέες χημικές ομάδες εμφανίσθηκαν.

Οι βιομηχανίες που παράγουν φυτοπροστατευτικά προϊόντα έκαναν μεγάλα βήματα στη δημιουργία βιολογικών εντομοκτόνων, τις περασμένες δεκαετίες, τα περισσότερα βιολογικά σκευάσματα λειτουργούν καλύτερα ως συμπληρωματικά εργαλεία στα πιο παραδοσιακά και νέα εντομοκτόνα. Η ολοκληρωμένη καταπολέμηση και τα γενετικώς τροποποιημένα φυτά θα παίξουν μεγαλύτερο ρόλο στο μέλλον. Τα χημικά εντομοκτόνα θα είναι ακόμη σημαντικά στην φυτοπροστασία, σε μια Γεωργία όπου απαιτούνται υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών.

Γιατί αναπτύσσεται η ανθεκτικότητα

Η εμφάνιση της ανθεκτικότητας είναι απλά η συνέχεια της φυσικής επιλογής. Ένας παράγοντας ελέγχου εντομοκτόνου ή ακαρεοκτόνου (control agent) εμποδίζει τα ευαίσθητα άτομα εντόμων και ακάρεων ν' αναπαραχθούν. Ένα μικρό ποσοστό από τους πληθυσμούς των εντόμων μπορεί να έχει γονίδια ανθεκτικότητας τα οποία να τους επιτρέπουν να επιζούν και τα επιζώντα άτομα μεταφέρουν αυτά τα γονίδια στους απογόνους τους. Το γονίδιο ή τα γονίδια, που επιτρέπουν σε ένα έντομο να επιζεί, υπάρχουν ήδη σε μερικά άτομα του πληθυσμού ή μπορεί να εμφανισθούν μέσω μίας μεταλλαγής. Η δεύτερη περίπτωση είναι συνήθως σπάνια. Τα ανθεκτικά γονίδια προϋπάρχουν σε ένα πληθυσμό. Καθώς τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα θανατώνουν τα ευαίσθητα άτομα, αλλάζει η ισορροπία των πληθυσμών. Τα ανθεκτικότερα άτομα συνεχίζουν να πολλαπλασιάζονται και τελικά επικρατούν. Το επίπεδο

εμφάνιση της ανθεκτικότητας καθορίζεται από την πίεση επιλογής, η οποία εξαρτάται από τρεις παράγοντες.

A) Την βιολογία του εχθρού που αναφέρεται στο επίπεδο αναπαραγωγής, την μετανάστευση και τον αριθμό των ξενιστών.

B) Την υπολλειμματικότητα και εκλεκτικότητα των φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Γ) Την ένταση της χρήσης του προϊόντος ,ο μόνος παράγων που ελέγχεται από τον χρήστη που συμπεριλαμβάνει, τη δόση, τον αριθμό και τον περιοδισμό των εφαρμογών.

Η διαχείριση της ανθεκτικότητας εξαρτάται από εμάς και τελικά μόνο δυο μετρούν στη μάχη ενάντια στην ανθεκτικότητα στα εντομοκτόνα ο εχθρός και ο καλλιεργητής. Το κλειδί στη διαχείριση της ανθεκτικότητας είναι να μειωθεί η πίεση επιλογής, σύμφωνα με τις αρχές του IPM, Οι τέσσερις επόμενες οδηγίες πρέπει να εφαρμόζονται για περιορισμό της ανθεκτικότητας και μπορούν να βοηθήσουν τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα να δρουν αποτελεσματικά και να διατηρούν το κόστος καλλιέργειας χαμηλά.

1. Συμβουλή από ειδικό γεωπόνο στην περιοχή για πιθανές στρατηγικές ολοκληρωμένης καταπολέμησης

Σκέψη για ποιές επιλογές διαχείρισης των εχθρών είναι εφικτές και σχεδιασμός ενός πλάνου για όλες τις εποχές ώστε να αποφεύγονται εφαρμογές που δεν χρειάζονται.

2. Πριν την Καλλιέργεια

Αποφάσεις για τις δυνατότητες μείωσης χρήσης εντομοκτόνων επιλέγοντας πρώιμες" ποικιλίες ή ποικιλίες που είναι ανθεκτικές στα έντομα και διαχείριση της καλλιέργειας για πρώιμη ωρίμανση, όπου είναι δυνατόν.

3. Κατά την καλλιεργητική περίοδο.

Επισκόπηση των αγρών για σαφή αναγνώριση εχθρών και φυσικών εχθρών, εκτίμηση πληθυσμών εντόμων και σταδίου ανάπτυξης τους. Τα εντομοκτόνα και ακαρεοκτόνα γενικά πρέπει να

χρησιμοποιούνται όταν ο αριθμός των εντόμων υπερβεί το τοπικό ανεκτό επίπεδο ζημιάς- το σημείο όπου οι οικονομικές απώλειες υπερβαίνουν το κόστος του εντομοκτόνου συν το κόστος εφαρμογής. Πρέπει να γίνονται έγκαιρα οι εφαρμογές ενάντια στα πιο ευαίσθητα στάδια ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη ωφέλεια από το προϊόν.

4. Επιλογή εντομοκτόνου.

Όταν επιλέγουμε φυτοπροστατευτικά προϊόντα για καταπολέμηση συγκεκριμένων εχθρών πρέπει να σκεφτούμαι περισσότερα πράγματα εκτός από το κόστος και την αποτελεσματικότητα, όπως τα εξής:

- Ωφέλιμα έντομα. Τι επίπτωση θα έχει το επιλεγμένο πρόγραμμα πάνω στους ωφέλιμους πληθυσμούς; Η διατήρηση των ωφελίμων μπορεί να διατηρήσει τους πληθυσμούς των εχθρών κάτω από το ανεκτό επίπεδο ζημιάς, μειώνοντας και την ανάγκη ή τον αριθμό εφαρμογών.

- Ομάδες φυτοπροστατευτικών προϊόντων Ακολούθησε τις τοπικές συμβουλές για εναλλαγή και ανάμιξη προϊόντων από διαφορετικές ομάδες. Οι διαφορές πρέπει να βασίζονται στο διαφορετικό τρόπο δράσης και όχι μόνο σε προϊόντα από διαφορετικές εταιρείες. Όταν γίνονται παραπάνω από μια εφαρμογές το χρόνο, πρέπει να γίνεται εναλλαγή εντομοκτόνων από διαφορετικές ομάδες έτσι ώστε μόνο μια γενεά του εχθρού το χρόνο, να εκτίθεται σε μια ομάδα. Πρέπει να γίνεται εναλλαγή προϊόντων από διαφορετικές ομάδες από χρόνο σε χρόνο αν γίνεται μόνο μια εφαρμογή έτσι ώστε να μειωθούν οι πιέσεις επιλογής.

- Δόσεις και διαστήματα Ψεκασμών Πρέπει να γίνεται χρήση εντομοκτόνων ακαρεοκτόνων σε δόσεις και διαστήματα που αναγράφονται στις ετικέτες. Δεν πρέπει να μειώνονται ή να αυξάνονται οι προτεινόμενες δόσεις των κατασκευαστών γιατί αυτό μπορεί να επισπεύσει την εμφάνιση της ανθεκτικότητας. Στα ψεκαστικά μηχανήματα πρέπει να γίνεται ρύθμιση για ακριβείς

εφαρμογές. Πρέπει να χρησιμοποιούνται οι προτεινόμενες πιέσεις και όγκοι ψεκασμού.

Για την αντιμετώπιση της ανθεκτικότητας η πρόληψη είναι η καλύτερη στρατηγική, όταν όμως υπάρχει υποψία ανθεκτικότητας, πρώτα εξαφανίζουμε άλλες πιθανές αιτίες. Έχουμε πολλά παραδείγματα, όπου η έλλειψη ελέγχου των εντόμων μπορεί να οφείλεται σε σφάλμα εφαρμογής, βλάβη του εξοπλισμού και σε όχι ιδανικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Αν εξαιρεθούν αυτές οι πιθανότητες αποτυχίας χρειάζεται συνενόηση με τους ειδικούς και κατασκευαστές φυτοφαρμάκων ώστε να επιβεβαιωθεί η πραγματική ανθεκτικότητα στα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που έχουν εφαρμοσθεί. Σε περίπτωση που υπάρξει αποτυχία στον έλεγχο λόγω ανθεκτικότητας, δεν πρέπει να γίνεται ξανά ψεκασμός με εντομοκτόνο της ίδιας χημικής ομάδας.

Συμπεράσματα

Τα έντομα χρησιμοποιούν αρκετούς μηχανισμούς για να επιβιώσουν κάτω από την πίεση των εντομοκτόνων σε ένα μολυσμένο περιβάλλον. Συνοψίζοντας, θα ήταν δυνατόν να γίνουν ορισμένες παραδοχές.

* Η χρήση των εντομοκτόνων θα διατηρηθεί στις αναπτυσσόμενες χώρες και θα αυξηθεί στις αναπτυσσόμενες.

* Τα έντομα αναπτύσσουν ανθεκτικότητα σε κάθε εντομοκτόνο ύστερα από έντονη χρήση.

* Δεν υπάρχει τρόπος πρόβλεψης με ακρίβεια της διάρκειας αποτελεσματικότητας ενός φαρμάκου και των μηχανισμών ανθεκτικότητας.

* Δεν υπάρχει τρόπος πρόβλεψης με ακρίβεια ομοιοτήτων στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας ή στους μηχανισμούς μεταξύ των ειδών ή μεταξύ των φυλών του ίδιου είδους.

Επειδή η ανθεκτικότητα των εντόμων στα φυτοφάρμακα έχει λάβει μεγάλες διαστάσεις, θα πρέπει να περάσουμε στα ολοκληρωμένα προγράμματα φυτοπροστασίας (IPM). Επειδή

χρειάζεται αρκετός χρόνος, 3-5 χρόνια, πριν ένα IPM αρχίσει να αποδίδει και είναι ακόμη πιο δύσκολο να εφαρμοσθεί σε ετήσιες καλλιέργειες, το πρόβλημα θα πρέπει να βασισθεί για άμεσα αποτελέσματα στη σωστή διαχείριση εφαρμογής των εντομοκτόνων (management of pesticides).

Η ορθολογική χρήση των εντομοκτόνων και η σχεδίαση IPM όπου είναι δυνατόν να εφαρμοστούν και να λειτουργήσουν (κυρίως στις δενδρώδεις καλλιέργειες), είναι θεμελιώδεις προϋποθέσεις για την έγκαιρη και συνεχή αντιμετώπιση των εντόμων. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε την δημιουργία ανθεκτικότητας, έτσι ώστε τα πολύ αποτελεσματικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα να συνεχίζουν να δίνουν προστασία. Το μέγεθος της ανθεκτικότητας των εντόμων στα εντομοκτόνα σε μια περιοχή χαρακτηρίζεται από τους ειδικούς και σαν δείκτης ρύπανσης του οικοσυστήματος.

ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Την τελευταία δεκαετία όλο και περισσότερο ευαισθητοποιείται το κοινό για τα προβλήματα της ρύπανσης του περιβάλλοντος και των συνεπειών που μπορεί να έχουν, τα γεωργικά φάρμακα. Παράλληλα, η έρευνα για την τοξικολογία τους, τη συμπεριφορά, την τύχη τους και τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον έχει επεκταθεί, και νέες πληροφορίες έχουν περιέλθει στη γνώμη μας.

Η συστηματική χρησιμοποίηση των συνθετικών χημικών ενώσεων για την αντιμετώπιση των εχθρών στη γεωργία, που ξεκίνησε ουσιαστικά από το 1940 με εμφάνιση του εντομοκτόνου DDT, έδωσε πραγματικά λύσεις σε προβλήματα δημόσιας υγείας ενώ παράλληλα συνετέλεσε στη βελτίωση και αύξηση της γεωργικής παραγωγής. Όσο όμως θεαματικές ήταν οι θετικές συνέπειες που είχε η χρησιμοποίηση των φυτοπροστατευτικών ουσιών, ήταν συγχρόνως σημαντικές οι δυσμενείς επιπτώσεις τους. Μεταξύ όλων των χημικών

ενώσεων που εμφανίζουν βιολογική δράση και βρίσκουν εφαρμογή ως φυτοπροστατευτικά προϊόντα τα εντομοκτόνα είναι αυτά τα οποία εμφανίζουν τις σημαντικότερες δυσμενείς επιπτώσεις. Ήδη λοιπόν από τη δεκαετία του 1960 είχε διαπιστωθεί ότι στα υπολείμματα οργανοχλωριωμένων υδρογονανθράκων δείχνουν οξεία τοξικότητα στους υδρόβιους οργανισμούς, ενώ μπορούν να παραμείνουν χωρίς να διασπαστούν στο έδαφος, το νερό, τον αέρα καθώς και τα τρόφιμα. Ένα σημαντικό επίσης πρόβλημα που σχετίζεται κυρίως με τα οργανοχλωριωμένα αλλά αφορά και ορισμένα οργανοφωσφωρικά, είναι η "βιοσυσσώρευση" τους, δηλαδή η συγκράτηση και συγκέντρωση στον οργανισμό υπολειμμάτων μέσω της τροφής, του νερού, του εισπνεόμενου αέρα ή της δερματικής απορρόφησης (Madhun I. Freed, 1990). Πολύ μεγάλος αριθμός αναφορών υπάρχει σχετικά με τις δυσμενείς επιπτώσεις των εντομοκτόνων όχι μόνο στο περιβάλλον αλλά και στην υγεία των ανθρώπων. Παράλληλα αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν τα θετικά αποτελέσματα από τη χρησιμοποίηση των εντομοκτόνων, δίνοντας έμφαση κυρίως στον έλεγχο των εντόμων φορέων ασθενειών καθώς και στη βελτίωση της ποιότητας και την αύξηση της ποσότητας της αγροτικής παραγωγής. Κανένας, βέβαια, δεν μπορεί να αμφισβητήσει την ανάγκη για περισσότερες και καλύτερες γνώσεις των ιδιοτήτων και του τρόπου χρησιμοποίησής τους.

Στη συνέχεια γίνεται μία αναφορά στα βασικά στοιχεία για τη συμπεριφορά και την τύχη των εντομοκτόνων στο περιβάλλον έχοντας ως στόχο να εκτιμηθούν

"Οι συνέπειες από τη χρήση των εντομοκτόνων για το περιβάλλον,

Η συμπεριφορά ενός εντομοκτόνου στο περιβάλλον εξαρτάται από το είδος / χημικό τύπο του εντομοκτόνου που καθορίζει τις ιδιότητές του και την τοξικότητά του, και από τις περιβαντολλογικές συνθήκες. Για την εκτίμηση των συνεπειών θα πρέπει να ληφθεί

υπόψη τόσο το είδος του εντομοκτόνου όσο η έκθεση σ'αυτό, δηλαδή η δόση, η διάρκεια και η συχνότητα.

Η Τύχη των εντομοκτόνων στο περιβάλλον

Ένα εντομοκτόνο, όπως και όλα τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, μετά την εφαρμογή του θα φθάσει εν μέρη στο στόχο του ενώ ένα μέρος θα μετακινηθεί και πέρα απ' αυτόν. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι η χρησιμοποίηση σύγχρονων μορφών σκευασμάτων όπως σκευάσματα βραδείας απελευθέρωσης, επενδυτικά σπόρων, βρέξιμοι κόκκοι ή κόκκοι καθώς και Ψεκαστήρων ακριβείας, μπορούν να συμβάλλουν θετικά στη μείωση των ποσοτήτων που χανονται πέρα από το στόχο.

Γενικά, η παρακολούθηση της τύχης μιας χημικής ουσίας που ελευθερώνεται αποτελεί οπωσδήποτε μια πολύπλοκη διαδικασία. Αν αντιμετωπιστεί σε παγκόσμια κλίμακα, η τύχη της θα καθοριστεί επίσης από τους κυριότερους οικολογικούς και κλιματολογικούς παράγοντες.

Από τη στιγμή που το εντομοκτόνο εφαρμόζεται στο περιβάλλον, υφίσταται έναν αριθμό μετατροπών λόγω φυσικών, χημικών, φυσικοχημικών και βιοχημικών αντιδράσεων. Οι δράσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα είτε τη μετακίνησή του σε σημεία πέρα από το στόχο τους, είτε τη διάσπαση και το μεταβολισμό του. Τα προϊόντα διάσπασης ή μεταβολισμού μπορεί να εμφανίζουν ή όχι βιολογική δράση. Συχνά οι μεταβολίτες μπορεί να είναι περισσότερο τοξικοί των μητρικών. Έχει βρεθεί ότι κάθε εντομοκτόνο συμπεριφέρεται στο περιβάλλον σχετικά διαφορετικά από ένα άλλο, ακόμη και αν αυτά ανήκουν στην ίδια χημική ομάδα. Αυτές οι διαφορές οφείλονται στις διαφορετικές ιδιότητες που το καθένα έχει και το πώς επομένως αλληλεπιδρά με το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, εάν είναι γνωστή αυτή η σχέση που υπάρχει μεταξύ ιδιοτήτων και συμπεριφοράς, μπορεί να γίνει πρόβλεψη της συμπεριφοράς του και της τύχης του. Στο παρακάτω πίνακα συνοψίζεται η συσχέτιση

των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων ενός εντομοκτόνου με τη συμπεριφορά του στο περιβάλλον.

Σχέση φυσικοχημικών ιδιοτήτων εντομοκτόνων και συμπεριφοράς στο περιβάλλον

Ιδιότητα	Δράση
Υδατοδιαλυτότητα	Προσρόφηση, έκπλυση, πρόσληψη, μετακίνηση
Συντελεστής κατανομής οκτανόλης/ νερού, Pow	Προσρόφηση σε οργανική ύλη δυνατότητα βιοσυσσώρευσης
Τάση ατμών Υδρόλυση Βαθμός ανιονισμού	Εξάτμιση, μετακίνηση σε ατμόσφαιρα Παραμονη στο περιβάλλον Τρόπος πρόσληψης/προσρόφησης Παραμονή, δραστηκότητα
Χημική ενεργότητα	Μεταβολισμός, αποικοδόμηση (χημική, φωτοχημική, μικροβιολογική)

Για τη συνολική, επομένως, εκτίμηση των περιβαλλοντολογικών επιδράσεων ενός εντομοκτόνου θα πρέπει να εξεταστούν οι σχέσεις και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των διαδικασιών.

Απ' αυτό φαίνεται ότι το εντομοκτόνο σε οποιοδήποτε οικοσύστημα και αν περάσει - νερό, έδαφος, αέρα, οργανισμούς- μπορεί να υποστεί έναν αριθμό αντιδράσεων όπως υδρολύσεις, φωτολύσεις, οξειδοαναγωγές κ.λ.π. που θα οδηγήσουν στην αποικοδόμηση ή το μεταβολισμό του. Συγχρόνως όμως μπορεί να μετακινείται από το ένα οικοσύστημα στο άλλο. Γίνεται επομένως προφανές ότι το πρόβλημα της εισόδου και της τύχης ενός εντομοκτόνου στο περιβάλλον είναι αρκετά πολύπλοκο και δεν είναι εύκολο να αντιμετωπιστεί μεμονωμένα σε κάθε σύστημα.

Οι επιδράσεις που θα έχει και οι επιπτώσεις που θα προκύψουν δεν είναι οπωσδήποτε ορατές και μετρήσιμες άμεσα, αλλά συχνά εκφράζονται με δευτερογενείς δυσμενείς αλλαγές στο περιβάλλον και την ποιότητά του ή στον ίδιο τον οργανισμό, όπως για παράδειγμα τη μείωση της παραγωγικότητας των οργανισμών αντί της οξείας τοξικότητας και του θανάτου τους.

Το είδος και το μέγεθος των επιδράσεων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι αλληλοσυσχετίζονται και συχνά κάνουν δύσκολη την πρόβλεψη αλλά και την εκτίμηση του προβλήματος.

Οι παράγοντες αυτοί έχουν σχέση με:

Το ίδιο το εντομοκτόνο (χημικές και βιολογικές του ιδιότητες)

Τον οργανισμό πάνω στον οποίο θα έχει επίδραση

Τις βιολογικές αλληλεπιδράσεις (βιομεγένθυση και συνεργισμός)

Τα κριτήρια για την κατάταξη των εντομοκτόνων ως προς την επικινδυνότητά τους είναι:

α) η διάρκεια παραμονής στο περιβάλλον

β) η τοξικότητα και

γ) η δυνατότητα για βιοσυγκέντρωση

Η διάρκεια παραμονής ενός εντομοκτόνου αποτελεί βασικό κριτήριο για τη συμπεριφορά του στο περιβάλλον και το πλέον κατάλληλο μέτρο για να εκφραστεί είναι η ημιπερίοδος ζωής DT_{50} . Με κριτήριο το DT_{50} τα εντομοκτόνα χαρακτηρίζονται ως σταθερά ή έμμονα όταν το $DT_{50} > 100$ ημέρες ($k_d < 0.02 \text{ d}^{-1}$) και στα μη έμμονα, τα οποία έχουν $DT_{50} =$ ώρες έως 100 ημέρες ($K_d > 0.02 \text{ d}^{-1}$). Το κοινό χαρακτηριστικό που έχουν τα μόρια με μεγάλη DT_{50} και επομένως, μεγάλη διάρκεια παραμονής στο περιβάλλον, είναι η παρουσία σταθερών χημικών δεσμών. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν οι αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες χλωριωμένοι ή μη καθώς και κάποιες άλλες ομάδες ενώσεων στις οποίες οι χημικοί δεσμοί που κυρίως υπάρχουν είναι δεσμοί C-C, C-H ή CCl. Αυτοί οι

δεσμοί είναι οι πλέον σταθεροί σε διάφορες αντιδράσεις με αποτέλεσμα να προσδίδουν μεγάλη σταθερότητα και στα μητρικά μόρια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα οργανοχλωριωμένα να παραμένουν σταθερά στο περιβάλλον σε σύγκριση με τα οργανοσφωφορικά καρβαμιδικά και πυρεθροειδή στα οποία υπάρχουν στο μόριό τους δεσμοί κατάλληλοι να υποστούν υδρόλυση, οξειδωση κ.λ.π.. Η δυνατότητα μιας ουσίας για βιοσυσσώρευση, μπορεί να καθοριστεί από την τιμή του συντελεστή κατανομής ($\log P_{ow}$) στο σύστημα οκτανόλη/νερό. Η δυνατότητα βιοσυσσώρευσης για ένα εντομοκτόνο χαρακτηρίζεται υψηλή όταν $\log P > 6$, μέση όταν $\log P = 6 - 3$ και μικρή όταν $\log P < 3$.

Τέλος, η τοξικότητα είναι γνωστό ότι χαρακτηρίζεται από τις τιμές LD_{50} μετρημένη κυρίως σε επίμυες, για έκθεση, είτε με κατάποση, είτε από το δέρμα.

Με βάση αυτές τις τιμές τα εντομοκτόνα κατατάσσονται στις γνωστές κατηγορίες τοξικότητας. Είναι, βέβαια, γνωστό ότι στην ομάδα των εντομοκτόνων περιλαμβάνονται οι πλέον τοξικές για τον άνθρωπο και τα θηλαστικά ενώσεις από όλες τις χρησιμοποιούμενες στη γεωργία χημικές ουσίες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω κριτήρια, γίνεται η κατάταξη ορισμένων βασικών ομάδων εντομοκτόνων ως προς την επικινδυνότητα. Είναι προφανές ότι τις σοβαρότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον έχουν τα οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα και αυτός υπήρξε ο λόγος ως γνωστόν του περιορισμού της χρήσης τους στις περισσότερες χώρες. Παρόλ'αυτά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες κυρίως για σκοπούς προστασίας της δημόσιας υγείας (Shore et al, 1994).

Επιδράσεις Εντομοκτόνων στο περιβάλλον

Η χρήση των εντομοκτόνων έχει ως συνέπεια την παρουσία τους στα διάφορα οικοσυστήματα με αποτέλεσμα τη ρύπανση εδαφών, νερών και ατμόσφαιρας. Η συμπεριφορά τους στο κάθε

οικοσύστημα και η περαιτέρω τύχη των διαφόρων ομάδων εντομοκτόνων στο περιβάλλον θα αναφερθεί σύντομα παρακάτω.

Εδαφος

Τα εντομοκτόνα βρίσκονται στο έδαφος είτε από άμεση εφαρμογή τους σ'αυτο, είτε έμμεσα μετά από ψεκασμούς σε καλλιέργειες. Από διάφορες μελέτες έχει βρεθεί ότι το ποσοστό του εντομοκτόνου που φθάνει μετά τον ψεκασμό μιας καλλιέργειας στο έδαφος της καλλιέργειας αυτής, συχνά είναι υψηλό και μπορεί να ανέρχεται στο 60-70% της εφαρμοζόμενης ποσότητας (Beasley et al, 1983). Τα μόρια των εντομοκτόνων από το έδαφος μπορούν στη συνέχεια να απομακρυνθούν είτε αναλλοίωτα με φυσικοχημικές διεργασίες, προσρόφηση, έκπλυση, εξάτμιση ή απορρόφηση από τα φυτά, είτε αφού διασπαστούν με χημικές, φωτοχημικές ή μικροβιακές διεργασίες. Από τις ιδιότητες του κάθε εντομοκτόνου καθώς και από τον τύπο του εδάφους -κυρίως την περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία- εξαρτάται η συμπεριφορά και η τύχη που θα έχει στο έδαφος.

Οι τρεις κύριοι παράγοντες που εξαρτώνται κυρίως από τις ιδιότητες του εντομοκτόνου και καθορίζουν τη συμπεριφορά του στο έδαφος, είναι η διάρκεια παραμονής, η προσρόφηση και η τάση ατμών στην επιφάνεια του εδάφους (J.L. Baker, 1992).

Εντομοκτόνα με μικρή διαλυτότητα στο νερό προσροφούνται ισχυρά στο έδαφος και ανιχνεύονται δύσκολα στα νερά απορροής, όπως επίσης και σπάνια εκπλύνονται. Αντίθετα, εντομοκτόνα περισσότερο ευδιάλυτα, τα οποία έχουν ασθενή προσρόφηση έχουν τη δυνατότητα να εκπλυθούν και να φθάσουν τους υδροφόρους ορίζοντες. Η παρουσία των εντομοκτόνων aldicarb, carbofuran, diazinon, και lindane, έχει διαπιστωθεί σε υπόγεια και επιφανειακά νερά στις Η.ΠΑ και σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες (Ελευθεροχωρινός και Μενκίσογλου, 1996).

Η παρουσία εντομοκτόνων στο έδαφος επηρεάζει επίσης σοβαρά, άμεσα ή έμμεσα τόσο τη μικροπανίδα όσο και τη

μικροχλωρίδα. Οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα βρέθηκε να επηρεάζουν την ισορροπία μεταξύ διαφόρων ειδών αρθροπόδων του εδάφους, αν και υπάρχουν λίγες ενδείξεις για χρόνιες επιδράσεις στους μύκητες και τα βακτήρια του εδάφους. Σημαντική είναι επίσης η βιομεγένθυσή τους στους οργανισμούς του εδάφους (Hassal, 1990). Σε ορισμένες περιπτώσεις η παρουσία ενός εντομοκτόνου στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει σημαντικές αλλαγές στους πληθυσμούς των μικροοργανισμών, ευνοώντας την ανάπτυξη κάποιων κατάλληλων για το μεταβολισμό του εντομοκτόνου. Αναφέρεται (Suett, 1986) ότι ενώ το carbofuran παραμένει στο έδαφος 12-50 εβδομάδες, όταν χρησιμοποιήθηκε επανειλημμένα κάποια χρόνια στο ίδιο έδαφος, η τιμή της DT_{50} μειώθηκε σε λιγότερο από 20 μέρες. Στην περίπτωση αυτή διαπιστώθηκε η παρουσία πληθυσμών του βακτηρίου *Achromobacter* που μπορούσε να χρησιμοποιήσει το carbofuran ως μοναδική πηγή αζώτου.

Υδατικά συστήματα

Το ποσοστό των εντομοκτόνων που εφαρμόζεται άμεσα στα νερά είναι πολύ μικρό, σημαντικές όμως είναι οι ποσότητες που καταλήγουν στα υδατικά συστήματα. Εντομοκτόνα εισέρχονται στα νερά με την έκπλυση και την επιφανειακή απορροή των εδαφών, με κατακρήμνιση (βροχή ή αιωρούμενα σωματίδια) από την ατμόσφαιρα όπου έχουν εισέλθει λόγω εξατμίσεως ή προσροφημένα σε αιωρούμενα σωματίδια. Η έκπλυση των εντομοκτόνων από τα εδάφη και η μετακίνησή τους στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα και κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων νερών. Η Ε.Ε. με βάση τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των φυτοπροστατευτικών ουσιών έχει εκδώσει κοινοτική οδηγία 76/464 Ε.Ε.С. με σκοπό την προστασία της ποιότητας των πόσιμων και επιφανειακών νερών, στην οποία περιλαμβάνεται σημαντικός αριθμός από τα ευρείας χρήσεως εντομοκτόνα.

Τα εντομοκτόνα από τη στιγμή που θα φθάσουν σ' ένα υδατικό σύστημα, θα αραιωθούν λόγω της ροής, θα εξατμιστούν, θα προσροφηθούν στα αιωρούμενα σωματίδια και στο έδαφος του πυθμένα, ή θα προσληφθούν από μικροοργανισμούς. Μέσα από υδατικά συστήματα λαμβάνουν χώρα χημικές, βιοχημικές και φωτοχημικές αντιδράσεις, με συνέπεια τη διάσπαση ή αποικοδόμησή τους. Επειδή τα εντομοκτόνα είναι κυρίως υδρόφοβες χημικές ενώσεις, μέσα σ' ένα υδατικό περιβάλλον μετακινούνται συνήθως προσροφημένα πάνω σε στερεά σωματίδια. Έτσι, τα περισσότερα εντομοκτόνα ανεξάρτητα με ποιόν τρόπο φθάνουν σ' ένα υδατικό σύστημα (λίμνη, ποτάμι, ρυάκι, θάλασσα κλπ.), είτε θα είναι, προσροφημένα πάνω σε αιωρούμενα σωματίδια, είτε θα κατανεμηθούν αμέσως μεταξύ νερού-αιωρούμενων σωματιδίων και πυθμένος. Γι' αυτό και το έδαφος του πυθμένος ενός υδατικού συστήματος λειτουργεί ως αποθήκη-πηγή μελλοντικής εισόδου και ρύπανσης του νερού του συστήματος.

Η είσοδος και η παρουσία εντομοκτόνων σ' ένα υδατικό σύστημα θα έχει άμεσες συνέπειες που σχετίζονται με την τοξικότητά τους στους υδρόβιους οργανισμούς. Μακροχρόνια όμως, το κυριότερο πρόβλημα που δημιουργείται από την ύπαρξη εντομοκτόνων μέσα σ' ένα υδατικό σύστημα είναι η βιοσυσσώρευσή τους με αποτέλεσμα τη βιομεγέθυνσή τους στην τροφική αλυσίδα. Το εντομοκτόνο από το νερό, όπου μπορεί να βρίσκεται σε πολύ μικρή αραιώση περνά στο πλαγκτόν και στους άλλους μικροοργανισμούς και στη συνέχεια στα ψάρια και στα πτηνά. Ειδικά μάλιστα τα ψάρια, μπορεί να δεχτούν πολύ μεγάλες ποσότητες εντομοκτόνων, εκτός από την τροφική αλυσίδα, κατ' ευθείαν από το νερό που περνάει μέσα από τα βράγχια. Μ' αυτόν τον τρόπο ένα εντομοκτόνο βιοσυσσωρεύεται με αποτέλεσμα τη βιομεγέθυνσή του από το νερό στο ανώτερο μέλος της τροφικής αλυσίδας κατά 10^5 - 10^7 φορές. Γι' αυτό και τα αποτελέσματα της τοξικής επίδρασης ενός εντομοκτόνου γίνονται συνήθως αντιληπτά στα ανώτερα μέλη της τροφικής αλυσίδας, ψάρια ή πτηνά.

Ατμόσφαιρα

Στην ατμόσφαιρα τα εντομοκτόνα εισέρχονται είτε με τη μορφή σταγονιδίων ψεκασμού που παρασύρονται και μεταφέρονται πέρα από το στόχο τους, είτε με εξάτμιση από τις επιφάνειες που έχουν εφαρμοστεί. Μελέτη στην Αυστρία έδειξε ότι το 75% της ζημιάς που προκαλούν στην ατμόσφαιρα οι ψεκασμοί οφείλεται στους ατμούς παρά στις ίδιες τις σταγόνες που παρασύρονται (Thomson, 1983). Στην ατμόσφαιρα υφίστανται συνήθως αντιδράσεις διάσπασης, ενώ ένα ποσοστό μπορεί με την κατακρήμνιση να μεταφερθεί πίσω στο έδαφος ή τα υδατικά συστήματα (Richards et al, 1987).

Υπολείμματα εντομοκτόνων έχουν ανευρεθεί στην ατμόσφαιρα σε διάφορες περιοχές του πλανήτη και οι συγκεντρώσεις τους ήταν υψηλότερες σε περιοχές με έντονη γεωργική δραστηριότητα. Σε δείγματα αέρα πάνω από τον Ινδικό και τον Β. Ατλαντικό ωκεανό, και στις Ινδίες (Bildeman&Leonard,1982; Kaushik et al, 1987) ανιχνεύθηκαν υπολείμματα DDT και άλλων οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων. Επίσης σε δείγματα ομίχλης που συνελέγησαν από διάφορες περιοχές των Η.ΠΑ, βρέθηκαν τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα parathion, methyl-parathion, malathion, methidathion, chlorpyrifos, diazinon και τα αντίστοιχα οξο-παραγώγα τους, τα οποία είχαν χρησιμοποιηθεί στις αντίστοιχες περιοχές (Gloffely et al, 1987). Τέλος έχει διαπιστωθεί η παρουσία εντομοκτόνων και η επιβάρυνση του αέρα σε χώρους εργασίας καθώς και κατοικίας. Μετρήσεις έχουν δείξει την παρουσία εντομοκτόνου, των οποίων οι συγκεντρώσεις δεν υπερβαίνουν συνήθως τα όρια έκθεσης που έχουν θεσπιστεί (Leidy et al, 1993; Yeary & Leonard, 1993 ACS). Πρόσφατη έρευνα (Bradman et al, 1997) στην Καλιφόρνια, στο περιβάλλον της κατοικίας αγροτικών περιοχών έδειξε την παρουσία 10 φυτοπροστατευτικών ουσιών στα δείγματα σκόνης. Μεταξύ αυτών τα εντομοκτόνα diazinon και chlorpyrifos βρέθηκαν σε συγκεντρώσεις 0.7-169 και 0.2-33 ppm αντίστοιχα. Τα ίδια εντομοκτόνα ανιχνεύθηκαν και σε δείγματα από τα χέρια παιδιών /

ενοίκων, αποτέλεσμα που δείχνει την πιθανή έκθεση των παιδιών σε σημαντικές ποσότητες εντομοκτόνων μέσα στην κατοικία τους.

Επιδράσεις Εντομοκτόνων σε Οργανισμούς

Φυτά

Η επίδραση που μπορεί να έχουν τα εντομοκτόνα στα φυτά είναι οπωσδήποτε μικρότερης έντασης απ' ότι άλλων ομάδων φυτοπροστατευτικών ουσιών. Συνήθως συνίσταται στην μείωση ίσως της παραγωγής και κυρίως στην παρουσία τους ως υπολείμματα σε κάποια καλλιέργεια, γεγονός που θα μειώσει τελικά την αξία του προϊόντος. Απ' όλες τις τάξεις των εντομοκτόνων πάλι τα οργανοχλωριωμένα είναι αυτά που μπορούν να μετακινηθούν από το έδαφος όπου έχουν εφαρμοστεί και να εμφανιστούν ως υπολείμματα στους κονδύλους της επόμενης καλλιέργειας ή ακόμη να μεταφερθούν με εξάτμιση στα φύλλα (Brown, 1978). Από τα μέλη της ομάδας των οργανοχλωριωμένων το γ-HCH είναι εκείνο που προσλαμβάνεται και μετακινείται ευκολότερα και η παρουσία του σε κονδυλώδεις καλλιέργειες έχει αναφερθεί συχνά. Επίσης μπορούν να προκαλέσουν και ανώμαλη πυρηνοδιαίρεση στον μεριστωματικό ιστό. Τέλος, έχει παρατηρηθεί ότι η παρουσία εντομοκτόνων σε νερά μπορεί να είναι τοξική σε υδρόβια φυτά και άλγη (Butler, 1977). Στον πίνακα εμφανίζονται γενικά οι πιθανές επιδράσεις των εντομοκτόνων σε διάφορα φυτά.

Επιδράσεις εντομοκτόνων σε φυτά

Πίνακας 4

ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΟ ΠΙΘΑΝΗ ΔΡΑΣΗ	
Οργανοχλωριωμένα	
Εδαφος	Υπολείματα σε επόμενη καλλιέργεια → έκπλυση σε νερό → υδρόβια φυτά
Νερό	Αρδευση → μεταφορά σε φυτά
Οργανοφωσφωρικά, Καρβαμιδικά, Πυρεθροειδή	
Εδαφος	Μικρή παραμονή, ελάχιστη επίδραση στα φυτά
Νερό	Ορισμένα τοξικά σε άλγη

Έντομα

Είναι γνωστό ότι από όλα τα έντομα που υπάρχουν μόνο ένα ποσοστό περίπου 5% χαρακτηρίζονται ως εχθροί καθώς προκαλούν βλάβες στον άνθρωπο ή τις καλλιέργειες. Η πλειονότητα των εντομοκτόνων η οποία έχει χρησιμοποιηθεί και χρησιμοποιείται από το 1940 μέχρι σήμερα, είναι μάλλον μη εκλεκτικά με ευρέως φάσματος δράση κι επομένως η χρησιμοποίησή τους μπορεί να προκαλέσει βλάβες τόσο στα έντομα-στόχους όσο όμως και στα ωφέλιμα, τα αρπακτικά και τα παράσιτα των εντόμων εχθρών (Ware, Res. Rev 1980, 76). Αρκετά άρθρα επισκόπησης αναφέρονται στις επιδράσεις των εντομοκτόνων στα έντομα, εχθρούς και ωφέλιμα (Madhun & Freed, 1990). Ίσως απ' όλες τις επιπτώσεις των εντομοκτόνων στα έντομα, το μεγαλύτερο ενδιαφέρον εμφανίζει η τοξικότητα τους στις μέλισσες, οι οποίες εκτός της σοβαρής οικονομικής σημασίας για τους μελισσοπαραγωγούς, έχουν σημαντικότατο ρόλο στην επικοινωνία των φυτών. Τα εντομοκτόνα

φυσικά είναι η πλέον τοξική απ' όλες τις ομάδες των φυτοπροστατευτικών ουσιών στις μέλισσες. Από αυτά τα πλέον τοξικά για τις μέλισσες είναι τα καρβαμιδικά και τα οργανοφωσφορικά. Επίσης και τα πυρεθροειδή τα οποία δεν εμφανίζουν φυσικά εκλεκτικότητα μεταξύ των εντόμων.

Αρκετές περιπτώσεις αναφέρονται εμφάνισης τοξικότητας σε μέλισσες που προήλθε μετά από την εφαρμογή εντομοκτόνων. Μεταξύ των εντομοκτόνων το carbaryl είναι αυτό που πιο συχνά έχει βρεθεί να προκαλεί προβλήματα ειδικά στις ΗΠΑ, καθώς η χρήση του είναι πολύ ευρεία σε πλήθος καλλιεργειών για την αντιμετώπιση μεγάλου αριθμού εχθρών . Το carbaryl αν και εμφανίζει σχετικά μικρή τοξικότητα από το στόμα για τα θηλαστικά με $LD_{50}=700\text{mg/kg}$ σε σύγκριση με άλλα καρβαμιδικά ή και OP εντομοκτόνα είναι τοξικό για τις μέλισσες καθώς 1.5 μέλισσα προκαλεί το θάνατό της (Hassal, 1990).

Οι Anderson και Glowa (1984), αναφέρουν δηλητηρίαση μελισσών μεγάλης έντασης η οποία προκλήθηκε από εκτεταμένους ψεκασμούς εδάφους σε δεντρώδεις καλλιέργειες στις ΗΠΑ. Οκτώ εντομοκτόνα προσδιορίστηκαν τα carbaryl, methyl parathion, diazinon, acephate, endosulfan, chlordane, methoxychlor και malathion, από τα οποία το carbaryl ήταν το πλέον συχνά ανιχνεύσιμο και το methyl parathion το πλέον τοξικό. Επίσης από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα εντομοκτόνα το carbofuran είναι από τα πλέον τοξικά για τις μέλισσες. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τις επιδράσεις των εντομοκτόνων στις μέλισσες και γενικότερα στα έντομα επικοινωνίας είναι αφ' ενός το είδος του σκευάσματος, αφ' ετέρου όμως και η ώρα εφαρμογής τους σε σχέση με τις πτήσεις των μελισσών. Υγρά σκευάσματα είναι λιγότερο τοξικά από τις σκόνες σε αντίστοιχη δόση όπως επίσης και από εφαρμογή ψεκασμών ULV (Madhun & Freed, 1990). Τέλος εντομοκτόνα παραμένουν ως υπολείμματα στα προϊόντα της μέλισσας και έχουν βρεθεί και αναφερθεί σε μέλισσες, γύρη και μέλι.

Σημαντικές είναι οι επιπτώσεις των εντομοκτόνων στα ωφέλιμα έντομα με τελικό αποτέλεσμα τη διαταραχή της ισορροπίας του

οικοσυστήματος. Πρόσφατα αναφέρεται από τους Theiling και Croft (1988), η ανάπτυξη προγράμματος Η/Υ που αφορά τις παρενέργειες 400 γεωργικών φαρμάκων σε περισσότερα από 600 είδη φυσικών εχθρών. Προκύπτει ότι τα αρπακτικά είναι λιγότερο ευαίσθητα κι εμφανίζουν μεγαλύτερη ποικιλία αντίδρασης στα εντομοκτόνα απ' ό τι τα παρασιτοειδή. Από τα πιο ανθεκτικά είναι η αράχνη *Lycosa pseudoannulta* το είδος *Cryptolaemus montronzieri* και το είδος *Chrysopa carnea*. Τα περισσότερα από τα συνήθως χρησιμοποιούμενα ΟΡ είναι θανατηφόρα στα έντομα της οικογένειας *Coccinellidae* (Mani et al, 1988). Τέλος τα πυρεθροειδή φαίνεται να εμφανίζουν γενικά τη μεγαλύτερη τοξικότητα στα ωφέλιμα.

Ψάρια

Η εφαρμογή των εντομοκτόνων σε ευρεία κλίμακα σε χωράφια, δάση ή και υδάτινους όγκους έχει σημαντικές επιδράσεις στα ψάρια και γενικότερα στην αλιεία με αποτελέσματα είτε άμεσα, όπως ο θάνατος των ψαριών είτε έμμεσα, όπως προβλήματα αναπαραγωγής και συμπεριφοράς. Περιπτώσεις οξείας τοξικότητας ψαριών η οποία προκαλείται από σύντομης διάρκειας έκθεση σε θανατηφόρες συγκεντρώσεις εντομοκτόνων έχουν αναφερθεί αρκετές κυρίως στις ΗΠΑ και είχαν ως συνέπεια σημαντικές οικονομικές απώλειες στην αλιεία.

Από τις διάφορες τάξεις των εντομοκτόνων τα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά προκαλούν κυρίως επιπτώσεις οξείας τοξικότητας, καθώς η διάρκεια παραμονής τους σε υδατικά συστήματα είναι σύντομη. Επίσης τα πυρεθροειδή, τα οποία ως γνωστόν εμφανίζουν σχετικά χαμηλή τοξικότητα στα θηλαστικά και τον άνθρωπο, είναι τοξικά για τα ψάρια. Στην περίπτωση αυτή φαίνεται ότι η διάκριση στον βαθμό τοξικότητας δε γίνεται μεταξύ σπονδυλωτών και ασπόνδυλων, αλλά μεταξύ θερμόαιμων και ψυχρόαιμων ζώων. Όσον αφορά τα οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα η τάξη αυτή είναι που έχει ανιχνευτεί κυρίως ως υπολείμματα σε διάφορα είδη ψαριών και αποτελεί πλέον κοινή γνώση η

βιοσυσσώρευση και βιομεγένθυση τους. Αν και οι συγκεντρώσεις αυτές δε συνεπάγονται ορατά συμπτώματα τοξικότητας, εν τούτης μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της θνησιμότητας των ψαριών καθώς επηρεάζεται η κινητικότητά τους, η συμπεριφορά τους και η αναπαραγωγική τους ικανότητα.

Η εκτεταμένη παρουσία υπολειμμάτων οργανοχλωριωμένων εντομοκτόνων σε ψάρια και η σχετική ανασκόπηση του θέματος έχει τεκμηριωθεί από διάφορους ερευνητές (Johnson, D.W., 1973, Brown, 1978, Holden, 1973, Schmitt, 1981, Hunter, 1980).

Ψεκασμοί δασών στις ΗΠΑ και Καναδά έχουν προκαλέσει βλάβες σημαντικές στους πληθυσμούς ψαριών (Madhun & Freed, 1990). Στις περισσότερες περιπτώσεις οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα ήταν υπεύθυνα, εκτός από δύο περιπτώσεις οργανοφωσφορικών που αναφέρθηκαν στην Καλιφόρνια. Μία πολύ χαρακτηριστική περίπτωση εκτεταμένης καταστροφής ψαριών που έχει αναφερθεί, είναι ο μαζικός θάνατος πάνω από 10 εκατομμυρίων Ψαριών μεταξύ 1960-1963 στον ποταμό Μισισσιπή και στις εκβολές στη Λουϊζιάνα, που αποδόθηκε κυρίως στο εντομοκτόνο endrin. Ακόμη και εκχυλίσματα της λάσπης και των ιστών των θανατωμένων ψαριών προκάλεσαν το θάνατο στα είδη που χρησιμοποιήθηκαν στις βιοδοκιμές.

Γενικά και στην περίπτωση των ψαριών η οξεία τοξικότητα που προκαλεί άμεσα συμπτώματα είναι εύκολο να εκτιμηθεί. Αποτελέσματα όμως χρόνιας τοξικότητας δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν καθώς υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες που αλληλεπιδρούν.

Πτηνά

Από τις πρώτες εφαρμογές των εντομοκτόνων στη δεκαετία του 1950 έχουν ήδη διαπιστωθεί προβλήματα τοξικότητας και θάνατοι πουλιών έχουν αποδοθεί σε δηλητηριάσεις από αυτά (Madhun & Freed, 1990). Η εκτεταμένη εφαρμογή του DDT για τον έλεγχο εντόμων στις ΗΠΑ προκάλεσε το θάνατο διάφορων πουλιών της

ανατολικές και μεσοδυτικές πολιτείες όπου αναφέρεται ότι τουλάχιστον 94 είδη πουλιών βρέθηκαν νεκρά. Επίσης η χρησιμοποίηση των οργανοχλωριωμένων heptachlor και dieldrin για τον έλεγχο εντόμων (fire out) οδήγησε σε μαζικούς θανάτους πουλιών στους ψεκασμένους αγρούς. Στον πίνακα αναφέρονται επιλεκτικά ορισμένες περιπτώσεις δηλητηριάσεων πουλιών οι οποίες προκλήθηκαν από διάφορα εντομοκτόνα

Από τις διάφορες τάξεις των εντομοκτόνων τα οργανοχλωριωμένα είναι αυτά τα οποία έχει βρεθεί ότι προκαλούν χρόνια προβλήματα κυρίως στην αναπαραγωγή. Η λέπτυνση του κελύφους των αυγών είναι πλέον διαπιστωμένο ότι προκαλείται από το DDE μεταβολίτη του DDT.

Υπολείμματα OC εντομοκτόνων σε διάφορα είδη πτηνών

Εντομοκτόνο	Είδος	Περιοχή	Βιβλ. Πηγή
Parathion	Χήνα	ΗΠΑ, Τέξας	White et al, 1982
Garbofuran	Διάφορα	ΗΠΑ, Τέξας	Flickinger et al 1986
Azodrin	Διάφορα	ΗΠΑ, Λουιζιάνα	White et al, 1983
Monocrotophos	Διάφορα	ΗΠΑ, Τέξας	Flickinger et al 1986
Aldrin, Dieldrin, Heptachlor	Διάφορα	Μ.Βρετανία	Madhun&Freed, 1990
OC	Διάφορα	ΗΠΑ, (1950-1960)	Madhun&Freed 1990
Bendiocarb	Διάφορα	Μ.Βρετανία	Hardy, 1990

Μετρήσεις που έχουν γίνει σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων αυγών σε χώρες της Ευρώπης και ΗΠΑ διαφόρων ειδών πτόλεων έχουν δείξει ότι το πάχος του κελύφους των αυγών τους παρουσιάζει μείωση που κυμαίνεται από 5-26%. Σε όλες τις περιπτώσεις οι αναλύσεις έδειξαν παρουσία DDE και η ποσότητά του είχε γραμμική σχέση με τη μείωση του πάχους του κελύφους. Ειδικότερα τα αρπακτικά πουλιά τα οποία τρέφονται με ψάρια ή άλλα πουλιά,

εμφανίζουν εντονότερο το πρόβλημα καθώς υπεισέρχεται και ο παράγοντας της βιομεγένθυσης μέσω της τροφικής αλυσίδας.

Παρόλο που η χρήση των ΟC έχει σταματήσει ήδη από τις αρχές του 1970, εντούτοις δείγματα πουλιών από αγρούς και οπωρώνες στις ΗΠΑ, που αναλύθηκαν στα πλαίσια προγραμμάτων παρακολούθησης στο διάστημα 1978-1983 έδειξαν στο 96% των δειγμάτων παρουσία DDE και στο 46% παρουσία DDT. Πράγματι αναλύσεις δείχνουν ότι ακόμη και στο τέλος της δεκαετίας του 1980 υπολείμματα ΟC ανιχνεύονται σε ιστούς πουλιών σε διάφορες χώρες της Ευρώπης και της Αμερική (Madhun and Freed, 1990).

Θηλαστικά

Η έκθεση των θηλαστικών όπως και των ανθρώπων στα εντομοκτόνα γίνεται κυρίως μέσω της τροφής τους. Η μέτρηση της ποσότητας υπολειμμάτων σε ιστούς ή ακόμη και αλλαγών σε βιοχημικές παραμέτρους όπως είναι το επίπεδο της ακετυλενοχολινεστεράσης δείχνει την έκθεση των οργανισμών στα εντομοκτόνα αλλά όχι τα αποτελέσματα που η έκθεση αυτή συνεπάγεται για τον οργανισμό τον ίδιο ή τον πληθυσμό του. Οι πληροφορίες που μπορούμε να έχουμε για τις επιπτώσεις που έχει η έκθεση ενός οργανισμού στα εντομοκτόνα προέρχονται κυρίως από πειράματα δόσεως-ανταποκρίσεως που γίνονται σε πειραματόζωα και επέκταση των αποτελεσμάτων τους στα άλλα είδη ζώων και φυτών στον άνθρωπο.

Είναι γνωστό ότι η επέκταση των συμπερασμάτων από αυτού του είδους τα πειράματα και η πρόβλεψη των επιπτώσεων που θα έχουν τα εντομοκτόνα στα διάφορα είδη ζώων έχουν το μειονέκτημα της μεγάλης παραλλακτικότητας που εμφανίζεται μεταξύ των διαφορετικών ειδών. Επομένως δεν υπάρχουν άμεσες πληροφορίες για τις οικοτοξικολογικές επιπτώσεις των εντομοκτόνων στα διάφορα είδη ζώων.

Από τις διάφορες τάξεις εντομοκτόνων τα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά είναι γνωστό ότι εμφανίζουν μεγαλύτερη οξεία τοξικότητα

απ' ότι τα οργανοχλωριωμένα και πυρεθροειδή. Η βασική τοξική τους δράση είναι η παρεμπόδιση της ακετυλοχολινεστεράσης η οποία προκαλείται άμεσα από τα καρβαμιδικά και ορισμένα οργανοφωσφορικά ή μετά από μετατροπή των περισσότερων οργανοφωσφορικών στο αντίστοιχο ενεργό οξο-παράγωγο. Επίσης ορισμένα οργανοφωσφορικά στα οποία περιλαμβάνεται το chloropyrifos έχει βρεθεί ότι μπορεί να προκαλέσουν νευροπάθεια επειδή αναστέλλουν τη δράση μιας πρωτεΐνης, γνωστής ως "neuropathy target esterase" (Hassal, 1990, Shore & Donben, 1991).

Η τοξικότητα των εντομοκτόνων μεταξύ των διαφόρων ειδών μπορεί να διαφέρει σημαντικά και αναφέρονται τιμές LD₅₀ για την ίδια δραστική ουσία με διαφορά δύο ή τρεις τάξεις μεγέθους. Οι επιδράσεις των οργανοφωσφορικών και καρβαμιδικών στα θηλαστικά σε αντίθεση με τα οργανοχλωριωμένα δε σχετίζονται με την παρουσία υπολειμμάτων τους γιατί μεταβολίζονται σχετικά γρήγορα και δεν μπορούν να οδηγήσουν σε συσσώρευση υπολειμμάτων στους ιστούς. Ο καλύτερος δείκτης για να μετρηθεί η δράση τους σε ένα οργανισμό είναι η μέτρηση της παρεμπόδισης της AchE στον εγκέφαλο ή το σώμα αν και στην περίπτωση των καρβαμιδικών που συμβαίνει γρήγορα η επαναενεργοποίηση του ενζύμου δεν είναι πάντα εύκολη ή μέτρηση αυτή.

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι διάφορα μικρά ζώα έχουν δηλητηριαστεί από οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά (Shore & Donben, 1994). Επίσης, μειώσεις πληθυσμών από μικρά άγρια ζώα έχουν αποδοθεί στην χρήση οργανοφωσφορικών και καρβαμιδικών στις αντίστοιχες περιοχές, χωρίς όμως να είναι απόλυτα τεκμηριωμένο. Γενικά η μείωση της δράσης της AchE στον εγκέφαλο ή το αίμα είναι ο δείκτης που μετρείται για να αποδοθεί μια έκθεση σε υποθανατηφόρο δόση παρόλο που υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ειδών και δε θα να θεωρείται ως απόλυτο κριτήριο.

Ενδείξεις, για χρόνια τοξικότητα από καρβαμιδικά δεν υπάρχουν τελείως διευκρινισμένες. Μελέτες που έχουν γίνει, χρησιμοποίησαν αρκετά υψηλές δόσεις για να βρουν μετρήσιμα αποτελέσματα.

Κάποια πειράματα όμως που έγιναν με carbaryl έδειξαν τερατογένεση σε κουνέλια που ετράφησαν μεταξύ της 6-18 ημέρα της κύησής τους, ενώ σε πιθήκους παρατηρήθηκε αύξηση των αποβολών. Το methomyl προκάλεσε μείωση της αιμογλοβίνης του αίματος των θηλυκών ποντικών σε μια μελέτη 22 εβδομάδων.

Γενικά, για να γίνει πρόβλεψη των κινδύνων που ενέχουν τα οργανοφωσφορικά και καρβαμιδικά εντομοκτόνα στα διάφορα θηλαστικά λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα που υπάρχουν σχετικά με τη συμπεριφορά τους στο περιβάλλον, τη διάρκεια παραμονής τους, τη δόση και τον τρόπο εφαρμογής τους και την τοξικότητα. Με βάση τα δεδομένα αυτά και τα εργαστηριακά πειράματα εκτιμώνται τα οικοτοξικολογικά δεδομένα. Η εύρεση και ο καθορισμός κατάλληλων βιοχημικών και φυσιολογικών δεικτών που μπορούν να μετρηθούν στο εργαστήριο θα βοηθήσει στην καλύτερη εκτίμηση των επιπτώσεων των εντομοκτόνων στα θηλαστικά.

Όσον αφορά στα οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα υπάρχει μεγάλος αριθμός αναφορών που δείχνει απώλειες άγριων ζώων που οφείλονται σε δηλητηριάσεις από οργανοχλωριωμένα (Madhun & Freed, 1990). Οι επιπτώσεις που έχουν τα οργανοχλωριωμένα στα θηλαστικά γενικά μπορούν να προβλεφθούν με προέκταση των αποτελεσμάτων από εργαστηριακά πειράματα δόσεως-ανταποκρίσεως κατευθείαν στα ζώα του αγρού καθώς έχει διαπιστωθεί ότι οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων ειδών για τα περισσότερα οργανοχλωριωμένα δεν είναι σημαντικές. Γενικά όμως όταν συσχετίζονται αποτελέσματα πειραμάτων αυτού του είδους, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν σοβαρά η περιεκτικότητα σε λίπος των διαφόρων οργανισμών καθώς και ο τρόπος μεταβολισμού του σε κάθε οργανισμό.

Ζώα με μεγάλο ποσοστό λίπους μπορούν να ανεχτούν υψηλότερες δόσεις βραχείας εκθέσεως σε οργανοχλωριωμένα χωρίς να εμφανίσουν συμπτώματα, σε σύγκριση με αδύνατα ζώα. Πράγματι στα πρώτα τα οργανοχλωριωμένα προσλαμβάνονται και αποθηκεύονται στο λίπος πριν φθάσουν στον εγκέφαλο θανατηφόρες

ποσότητες τους. Προς το παρόν δεν υπάρχει ένδειξη ότι όταν τα οργανοχλωριωμένα βρίσκονται αποθηκευμένα στο λίπος εμφανίζουν τοξική δράση στον οργανισμό. Εντούτοις, οργανοχλωριωμένα μπορούν να ελευθερωθούν από το λίπος με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ποσότητα που φθάνει στον εγκέφαλο κι έτσι να προκληθεί μέχρι και θάνατος. Αν και γίνεται πάντα προσπάθεια από τα εργαστηριακά τοξικολογικά πειράματα να προβλεφθούν οι επιπτώσεις συνήθως δυσμενείς που υπάρχουν για το περιβάλλον, διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι ενώσεις που είναι σταθερές και μπορούν να βιοσυσσωρευτούν όπως είναι τα OC επηρεάζουν δυσμενώς τις οικολογικές παραμέτρους που είναι σημαντικές για την επιβίωση και την αναπαραγωγή των ειδών με αποτέλεσμα τη μείωση του πληθυσμού των θηλαστικών. Η σοβαρότητα και η έκταση αυτών των επιπτώσεων φυσικά διαφέρει μεταξύ των ειδών καθώς εξαρτάται κι επηρεάζεται από ποικίλους οικολογικούς παράγοντες. Δυστυχώς από τα εργαστηριακά πειράματα δεν είναι δυνατό να γίνει πρόβλεψη της έκτασης και της διάρκειας των επιπτώσεων των οργανοχλωριωμένα στους πληθυσμούς

Άνθρωποι

Η έκθεση των ανθρώπων στα εντομοκτόνα μπορεί να γίνει είτε κατά την εφαρμογή τους είτε από την παρουσία τους στο περιβάλλον, νερό, έδαφος, αέρα, φυτά και κυρίως τρόφιμα. Εάν αυτή η έκθεση έχει βιολογική δράση κι επομένως επιπτώσεις στον άνθρωπο εξαρτάται από τη διάρκεια, τη δόση και την τοξικότητα.

Η ποσότητα των εντομοκτόνων στην οποία εκτίθεται η πλειονότητα των ανθρώπων, είναι της τάξεως των μg . Αυτές είναι οι ποσότητες στις οποίες βρίσκονται συνήθως στο περιβάλλον ή στα τρόφιμα τα εντομοκτόνα. Οι ποσότητες αυτές είναι βέβαια μετρήσιμες καθώς η σύγχρονη τεχνολογία έχει αναπτύξει όργανα και τεχνικές που δίνουν τη δυνατότητα στους αναλυτές χημικούς να μετρούν ποσότητες πολύ μικρές. Αυτές οι ποσότητες στις περισσότερες περιπτώσεις δεν έχουν και βιολογική δράση, δεν είναι όμως προς το

παρόν αποδεδειγμένο με βάση επιδημιολογικές ή τοξικολογικές μελέτες στον άνθρωπο, τι πιθανές συνέπειες μπορούν να έχουν. Η πλέον εκτεταμένη στα εντομοκτόνα κατηγορία ανθρώπων είναι οι εργαζόμενοι στη γεωργία και στην παραγωγή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Ένας εργαζόμενος σ' αυτήν την περίπτωση είναι δυνατό να προσλάβει καθημερινά δόσεις που οι ποσότητές τους είναι της τάξεως των μg ή mg . Καθημερινή ή συχνή έκθεση σε τέτοιες ποσότητες μπορεί να έχει ως συνέπεια υψηλό κίνδυνο οξείας ή χρόνιας τοξικότητας σε σύγκριση με την έκθεση ενός ατόμου στα εντομοκτόνα μέσω των υπολειμμάτων που παραμένουν στην τροφή ή στο περιβάλλον. Τέλος, η έκθεση των ανθρώπων στις δόσεις εντομοκτόνων που αναφέρθηκαν παραπάνω θα πρέπει να διαχωριστεί από την έκθεση σε υψηλές ποσότητες που μπορεί να συμβεί σε περίπτωση ατυχημάτων από λανθασμένη χρήση, χωρίς τη λήψη των κατάλληλων προστατευτικών μέτρων.

Η κάθε κατηγορία εντομοκτόνων, ανάλογα με τον τρόπο δράσης που εμφανίζει, εκδηλώνει κι επιφέρει διαφορετικά συμπτώματα δράσης της οξείας ή χρόνιας τοξικότητας.

Είναι γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια οι υποχρόνιες επιδράσεις των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και ειδικότερα η χρόνια επίδραση της καρκινογένεσης έγιναν αντικείμενο μεγάλης δημοσιότητας δημιουργώντας σοβαρές ανησυχίες στους καταναλωτές. Μεταξύ όλων των φυτοπροστατευτικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται τα εντομοκτόνα εμφανίζουν υψηλότερη τοξικότητα στα θηλαστικά και είναι επίσης πιθανό να εμφανίζουν πιο συχνά προβλήματα οξείας τοξικότητας.

Το θέμα της εμφάνισης κλινικών συμπτωμάτων δηλητηρίασης σε εργάτες γεωργικών καλλιεργειών μετά από εργασία σε αγρούς πρόσφατα ψεκασμένους με εντομοκτόνα, αναφέρθηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1950 (Pogendorf,). Η αιτία των δηλητηριάσεων αποδόθηκε στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις υπολειμμάτων που είχαν παραμείνει διαθέσιμα στο φύλλωμα των καλλιεργειών με το οποίο ήρθαν σε επαφή οι εργαζόμενοι κατά τη συλλογή των προϊόντων.

Διαπιστώθηκε λοιπόν η ανάγκη για την παρέλευση ενός χρονικού διαστήματος μεταξύ της εφαρμογής των εντομοκτόνων και της επαναεισόδου για εργασία στον αγρό. Για τον καθορισμό του χρόνου επαναεισόδου στον αγρό λαμβάνονται υπόψιν κριτήρια που έχουν σχέση με το ίδιο το εντομοκτόνο και τις περιβαλλοντολογικές / κλιματολογικές συνθήκες χωρίς να υπάρχουν μετρήσεις σχετικά με το επίπεδο των υπολειμμάτων στην καλλιέργεια η οποία λαμβάνει υπόψιν τα διαθέσιμα δεδομένα από τις συγκεντρώσεις των υπολειμμάτων στις καλλιέργειες και την εκτιμώμενη ημιπερίοδο ζωής $DT_{1/2}$ έδειξε ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις από διαστήματα που είχαν τεθεί αρχικά. Σε 9 περιπτώσεις τα διαστήματα ήταν ανεπαρκή, σε 10 εντομοκτόνα ήταν επαρκή και μόνο για ένα το *Metasystox*, ήταν το μεγαλύτερο (Pogendorf, 1992).

Τα εντομοκτόνα μαζί με τα μυκητοκτόνα εμφανίζονται συχνότερα ως υπολείμματα φυτοπροστατευτικών ουσιών σε αγροτικά προϊόντα. Μελέτες ελέγχου υπολειμμάτων φυτοπροστατευτικών ουσιών σε αγροτικά προϊόντα σε προγράμματα ελέγχου των αγροτικών προϊόντων και σε μελέτες ολικής διατροφής στις ΗΠΑ δείχνουν, ότι τα συχνότερα ανιχνευόμενα υπολείμματα είναι των εντομοκτόνων methamidophos, chloropyrifos, endosulfan, permethrin (Ocunura, 1991). Ανάλογα είναι τα αποτελέσματα από προγράμματα ελέγχου των αγροτικών προϊόντων σε άλλες χώρες της Ευρώπης (Noghaim, 1990) (Βέλγιο, Μ. Βρετανία, Ισπανία) και Καναδά (Neidert, 1996). Στην Ελλάδα παρακολούθηση των υπολειμμάτων φυτοπροστατευτικών ουσιών στα αγροτικά προϊόντα πραγματοποιείται για σημαντικό αριθμό δ.ο. εντομοκτόνων. Ο αριθμός των δειγμάτων προς το παρόν δε μπορεί να δώσει ανάλογη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και αξιόπιστα συμπεράσματα για το σύνολο των αγροτικών προϊόντων. Αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από ερευνητές (Μηλιάδης, 1996) για συγκεκριμένα προϊόντα και εντομοκτόνα. Οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα αντιστοιχούν περίπου στο 25% του συνόλου των χρησιμοποιούμενων φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα στην Ελλάδα εντομοκτόνα και η τύχη τους στο περιβάλλον. Το μεγαλύτερο ποσοστό ανήκει στα OP και μόνο δύο είναι OC.

20 κυριότερα Εντομοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν στην Ελλάδα τα τελευταία 5 χρόνια

Δ.ο.	Ομάδα	Τρόπος δράσης	Βιοχημική δράση	Φυτοτοξικότητα #
Perathion Methyl	OP	Επαφής, στομάχου, δράση ατμών(E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Methamidophos	OP	Επαφής και στομάχου (Δ/Σ)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Methidathion	OP	Επαφής και στομάχου (E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Fenthion	OP	Επαφής, στομάχου, δράση ατμών(E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Phorate	OP	Επαφής και στομάχου (Δ/Σ)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Chlorpyrifos	OP	Επαφής, στομάχου, δράση ατμών(E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Monocrotophos	OP	Επαφής και στομάχου ταχεία διαπίδηση στους φυτ. Ιστούς (Δ/Σ)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Dimethoate	OP	Επαφής και στομάχου (Δ/Σ)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Carbofuran	Car	Επαφής και στομάχου (Δ/Σ)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Endosulfan	OC	Επαφής και στομάχου (E)	Αντ/στής GABA	Ανθ/κα,Θερ/πίου
Carbaryl	Car	Επαφής και στομάχου (E)	Ασθ. Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Phosmet	OP	Επαφής κυρίως (E)	Παρ/στής	Δεν παρατηρήθηκε

			AchE	
Diazinon	OP	Επαφής, στομάχου, δράση ατμών(E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Malathion	OP	Επαφής, στομάχου, δράση ατμών(E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Dazomet	-	Προφυτευτική απολύμανση εδάφους. Νηματώδεις, μύκητες, ζιζάνια, έντομα	Μη επιλεκτική αναστολή ενζύμων	Πράσινα μέρη
Ethoprop	OP	Επαφής (Εντομ.νηματοδ.)(E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Dicofol	OC	Επαφής κυρίως (E)		Δεν παρατηρήθηκε
Phosalone	OP	Επαφής και στομάχου (E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Triazophos	OP	Ευρέως φάσματος επαφής στομάχου, διαπερνά σε βάθος (E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε
Acephate	OP	Επαφής και στομάχου (E)	Παρ/στής AchE	Δεν παρατηρήθηκε

OP: οργανοφωσφορικά, OC οργανοχλωριόμενα, Car Καρβαμιδικά, E επαφής, Δ/Σ Διασυστηματική, # Για τη συνηστώμενη δόση εφαρμογής

Από όσα έχουν αναφερθεί προκύπτει ότι τα εντομοκτόνα στο περιβάλλον υφίστανται ένα αριθμό φυσικών (κατακρήμνιση, προσρόφηση, εκρόφηση, εξάτμιση), χημικών (υδρόλυση, οξειδωση, φωτόλυση), και βιολογικών (βιοαπίικοδόμηση) αντιδράσεων. Η

παρουσία τους καθώς και των μεταβολιτών τους μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά από δυσμενείς επιπτώσεις. Χωρίς αμφιβολία κρίνεται απαραίτητη η έρευνα και προώθηση Προγραμμάτων Ολοκληρωμένης Παραγωγής Αγροτικών Προϊόντων, η εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων φυτοπροστασίας και η χρησιμοποίηση χημικών μέσων που

προκαλούν μικρή επιβάρυνση στο περιβάλλον, σε συνδυασμό με την εκπαίδευση γεωτεχνικών και παραγωγών στην ορθή χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Ολοκληρωμένες επιδημιολογικές μελέτες θα βοηθήσουν την αξιόπιστη εκτίμηση των κινδύνων και των επιπτώσεων των εντομοκτόνων στην υγεία. Συγχρόνως είναι απαραίτητος ο συστηματικός έλεγχος και η παρακολούθηση των αγροτικών προϊόντων και των οικοσυστημάτων για υπολείμματα, με παράλληλη αυστηρότερη εφαρμογή της σχετικής νομοθεσίας.

Επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στα ωφέλιμα έντομα

Η εκλεκτικότητα στη δράση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων (Φ.Π.) σχετίζεται αφενός, με καθαυτή την τοξικότητα τους και αφετέρου, με τη μέθοδο και το χρόνο της εφαρμογής τους. Σε 103 Φ.Π. που μελετήθηκαν από τη Διεθνή Ομάδα Εργασίας "Φυτοπροστατευτικά Προϊόντα και Ωφέλιμα Αρθρόποδα" (IOBC/WPRS) κατά τη διάρκεια 1977-1994, σε δοκιμές εργαστηρίου, ο μεγαλύτερος αριθμός Φ.Π. υψηλής τοξικής παρενέργειας σημειώθηκε σε εντομοκτόνα, ένας μικρότερος σε ζιζανιοκτόνα και ένας ακόμη μικρότερος αριθμός σε μυκητοκτόνα. Στα πιο πάνω Φ.Π. που μελετήθηκαν, περιλαμβάνονται 11 εντομοκτόνα, 22 μυκητοκτόνα και 11 ζιζανιοκτόνα που βρέθηκαν να έχουν σχετικά χαμηλή τοξική παρενέργεια.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν η αύξηση του πληθυσμού ενός βλαβερού εντόμου φθάνει το επίπεδο οικονομικής

ζημίας, πολύ λίγες άλλες λύσεις,πλὴν της χρήσης Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων (Φ.Π.), υπάρχουν, ώστε να αποτραπεί η ζημία (Smith,1970). Στην Ολοκληρωμένη Καταπολέμηση (Integrated Pest Management), η επιζήτηση εκλεκτικότητας των Φ.Π., έχει ως στόχο την επιτυχία της ωφέλειας

από την εφαρμογή τους, με ελαχιστοποίηση των καταστρεπτικών παρενεργειών τους (Wurster,1972). Η εκλεκτικότητα των Φ.Π, επιζητείται, ώστε να προστατεύονται οι ζωντανοί και ιδιαίτερα οι ωφέλιμοι οργανισμοί στο οικοσύστημα. Η εκλεκτικότητα των Φ.Π. είναι κυρίως δύο τύπων, αφενός εκείνη που σχετίζεται με καθαυτή την τοξικότητα του Φ.Π. και αφετέρου εκείνη που σχετίζεται με τις μεθόδους χρήσης του Φ.Π. (Davis & Hoyt, 1979).

ΕΚΛΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Φ.Π.

Η αποφυγή καταστροφής πληθυσμών των ωφελίμων αρθροπόδων από την εφαρμογή Φ.Π. είναι δυνατή με την επιζήτηση Φ.Π. σχετικά χαμηλής τοξικής παρενέργειας και σχετικά μικρής διάρκειας υπολειμματικής τοξικής δράσης. Τα περισσότερα Φ.Π., από τη φύση τους δεν είναι εκλεκτικά και μέχρι πρότινος δοκιμές για τις παρενέργειες τους στα αρθρόποδα φυσικών εχθρών των βλαβερών εντόμων δεν ήταν υποχρεωτικές. Ετσι, λόγω της μεγάλης σημασίας των ωφελίμων αρθροπόδων στην πρόληψη της ανάπτυξης και στην καταπολέμηση πληθυσμών εχθρών των καλλιεργειών, συστήθηκε από το Διεθνή Οργανισμό Βιολογικής Καταπολέμησης (I.O.B.C/W.P.P.C), το 1974, η Ομάδα Εργασίας "Φ.Π. και Ωφέλιμα Αρθρόποδα" με σκοπό (1) την ανάπτυξη κανονισμένων μεθόδων βιοδοκιμών για εντομοφάγα (αρπακτικά και παρασιτοειδή) έντομα και ακάρεα και (2) την εφαρμογή των εν λόγω δοκιμών προς εξασφάλιση πληροφοριών για τις παρενέργειες Φ.Π. σε ωφέλιμα αρθρόποδα (FRANZ ET AL. 1980). Από την πιο πάνω Ομάδα Εργασίας αναπτύχθηκαν και περιεγράφησαν μέθοδοι

δοκιμών για μελέτη της άμεσης τοξικότητας Φ.Π. σε λιγότερο ή περισσότερο εκτεθειμένες στα Φ.Π. μορφές των ωφελίμων αρθροπόδων, υπό συνθήκες εργαστηρίου ημι-υπαίθρου και υπαίθρου, καθώς και της διάρκειας της υπολειμματικής τοξικής τους δράσης σε δοκιμές ημι-υπαίθρου και υπαίθρου (IOBC, 1992). Στον

πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται: ο αριθμός των Φ.Π. που δοκιμάστηκαν, ο αριθμός των ωφελίμων εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές και ο αριθμός των χωρών στις οποίες έγιναν δοκιμές από την πιο πάνω Ομάδα Εργασίας κατά την περίοδο 1977-1994. Στον επόμενο πίνακα, παρατίθενται οι κατηγορίες αξιολόγησης της άμεσης τοξικότητας

**ΜΕΛΕΤΕΣ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ
ΕΡΓΑΣΙΑΣ "ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΙ ΩΦΕΛΙΜΑ
ΑΡΘΡΟΠΟΔΑ" ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΟΞΙΚΕΣ ΠΑΡΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ, ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ
1977-1994**

Πρ όγ ρα μμ α	Ετος	Παραπ ομπή	Αριθ. Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων				Αριθμός Ωφέλιμ ων εντόμων	Αριθμ ός χωρών
			Εντομ./ Ακαρεοκτ .	Μυκητο κτ.	Ζιζαν ιοκτ.	Φυτο ρ. Ουσ.		
1 ^ο	198 0	Franz et al	10	6	4		6	3
2 ^ο	198 3	Hassa n et al	10	6	4		11	6
3 ^ο	198 7	Hassa n et al	10	5	4	3	13	9
4 ^ο	198 8	Hassa n et al	9	8	4		14	13
5 ^ο	199 1	Hassa n et al	7	8	5		14	11
6 ^ο	199 4	Hassa n et al	6	8	6		15	11
ΣΥΝΟΛΟ			52	41	27		6-15	3-13

**ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΟΞΙΚΗΣ
ΠΑΡΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΣΕ
ΩΦΕΛΙΜΑ ΑΡΘΡΟΠΟΔΑ, ΟΠΩΣ ΟΡΙΣΤΗΚΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ
ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ "ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΙ
ΩΦΕΛΙΜΑ ΑΡΘΡΟΠΟΔΑ**

Άμεση τοξικότητα						Υπολλειματική Τοξική δράση σε Δοκιμές		
Δοκιμές Εργαστηρίου			Δοκιμές Υπαίθρου			Δοκιμές Ημι-υπαίθρου		
Χαρακτηρ.	Βαθμός	Θνησιμ. %	Χαρακτηρ.	Βαθμός	Θνησιμ. %	Χαρακτηρ.	Βαθμός	Διάρκεια Αριθμ. Ημερ.
αβλαβες	1	<30	αβλαβες	1	<25	μικρή	1	<5
Ελαφρά βλαβερό	2	30-79	Ελαφρά βλαβερό	2	25-50	Ελαφρά	2	5-15
Μέτρια βλαβερό	3	80-99	Μέτρια βλαβερό	3	51-75	Μέτρια	3	16-30
βλαβερό	4	>99	βλαβερό	4	>75	μακρά	4	>30

**ΕΚΛΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ
Φ.Π.**

Σε ορισμένες περιπτώσεις, εκλεκτικότητα των Φ.Π. επιτυγχάνεται με κατάλληλη επιλογή του χρόνου και της μεθόδου εφαρμογής τους. Με την επιλογή του χρόνου εφαρμογής του Φ.Π. αποσκοπείτε η αξιοποίηση βιολογικών και οικολογικών χαρακτηριστικών του βλαβερού είδους, καθώς και των φυσικών εχθρών του, προς αύξηση της αποτελεσματικότητας και της εκλεκτικότητας της εφαρμογής.

Ο προσδιορισμός του χρόνου αυτού συνήθως γίνεται κατόπιν παρακολούθησης της διακύμανσης της πυκνότητας του πληθυσμού και των σταδίων ανάπτυξης του βλαβερού είδους, καθώς και των φυσικών εχθρών του. Όταν ο πληθυσμός του βλαβερού είδους έχει υπερβεί τα όρια

ανοχής, είναι εκτεθειμένος στο Φ.Π. και βρίσκεται σε στάδιο ανάπτυξης υψηλής ευπάθειας ως προς το το Φ.Π., τότε η εκτέλεση της εφαρμογής μπορεί να είναι αποτελεσματική. Μετα από αυτό η εκλεκτικότητα συνίσταται στην αποφυγή περαιτέρω κινδύνων καταστροφής ωφελίμων εντόμων, εφόσον δούμε ότι από την αποτελεσματικότητα εφαρμογής, δε θα συντρέχει λόγος επανάληψης της για μεγάλο χρονικό διάστημα, ίσως και μέχρι τέλους της της καλλιεργητικής περιόδου.Ακόμα όταν οι πληθυσμοί των κυριότερων φυσικών εχθρών του βλαβερού είδους- στόχου της εφαρμογής δεν είναι εκτεθειμένοι στο ΦΠ και βρίσκονται σε στάδιο ανάπτυξης χαμηλής ευπάθειας ως προς το ΦΠ, τότε η εκτέλεση της εφαρμογής του ΦΠ μπορεί να έχει εκλεκτικότητα ως προς τους εν λόγω φυσικούς εχθρούς του βλαβερού είδους.

Όσον αφορά τη μέθοδο της εφαρμογής του ΦΠ, εκλεκτικότητα επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους. Με εφαρμογές δολωματικών ψεκασμών από εδάφους, θεωρείται ότι επιτυγχάνεται αξιόλογη εκλεκτικότητα, εφόσον ωφέλιμα έντομα που ζούν στα αφέκαστα δένδρα ή στα αφέκαστα μέρη του δένδρου δεν βλάπτονται. Με εφαρμογές τοπικών ψεκασμών, οριοθετημένων, ιδιαίτερα προσβεβλημένων μερών της φυτείας, ή των σημαδεμένων ιδιαίτερα προσβεβλημένων δένδρων θεωρείται επίσης ότι επιτυγχάνεται αξιόλογη εκλεκτικότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Agosln, M. 1985 Role of microsomal oxidations in insecticide degradation pp 647-712 in Comprehensive insect physiology Biochemistry and Pharmacology - Volume 12 Insect control Pergamon Press.
- Ahammad-Sahib,I.K., R.M.Hollíngworth, M.E.Whalon, P.M. Ioannidis, & E.J. Grafius1994. Polysubstrate Monooxygenases and other Xenobiotic -Metabolizing Enzymes in Susceptible and Resistant Colorado Potato Beetle. Pesticide Biochemistry and physiology 49, 1-12
- Baker J.,L., 1992.Effects of tillage and crop residue on field losses of soil applied pesticides. Chap. 11, p.175-187.In J.L. Schnoor (ed.) Fate of Pesticides and Chemicals in the Environment. J. Wiley & Sons, Inc., N.Y
- Barcelo D. 1993. Environmental Protection Agency and other methods for the determination of priority pesticides and their transformation products in water.J. of Chromatography,643, 117-143
- Beasley E.O., Rohbarch R.P., Mainland C.M., and Meyer J.R. 1983. Saturation spraying of blubberies with partial spray recovery.Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 26, 732-736.
- Bradman, M.A, Harnly M.E., Oraper W. Seidel S., Teran S., Wakeham D, Neutra R., 1997. Pesticides exposures to children from Californias Central Valley-Resultw of a pilot study. J. of Exposure Analysis & Environ. Epidem. 7(2), 217-234.
- Brown AWA, 1978. Ecology of pesticides. J.Wiley&Sons, New York.
- Brown, A.W.A & R. Pa11971. Insecticide resistance in arthropods. World Health Org.. 9-52.
- Brown, T.M. & G.T Payne. 1988. Experimental selection

- for insecticides resistance. J. Econ. Entomol. 81 : 49-56.
- Butler, PA 1970. Algae and pesticides. Res. Rev. 66, 19-62.
Collected from two Egyptian Governorates. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 73 : 19 - 21.
 - Denholm, & J.B. Jespersen. 1998. Enmaria - a new initiative in European insecticide and acaricide resistance management. *Pesticide Outlook*. Volume 9 Issue 2.
 - Devonshire, A.L. 1987. Biochemical studies of organophosphorus and carbamate resistance in houseflies and aphids. In : *Combating resistance to xenobiotics*. Ed. M.G. For Devonshire, A.L. & I.M. Field (1991). Gene amplification and insecticide resistance. *Annual Review Entomol.* 36: 1-23.
 - Dogheim S.M., Nasr E.N., Almaz M.M. and EL-Tohamy M.M. 1990. Pesticide residues in milk and fish samples
 - Georgiou, G.P., 1990. Resistance potential to biopesticides and consideration of counter measures. In "Pesticides and Alternatives", editor J.E. Casida, Elsevier Science Publishers B.V.: 409-420.
 - Georgiou, G.P. & A. L. Tejada (1991). The occurrence of resistance to pesticides in Arthropods. FAO Rome.
 - Georgiou, G.P. & R.B. Mellon 1983. Pesticide resistance in time and space. In: *Pesticide Resistance to Pesticides*. Plenum Publishing Corporation
 - Georgiou, G.P. 1986. The magnitude of the resistance problem in pesticide resistance in: *Strategies and tactics for management*. National Academy Press, Washington D.C.
 - Georgiou, P. George & C. E. Taylor 1986 Factors influencing the evolution resistance pp 157-169 in *Pesticide Resistance : Strategies and Tactics for Management*. National Academy Press. Washington,

D.C.

- Glotfelty, O.E., J.N. Seiber, and LA Liljdahl. 1987. *Nature*, 325, 602-605
- Hare, J. D. 1990 . Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annu. Rev. Entomol.* 35:81-100
- Hassal K A 1990. *The Biochemistry and Uses of Pesticides*. 2nd Ed. VCH, New York, NY, USA
- Leidy R.B., Wright C.G., and H.E. Dupree, Jr. 1993. Exposure levels to indoor pesticides. Chap. 24, p. 275-281. in KD. Racke & AR. Leslie (Eds.) "Pesticides in Urban Environments. Fate and significance". ACS, Symposium Series, 522. Washington, DC 1993.
- Madhun YA and V.H. Freed. 1990. Impact of Pesticides of the Environment, chap. 12, p. 429-466, in *Pesticides in the Soil Environment*. SSSA Book Series, no 2, 677 S. Segoe Rd., Madison, USA.
- Mani M ., and Thontadaraya T.S. 1988. Response of *CRYPTOLAEMUS MONTROUZIERI* Muls. *Coccinellidae* Coleoptera to commonly used pesticides in vineyards. *J. Biol. Control*, 2(1) 17-20.
- Neidert E. and Sachenbrecker P.W. 1996. Occurrence of Pesticide Residues in Selected Agricultural Food Commodities Available in Canada. *J. Of AOAC*, 79 ,549-566.
- Okumura D., Melnicoe A., Jackson T., Drefs C., Maddy K, Wells J. 1991. Pesticide residues in food crops analysed by the California Department of Food and Agriculture in 1989. *Rev. of Env. Cont. and Tox .*, 118, 87-151.
- Pogendorf, W., Leffingel J.T., 1982. Regulating OP pesticide residues for farmworker protection. *Res. Rev.* 82, 125-201.
- Pogendorf, W. 1992. Reentry field data and conclusions.

Rev. of Env. Cont. And Tox., 128, 71-118.

- Schnoor J.L. 1992. Chemical Fate and Transport in the Environment. Chap. 1, p.1-24. In J.L. Schnoor (ed.) Fate of Pesticides and Chemicals in the Environment. J. Wiley & Sons, Inc., N.Y.
- Shore R.F. and P.E.T. Douben. 1994. Predicting Ecotoxicological Impacts of Environmental Contaminants on Terrestrial Small Mammals. Rev. of Env. Cont. and Tox., 134, 49-90.
- Suett, D.L. 1986. Crop Prot., 5, 165.
- Theiling K.M., and Croft B.A. 1988. Pesticide side effects on arthropod natural enemies. A database summary. Agr. Ecosyst. Environ., 21 (3-4), 191-218.
- Van Λεντεαεν, J.C., 1994. Biologically based crop protection: the approach for the 21st century. Med. Fak. Landbouww. υπίν. Gent, 59/2a: 163-169.
- Anderson J.F., and Glowa, W. 1984 Insecticidal poisoning of honey bees in Connecticut. Environ. Entomol. 13, 70-74.
- Elliott, M., Janes, N.F. and ROTTER, C., 1978. The future of pyrethroids in insect control. Ann. Rev. Entomol. 23: 443-469.

Ελληνική

- Ελευθεροχωρινός Η.Γ., Μενκίσογλου-Σπυρούδη Ο. 1996. Οι επιδράσεις των γεωργικών φαρμάκων στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Γεωργία -Κτηνοτροφία, 8, 36-47. Εντομολογικό Συνέδριο Οκτώβριος Θεσσαλονίκη. Σελ. : 180-187
- Ιωαννίδης, Φ.Μ & E.J. Grafius. 1991. Γενετική ανθεκτικότητας του δορυφόρου της πατάτας στο azinphosmethyl. Δ' Πανελλήνιο Εντομολογικό Συνέδριο 14-17 Οκτωβρίου Βόλος.
- Ιωαννίδης, Φ.Μ 1991. Ανθεκτικότητα των εντόμων στα

εντομοκτόνα το πρόβλημα και η εξήγηση του Γεωργία και Κτηνοτροφία Νο 6

- Ιωαννίδης, Φ.Μ. & E.J. Grafius. 1989 Μηχανισμοί ανθεκτικότητας του δορυφόρου της πατάτας (*Leptinotarsa decemlineata* Say) στα εντομοκτόνα azinphos methyl, carbosulfan, permethrin. Γ Πανελλήνιο
- Μηλιαδης, Γ. Ε. 1996 Υπολείμματα γεωργικών φαρμάκων στα γεωργικά προϊόντα και στα επιφανειακά νερά της Ελλάδας. Γεωργία -Κτηνοτροφία, 4, 56-61.
- Μουρίκης, ΠΑ, 1991. Η οικονομική εντομολογία στη χώρα μας. Εξέλιξη και προοπτικές. Πρακτικά Α' Πανελ. Εντομολ. Συνεδρ., σελ. 1-10. Εντομολογική Εταιρεία Ελλάδος.
- Μπαλαγιαννης, Π.Γ., 1994. Εγχειρίδιο Γεωργικών Φαρμάκων. Εκδ. Α.Σταμούλης, Αθήνα, 475 σελ.'
- Τζανακακης, Μ.Ε., 1995. Εντομολογία. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 501 σελ.
- Τσίτσιπης, Ι.Α., 1989. Η σημερινή κατάσταση της προστασίας της γεωργικής παραγωγής από έντομα στην Ελλάδα και προοπτικές. Πρακτικά Γ' Πανελ. Εντομολ. Συνεδρ., σελ. 1-23. Εντομολογική Εταιρεία Ελλάδος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
ΧΗΜΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΧΘΡΩΝ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	4
Ανόργανα εντομοκτόνα	5
Ορυκτέλαια.....	6
Συνθετικά οργανικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα	8
Ρυθμιστές ανάπτυξης των εντόμων	14
Μιμητικές ορμονών	14
Ουσίες που εμποδίζουν την έκδυση	15
Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χημικής καταπολέμησης.....	16
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	17
ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ.....	20
Παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή ανθεκτικότητας στα εντομοκτόνα.....	22
Α. Γενετικοί	22
Σοβαρότητα του προβλήματος στην Ελλάδα	23
Προσδιορισμός της ανθεκτικότητας.....	25
Μηχανισμοί ανθεκτικότητας	26
Διευθέτηση της ανθεκτικότητας.....	29
Διευθέτηση της ανθεκτικότητας.....	31
Α.Μετριασμό στο χειρισμό	31
Γ.Διευθέτηση με πολλαπλή επίθεση.....	32
Αρχές Διευθέτησης της ανθεκτικότητας	32
(Resistance managment).....	32
Επιμέρους φάσεις ενός προγράμματος περιορισμού ανθεκτικότητας.....	33
Γιατί αναπτύσσεται η ανθεκτικότητα	34
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	38
Η Τύχη των εντομοκτόνων στο περιβάλλον.....	40
Επιδράσεις Εντομοκτόνων στο περιβάλλον	43
Εδαφος.....	44
Υδατικά συστήματα.....	45
Ατμόσφαιρα.....	47
Επιδράσεις Εντομοκτόνων σε Οργανισμούς.....	48
Επίδραση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στα ωφέλιμα έντομα	62
ΕΚΛΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ Φ.Π.....	63
ΕΚΛΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ Φ.Π.....	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67