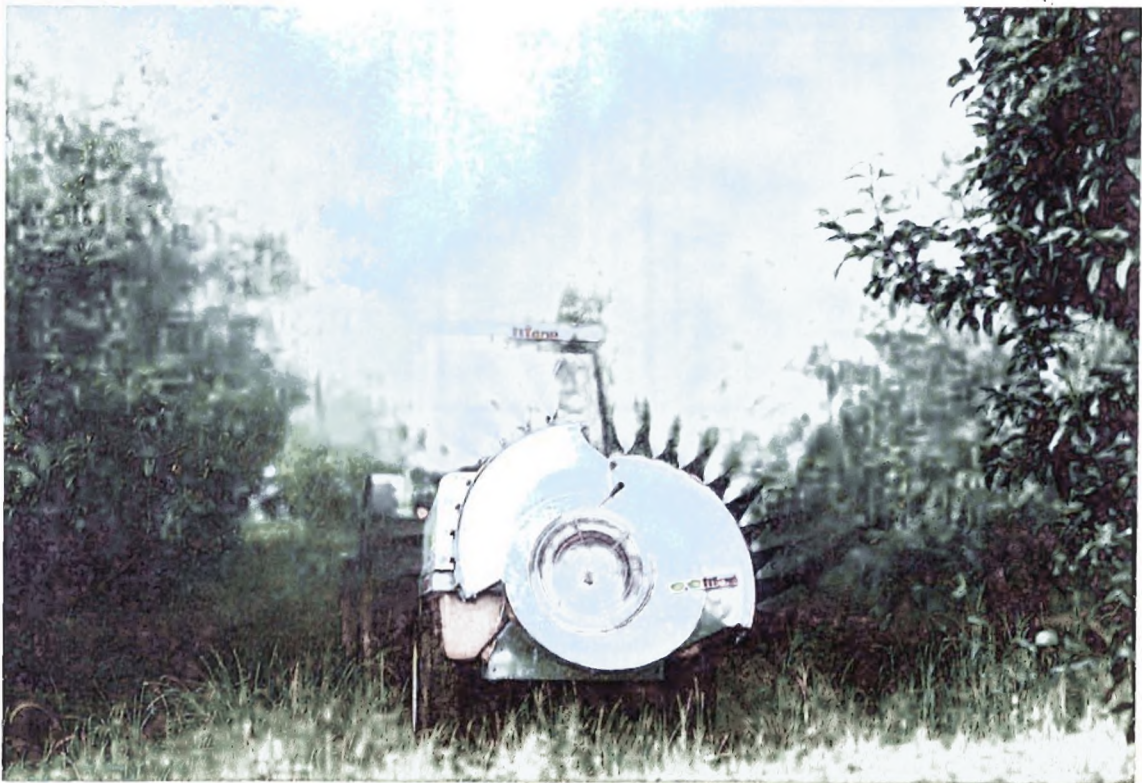


Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ: ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ



Πτυχιακή ερρασία των:

- Φραντζή Νικολίτσας
- Φωτακοπούλου Ζαχαρούλας

Υπεύθυνος καθηνητής:

Μάρκος Μπιλάλης



ΙΟΥΝΙΟΣ 2003

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελ.

1. ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ – ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	1
Εισαγωγή	2
1.1. Παρασιτοκτόνα.....	5
1.2. Οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα	7
1.2.1. Βιοσυσσώρευση και τύχη των οργανοχλωριωμένων ενώσεων στα βιολογικά συστήματα	12
1.3. Οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα	19
1.4. Καρβαμιδικά και φυσικά εντομοκτόνα	22
1.5. Ζιζανιοκτόνα (Herbicides)	25
1.6. Ζιζανιοκτόνα τριαζίνης	26
2. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	28
Εισαγωγή	29
2.1. Διαλυτότητα στο νερό	29
2.2. Λιποφιλία	30
2.3. Προσρόφηση	31
2.4. Εναλλαγές στην ατμόσφαιρα, σταθερά του Henry	33
3. ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΣ.....	34
Εισαγωγή	35
3.1. Έδαφος.....	37
3.2. Η κίνηση των φυτοφαρμάκων στο έδαφος.....	40
3.3. Εκτίμηση της διαθεσιμότητας των φυτοφαρμάκων στο έδαφος	44
3.3.1. Άμεσος προσδιορισμός των φυτοφαρμάκων στο εδαφικό διάλυμα	44
3.3.2. Προβλήματα συλλογής των φυτοφαρμάκων	45
3.3.3. Η εξέλιξη των υπολειμμάτων στο χώρο.....	45
3.3.4. Χρησιμοποιούμενες μέθοδοι – εξαγωγή φυτοφαρμάκων	46
3.3.5. Χρησιμοποίηση τεχνικών διαχωρισμού των εδαφών στη μελέτη των αποβλήτων των φυτοφαρμάκων	47
3.3.5.1. Χημικός διαχωρισμός των εδαφών.....	47
4. Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ	48
5. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ....	67

**ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ – ΧΡΗΣΗ
ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φυτοφάρμακα είναι χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των διάφορων εχθρών των φυτών, όπως είναι τα ζιζάνια, οι ασθένειες, τα έντομα και τα τρωκτικά. Αν και η χρήση τους έχει συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της απόδοσης της γεωργικής παραγωγής, η κατάχρησή τους έχει προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στο φυσικό περιβάλλον. Ορισμένες από τις επιπτώσεις είναι η ελάττωση της βιοποικιλότητας στις περιοχές όπου γίνεται εντατική χρήση, η ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, ο κίνδυνος για την υγεία των ανθρώπων, είτε εξαιτίας της άμεσης έκθεσης κατά την εφαρμογή των γεωργικών φαρμάκων, είτε λόγω της έμμεσης λήψης των υπολειμμάτων μέσω των τροφών του νερού.

Τα σύγχρονα φυτοφάρμακα ανήκουν σε πολλές και διαφορετικές κατηγορίες οργανικών ενώσεων. Οι διαφορές στη σύσταση και τη δομή των ενώσεων αυτών επηρεάζουν τόσο τον τρόπο δράσης τους όσο και την τελική κατάληξή τους στο ευρύτερο οικοσύστημα. Ένας μεγάλος αριθμός φυτοφαρμάκων χρησιμοποιείται σήμερα σε ολόκληρο τον κόσμο με τη μορφή ενός εξίσου μεγάλου αριθμού παρασκευασμάτων. Το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις επιπτώσεις από τη χρήση των τοξικών ενώσεων και την εξεύρεση μεθόδων για τον περιορισμό τους, αντανακλάται στη νομοθεσία, ιδιαίτερα των ανεπτυγμένων χωρών, που αφορά στην ποιότητα των τροφίμων και του πόσιμου νερού.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, με την οδηγία 80/778 και η Ελληνική Πολιτεία με το ΦΕΚ 53/20.2.86 έχει θεσπίσει ανώτατα όρια για την περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε υπολείμματα φυτοφαρμάκων. Έτσι, η συγκέντρωση των υπολειμμάτων ενός φυτοφαρμάκου στο νερό που προορίζεται για πόσιμο δεν

μπορεί να υπερβαίνει το 0.1 µg/L, ενώ η ανώτατη συγκέντρωση για το σύνολο των φυτοφαρμάκων που μπορεί να ανευρίσκονται είναι 0.5 µg/L. Το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο είναι το ίδιο για όλα τα φυτοφάρμακα και δεν γίνεται καμία διάκριση με κριτήριο την τοξικότητα των ενώσεων. Αντιθέτως, το αρμόδιο γραφείο για το νερό της Υπηρεσίας Προστασίας του Περιβάλλοντος (Office of Water, EPA) των ΗΠΑ έχει προτείνει διαφορετικά όρια για τα διάφορα φυτοφάρμακα στο πόσιμο νερό, που χαρακτηρίζονται γενικά περισσότερο ελαστικά από τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά, τα οποία όμως βασίζονται και σε δεδομένα που αφορούν στην τοξικότητα των ενώσεων για τους υδρόβιους οργανισμούς και τον άνθρωπο (Πίνακας 1.1). Επίσης, έχει απαγορευθεί στις περισσότερες χώρες η χρήση οργανοχλωριωμένων φυτοφαρμάκων, τα οποία έχουν αντικατασταθεί από άλλα λιγότερο τοξικά και με μικρότερη παραμονή στο περιβάλλον. Ωστόσο, οι κυριότερες ομάδες σύγχρονων φυτοφαρμάκων, όπως οι τριαζίνες, οι φαινυλουρίες και τα φαινοξυ-οξέα, περιλαμβάνουν ενώσεις με μικρή έως ενδιάμεση πολικότητα, οι οποίες εμφανίζουν μεγάλους χρόνους ημίσειας ζωής. Πολλές από τις ενώσεις αυτές συμπεριλαμβάνονται στην οδηγία 76/464 της ΕΕ που αφορά τις επικίνδυνες και σταθερές ενώσεις, η παρουσία των οποίων πρέπει να ελέγχεται στα επιφανειακά νερά (Πίνακας 1.2).

Ένας πολύ μεγάλος αριθμός φυτοφαρμάκων χρησιμοποιείται σήμερα σε μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών σκευασμάτων. Στοιχεία σχετικά με τις συνολικές ποσότητες που εφαρμόζονται είναι χρήσιμα για την εκτίμηση της πιθανής ρύπανσης επιφανειακών και υπόγειων υδάτων από τα παρασιτοκτόνα. Τα φυτοφάρμακα καταναλώνονται κυρίως σε γεωργικές επιχειρήσεις. Εφαρμόζονται και σε άλλες περιπτώσεις, όπως για την καταπολέμηση παρασίτων στις άκρες των δρόμων, σε σιδηροδρομικές γραμμές και σε υδατορεύματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1. Προτεινόμενα όρια συγκεντρώσεων επιλεγμένων φυτοφαρμάκων στο πόσιμο νερό (EPA Office of Groundwater and drinking water)

Ένωση	Προτεινόμενο ανώτατο όριο συγκέντρωσης (µg/L)	Ένωση	Προτεινόμενο ανώτατο όριο συγκέντρωσης (µg/L)
Alachlor	2	Diquat	20
Aldicarb	10	Endothall	100
Aldicarb sulfoxide	10	Endrin	2
Aldicarb sulphone	10	Glyphosate	70
Atrazine	3	Methomyl	200
Bromacil	80	Methyl parathion	2
Carbofuran	40	Metolachlor	10
Chlorothalonil	2	Oxamyl	200
Cyanazine	9	Picloram	50
2,4-D	70	Simazine	4
Dalapon	200	Trifluralin	2
Dinoseb	7		

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2. Φυτοφάρμακα που συμπεριλαμβάνονται στην οδηγία της Ε.Ε. 76/464. Αφορά στη ρύπανση από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες οι οποίες αποβάλλονται στο περιβάλλον.

Aldrin	Dichlorvos	Linuron	Parathion-methyl
Atrazine	Dieldrin	Malathion	Phoxim
Azinphos-ethyl	Dimethoate	MCPA	Propanil
Azinphos-methyl	Disulphoton	Mecoprop	Pyrazon
Chlordane	Endosulphan	Metamidophos	Simazine
Coumaphos	Endrin	Mevinphos	2,4,5-T
2,4-D	Fenitrothion	Monolinurom	Triazophos
DDT	Fenthion	Omethoate	Trichlorfom
Demeton	Heptachlor	Oxydemetonmethyl	Trifluralin
Diehlorprop	Hexachlorobenzene	Parathion-ethyl	

1.1. Παρασιτοκτόνα

Τα παρασιτοκτόνα είναι χημικές ενώσεις που καταστρέφουν ή ελέγχουν (π.χ. με το να παρεμποδίζουν την αναπαραγωγική διαδικασία) έναν ανεπιθύμητο οργανισμό. Οι διάφορες κατηγορίες των παρασιτοκτόνων, ανάλογα με το σκοπό χρήσης, ταξινομούνται στον παρακάτω πίνακα:

Είδος παρασιτοκτόνου	Σκοπός
Ακαρεοκτόνα	Ακάρεα
Βακτηριοκτόνα	Βακτηρίδια
Απολυμαντικά	Μικροοργανισμοί
Μυκητοκτόνα	Μύκητες
Ζιζανιοκτόνα	Φυτά
Εντομοκτόνα	Έντομα
Νηματωδοκτόνα	Νηματοειδή σκουλήκια
Τρωκτικοκτόνα	Τρωκτικά

Όλα τα παρασιτοκτόνα εμφανίζουν μια κοινή ιδιότητα, δηλαδή μπλοκάρουν μια ζωτική μεταβολική διαδικασία του οργανισμού, στον οποίο δρουν τοξικά. Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται τα εντομοκτόνα, τα ζιζανιοκτόνα και μερικά μυκητοκτόνα. Οι τρεις αυτές κατηγορίες αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη ποσότητα από το ένα εκατομμύριο τόνους παρασιτοκτόνων που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στην Αμερική. Σχεδόν η μισή ποσότητα χρησιμοποιείται στη γεωργία.

Η εκτίμηση των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται για μη γεωργικές χρήσεις είναι συνήθως δύσκολη. Η ρύπανση των υδάτων που προέρχονται από αυτές μπορεί να είναι εξίσου σημαντική με τη ρύπανση που οφείλεται σε γεωργική χρήση, διότι η μεταφορά στα υπόγεια κατά κύριο λόγο ύδατα είναι συνήθως πιο άμεση.

Στον πίνακα 1.3 δίνονται οι ετήσιες ποσότητες των φυτοφαρμάκων που είχαν εισαχθεί στην Ελλάδα τα έτη 1985, 1986 και 1989. Η συνολική εισαγόμενη ποσότητα δραστικής ουσίας για κάθε κατηγορία παρασιτοκτόνων δίνεται σε καθαρή μη συσκευασμένη δραστική ουσία και σε δραστική ουσία με μορφή σκευασμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3. Ετήσια κατανάλωση φυτοφαρμάκων στην Ελλάδα σε τόνους δραστικής ουσίας (Albanis and Hela, 1994)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	1985			1986			1988		
	ΑΔΟ	ΣΔΟ	Σύνολο	ΑΔΟ	ΣΔΟ	Σύνολο	ΑΔΟ	ΣΔΟ	Σύνολο
Ζιζανιοκτόνα	1177	1907	3084	902	1581	2483	645	1808	2450
Μυκητοκτόνα	14429	3765	18194	21474	3481	24955	675	2471	3146
Έντομοκτόνα	1490	1227	2717	208	1396	3480	1456	978	3434
Ρυθμιστικά Ανάπτυξης Διάφορα		14	14		26	26		50	50
	765	1832	2597	460	2008	1645	399	1730	2129
ΣΥΝΟΛΟ			26606			32952			808

Α.Δ.Ο. = μη συσκευασμένη καθαρή δραστική ουσία
Σ.Δ.Ο. = δραστική ουσία σε σκευάσματα

Η τοξικότητα των εμπορικών προϊόντων εκφράζεται σε LD50 (50% της θανατηφόρας δόσης) για ποντικούς (mg/kg). Στην περίπτωση παρασκευής διαλυμάτων ή μιγμάτων με τοξικά συστατικά το μέγεθος της τοξικότητας ελαττώνεται. Οι γενικές κατηγορίες τοξικότητας δίνονται στον πίνακα 1.4 και χρησιμεύουν για την εκτίμηση των κινδύνων από τη χρήση τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4. Κατηγορίες τοξικότητας των φυτοφαρμάκων

Μέγεθος σχετικής τοξικότητας	LD50 σε ποντίκια (mg/kg)	
	Στοματική	Δερματική
Άκρως τοξικό	< 50	<5
Πολύ τοξικό	5-50	5-50
Μέτρια τοξικό	50-500	5-350
Λίγο τοξικό	500-5000	350-3000
Πρακτικά μη τοξικό	5000-15000	3000-25000
Ακίνδυνο	>15000	>25000

Από πλευράς χημικής σύνταξης τα παρασιτοκτόνα χωρίζονται σε 4 βασικές ομάδες: (1) οργανοχλωριωμένες ενώσεις, (2) οργανοφωσφορικοί εστέρες, (3) καρβαμιδικές ενώσεις και (4) χλωροφαινοξυ-οξέα. Οι δυο πρώτες ομάδες δρουν κυρίως ως εντομοκτόνα, οι καρβαμιδικές ενώσεις έχουν πολλαπλή χρήση, ενώ τα χλωροφαινοξυ-οξέα χρησιμοποιούνται περισσότερο ως ζιζανιοκτόνα.

1.2. Οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα

Οι οργανοχλωριωμένες ενώσεις αποτελούν την παλαιότερη και πιο σημαντική ομάδα παρασιτοκτόνων. Είναι συνθετικά παρασκευαζόμενες οργανικές χημικές ενώσεις, με κυκλική δομή, στην οποία άτομα υδρογόνου έχουν αντικατασταθεί με χλώριο. Τα παρασιτοκτόνα αυτά είναι τα πιο διαδεδομένα στο περιβάλλον και ανιχνεύονται σε όλες τις φάσεις της βιόσφαιρας. Αυτό οφείλεται σε δυο λόγους: (1) για δυο τουλάχιστον δεκαετίες (1950-1970), η κατανάλωσή τους ήταν μεγαλύτερη από τη συνολική

κατανάλωση όλων των άλλων τάξεων, (2) οι περισσότερες από τις ενώσεις αυτές δεν είναι βιοαποικοδομήσιμες και δεν αποσυντίθεται σε απλούστερες ακίνδυνες ενώσεις στις συνθήκες του περιβάλλοντος χώρου.

Οι πιο σημαντικές ιδιότητες των ενώσεων αυτών είναι:

- Σταθερότητα ως προς την αποσύνθεση στο περιβάλλον.
- Πολύ χαμηλή διαλυτότητα στο νερό, εκτός αν τα μόριά τους περιέχουν οξυγόνο ή άζωτο.
- Μεγάλη δυνατότητα σε περιβάλλον που περιέχει υδρογονάνθρακες, όπως είναι οι λιπαροί ιστοί στους ζωντανούς οργανισμούς.
- Σχετικά υψηλή τοξικότητα στα έντομα, αλλά σχετικά χαμηλή στον άνθρωπο.

Σαν παράδειγμα αναφέρεται το εξαχλωροβενζόλιο, που για αρκετές δεκαετίες χρησιμοποιήθηκε στη γεωργία ως μυκητοκτόνο σε συγκομιδές δημητριακών. Αν και είναι πολύ διαλυτό σε οργανικά μέσα, όπως οι υγροί υδρογονάνθρακες, είναι σχεδόν αδιάλυτο στο νερό (μόνο 0.0062 mg HCB διαλύονται σ' ένα λίτρο νερού).

Η ρύπανση του υδατικού περιβάλλοντος δεν είναι μόνο ένα ζήτημα της συγκέντρωσης του ρυπαντή που βρίσκεται σε διαλυμένη κατάσταση, αφού οι μικρές τιμές διαλυτότητας των οργανοχλωριωμένων στο νερό είναι αμελητέες σε αυτό το σημείο. Πολύ μεγαλύτερα ποσά τέτοιων ουσιών δεσμεύονται στην επιφάνεια οργανικής σωματιδιακής ύλης που αιωρείται μέσα στο νερό ή βρίσκονται σε ιζήματα στο βυθό των ποταμών και των λιμνών. Από αυτές τις πηγές, καθώς επίσης από τα ποσά που πραγματικά διαλύονται στο νερό, οι οργανοχλωριωμένες ενώσεις εισέρχονται στα ζώα και φυτά που ζουν στα φυσικά νερά.

Έτσι, πολλές οργανοχλωριωμένες ενώσεις καταλήγουν στους ζώντες οργανισμούς σε συγκεντρώσεις που είναι εκατοντάδες ή χιλιάδες φορές μεγαλύτερες από αυτές που είναι στην πραγματικότητα διαλυμένες στο νερό. Εξαιτίας αυτού του φαινομένου, οι συγκεντρώσεις των ενώσεων αυτών σε πολλά είδη έχουν φθάσει σε επικίνδυνα επίπεδα, ώστε πολλά οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα να έχουν αποσυρθεί.

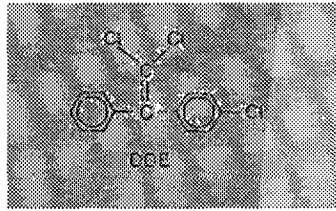
Το πιο γνωστό και το περισσότερο χρησιμοποιούμενο από τα παρασιτοκτόνα της κατηγορίας αυτής είναι το DDT (Dichloro-diphenyl-Trichloroethane). Η εντομοκτόνος δράση του ανακαλύφθηκε το 1939, από το 1950 άρχισε να χρησιμοποιείται εκτεταμένα με άριστα, πραγματικά, αποτελέσματα. Μειώθηκε η θνησιμότητα από διάφορα έντομα, σε πολλές χώρες εξαλείφθηκε η ελονοσία, ενώ ωφελήθηκε και η γεωργική παραγωγή, επειδή το DDT κατέστρεφε έντομα και κάμπιες. Οι ποσότητες του DDT που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τεράστιες. μόνο στις ΗΠΑ, η συνολική παραγωγή DDT για το διάστημα 1944-1968 ξεπέρασε τα 1.000 εκατομμύρια τόνους. Από την αλόγιστη αυτή χρήση δημιουργήθηκαν σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον.

Η ανθεκτικότητα του DDT το έκανε ένα ιδανικό εντομοκτόνο. Η ιδιότητά του αυτή οφείλεται στη χαμηλή τάση ατμών του και κατά συνέπεια στο χαμηλό ρυθμό εξάτμισής του, στη χαμηλή δραστηκότητά του σε σχέση με το φως και τις άλλες χημικές ενώσεις του περιβάλλοντος και στην πολύ μικρή διαλυτότητά του στο νερό.

Όπως αποδείχτηκε, τα εντομοκτόνα με την πάροδο του χρόνου προκαλούν γενετική επιλογή και ανοσία σε πολλά επιβλαβή έντομα. Έτσι, στη Δ. Αφρική DDT και Dieldrin είναι πλέον άχρηστα για την καταπολέμηση της

ελονοσίας. Επιπλέον, τα εντομοκτόνα αυτά προκαλούν το θάνατο πολλών χρήσιμων εντόμων, όπως είναι οι μέλισσες.

Πολλά είδη ζώων μεταβολίζουν το DDT με απομάκρυνση του HCl. Ένα άτομο υδρογόνου απομακρύνεται από ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο χλωρίου από τον άλλο και δημιουργούν ένα παράγωγο αιθανίου που λέγεται DDE ή διχλωροδιφαινυλοδιχλωροαιθέριο (εικ. 1).



Εικ. 1. Παράγωγο αιθανίου DDE

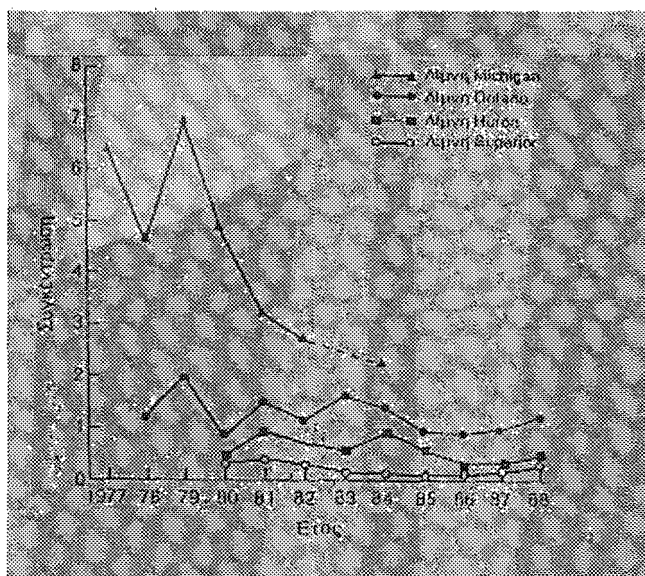
Οι ουσίες που παράγονται από το μεταβολισμό χημικών ενώσεων καλούνται **μεταβολίτες**. Έτσι, το DDE είναι ένας μεταβολίτης του DDT. Το DDE παράγεται επίσης αργά στο περιβάλλον από την αποσύνθεση του DDT κάτω από αλκαλικές συνθήκες και από έντομα ανθεκτικά στο DDT, που με τον τρόπο αυτό συμβάλλουν στην ελάττωση της τοξικότητας του DDT. Δυστυχώς, σε κάποια πουλιά το DDE παρεμποδίζει το ένζυμο που ελέγχει την κατανομή του ασβεστίου, και έτσι τα πουλιά που έχουν προσβληθεί παράγουν αβγά, τα οποία έχουν ανεπαρκές πάχος κελύφους για να αντέξει το βάρος τους όταν αυτά κάθονται επάνω τους για να τα εκκολάψουν.

Στους ανθρώπους το περισσότερο από το DDT τελικά αποβάλλεται με αργό ρυθμό. Το περισσότερο από το DDT που αποθηκεύεται στο λιπαρό ιστό των ανθρώπων είναι ουσιαστικά το DDE το οποίο προϋπήρχε στην τροφή ου είχαν φάει και έχει προέλθει από τη μετατροπή στο περιβάλλον. Δυστυχώς, το DDE δεν αποσυντίθεται βιολογικά και είναι πολύ ευδιάλυτο στο λιπαρό ιστό και, έτσι, παραμένει στο ανθρώπινο σώμα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Για περιβαλλοντικούς λόγους, η χρήση του DDT στις περισσότερες δυτικές βιομηχανοποιημένες χώρες έχει απαγορευθεί. Η χρήση του έτσι κι αλλιώς είχε μειωθεί εξαιτίας της ανάπτυξης ανθεκτικών πληθυσμών εντόμων, τα οποία μπορούσαν να μεταβολίσουν το DDT στο μη-εντομοκτόνο DDE και έτσι να καταστείλουν την ενεργό δράση του DDT. Στα ευαίσθητα έντομα η θανατηφόρος δράση του DDT οφείλεται σε σοβαρές διαταραχές που προκαλεί στο νευρικό σύστημα.

Στον πίνακα 1.5 δίνονται μερικές χαρακτηριστικές ιδιότητες των πιο σημαντικών παρασιτοκτόνων.

Οι τιμές που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για ορισμένες ιδιότητες κυμαίνονται ανάλογα με τις εργαστηριακές πηγές και τα πειραματόζωα (συνήθως ποντίκια). Σε τέτοιες περιπτώσεις αναγράφεται μια περιοχή τιμών.



Σχήμα 1.1. Μέσες συγκεντρώσεις DDT σε πέστροφες στις Μεγάλες Λίμνες (1977-1988)

Οι συγκεντρώσεις του DDT και DDE στο περιβάλλον, στις ανεπτυγμένες χώρες, ελαττώθηκαν σημαντικά στις αρχές και τα μέσα της δεκαετίας του '70 και έχουν πρόσφατα σταθεροποιηθεί σε μη μηδενικά επίπεδα. Στο σχήμα 1.1

περιγράφονται οι διακυμάνσεις του DDT στην πέστροφα στις Μεγάλες Λίμνες της Αμερικής. Οι συγκεντρώσεις παρουσιάζουν ελάττωση από τις τιμές τις περιόδου 1977-80 (οι οποίες με τη σειρά τους ήταν πολύ μικρότερες από αυτές στα τέλη του '60 και στις αρχές του '70) στην πιο ρυπασμένη λίμνη (Michigan), αλλά διαφαίνονται κάποιες πρόσφατες αυξήσεις στις καθαρότερες λίμνες (Huron, Superior, Ontario). Σαν αποτέλεσμα της μείωσης των επιπέδων του DDE έχουν επανέλθει στις περιοχές αυτές αρκετά πουλιά, που είχαν σχεδόν οδηγηθεί σε αφανισμό εξαιτίας της τοξικής δράσης των ενώσεων αυτών.

Πίνακας 1.5. Χαρακτηριστικές ιδιότητες παρασιτοκτόνων

Διαλυτότητα στο H ₂ O		LD ₅₀ (mg/kg)	LogKow (Συντελεστής κατανομής)
Παρασιτοκτόνα	(ppm)		
HCB	0.0062	3.500 – 10.000	5.3
DDT	0.0034	115	3.9 – 6.2
Toxaphene	n/a	85	2.9 – 3.3
Dieldrin	0.20	46	5.1 – 6.2
Mirex	0.20	700	5.8
Malathion	145	1.375 – 2.800	2.7
Parathion	24	3.6 – 13	
Atrazine	30	1.870 – 3.080	

1.2.1. Βιοσυσσώρευση και τύχη των οργανοχλωριωμένων ενώσεων στα βιολογικά συστήματα

Πολλές οργανοχλωριωμένες ενώσεις βρίσκονται στα ψάρια σε συγκεντρώσεις πολύ μεγαλύτερες σε μέγεθος από αυτές των νερών. Υδρόφοβες ενώσεις, όπως το DDT, είναι κυρίως υπεύθυνες γι' αυτό το

φαινόμενο. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι γι' αυτή τη βιοσυσσώρευση χημικών σε βιολογικά συστήματα.

Πρώτο απ' όλα, πολλές οργανοχλωριωμένες ενώσεις είναι από τη φύση τους πολύ περισσότερο διαλυτές σε υδρογονάνθρακες, όπως οι λιπαροί ιστοί στα ψάρια, παρά στο νερό. Εξαιτίας αυτού, όταν το νερό περνάει μέσα από τα βράγχια του ψαριού, οι ενώσεις αυτές διαχέονται επιλεκτικά από το νερό μέσα στο λιπαρό ιστό των ψαριών και έτσι η συγκέντρωσή τους εκεί αυξάνει. Αυτή η διαδικασία (η οποία επηρεάζει και άλλους οργανισμούς εκτός από τα ψάρια) καλείται **βιοσυσσώρευση**.

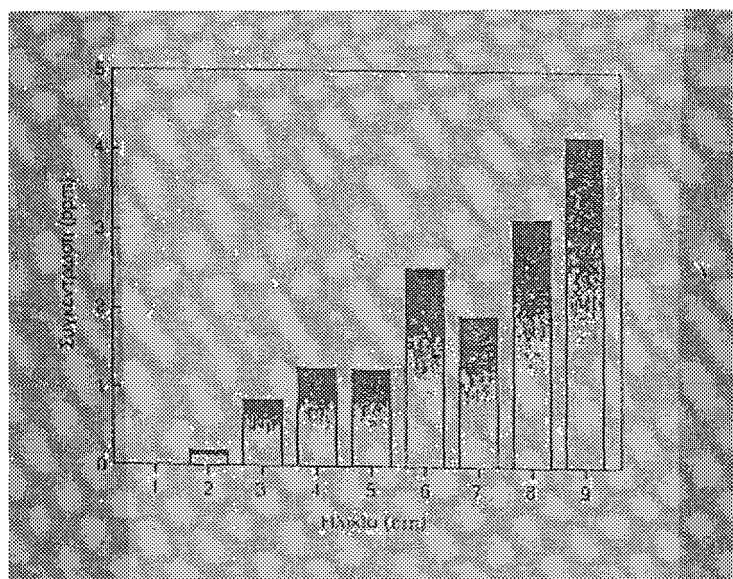
Ο συντελεστής βιοσυσσώρευσης (BCF) παριστάνει την αναλογία ισορροπίας της συγκέντρωσης μιας συγκεκριμένης χημικής ένωσης μέσα στο ψάρι, σε σχέση με την ποσότητα της χημικής ένωσης που είναι διαλυμένη στο περιβάλλον νερό, αν η μόνη πηγή μεταφοράς της ουσίας στο ψάρι θεωρηθεί ότι είναι ο μηχανισμός διάχυσης. Το εύρος των τιμών του BCF καλύπτει μια ευρεία κλίμακα και ποικίλλει όχι μόνο από χημική σε χημική ένωση αλλά και, επίσης, μέχρι κάποιο βαθμό από το είδος του ψαριού. Ο BCF μιας χημικής ένωσης μπορεί να προβλεφθεί από ένα απλό εργαστηριακό πείραμα. Η χημική ουσία αφήνεται να ισορροπήσει ανάμεσα στα υγρά στρώματα ενός διφασικού συστήματος που αποτελείται από το νερό και την 1-οκτανόλη, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2\text{OH}$, η οποία έχει βρεθεί πειραματικά ότι παρουσιάζει μια επαρκή αντιστοιχία με εκείνη για τα λιπαρά τμήματα του ψαριού.

Ο συντελεστής κατανομής (partition coefficient) για μια ουσία S καθορίζεται:

$$K_{ow} = [s]_{\text{οκτανόλη}} / [s]_{\text{νερού}}$$

όπου [s] οι συγκεντρώσεις της ουσίας σε mol (γραμμομορίων) ή ppm (μέρη στο εκατομμύριο). Για λόγους ευκολίας, η τιμή του K_{ow} συχνά αναφέρεται σε λογαριθμική βάση, επειδή το μέγεθός του είναι συνήθως μεγάλο – μερικές φορές ξεπερνάει το ένα εκατομμύριο. Για παράδειγμα, για το DDT (βλέπε πίνακα 1.5) ο K_{ow} είναι περίπου 100.000 (δηλαδή 10^5) και έτσι ο $\log K_{ow} = 5$. Πειραματικά, ο συντελεστής βιοσυγκέντρωσης για το DDT κυμαίνεται μεταξύ 20.000 και 400.000, ανάλογα με τον τύπο του ψαριού. Έτσι, η τιμή του K_{ow} για μια ένωση είναι μια αρκετά αξιόπιστη προσέγγιση της τιμής του BCF που βρίσκεται για κάποιο ψάρι.

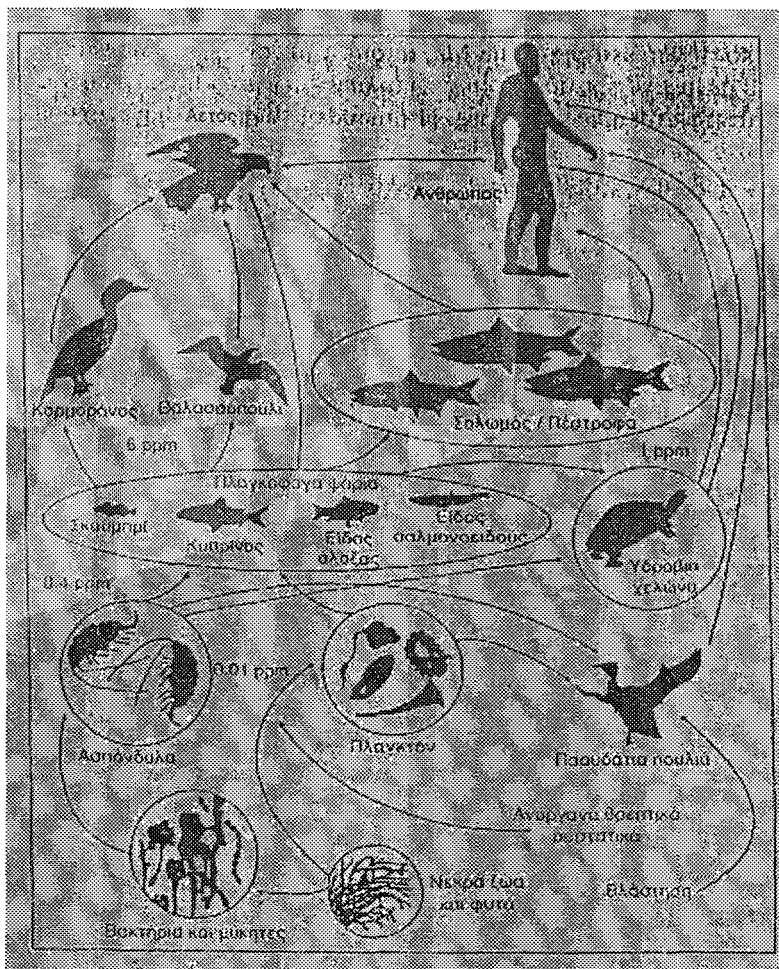
Γενικά, όσο πιο υψηλός είναι ο συντελεστής κατανομής αλκοόλης – νερού τόσο πιο πιθανό η χημική ένωση να είναι δεσμευμένη σε οργανική ύλη στα εδάφη και στα ιζήματα και τελικά να μεταναστεύει στους λιπαρούς ιστούς των ζωντανών οργανισμών. Παρόλα αυτά, τιμές $\log K_{ow}$ 7 ή 8 ή μεγαλύτερες δείχνουν χημικές ενώσεις τόσο ισχυρά προσροφημένες στα ιζήματα που, στην πραγματικότητα, είναι απίθανο να είναι αρκετά ευκίνητες ώστε να εισέρχονται στους ζωντανούς οργανισμούς. Έτσι, οι χημικές ενώσεις με τιμές $\log K_{ow}$ στην περιοχή 4-7 είναι αυτές που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο βαθμό αυτοσυγκέντρωσης.



Σχήμα 1.2. Μεταβολή της συγκέντρωσης του DDT με την ηλικία της πέστροφας στη λίμνη Ontario.

Τα ψάρια επίσης βιοσυσσωρεύουν οργανικές χημικές ενώσεις από την τροφή που τρώνε. Σε πολλές περιπτώσεις, οι χημικές αυτές ενώσεις δεν μεταβολίζονται από το ψάρι. Οι ουσίες αυτές απλά συσσωρεύονται στους λιπαρούς ιστούς του ψαριού, όπου η συγκέντρωσή τους αυξάνει με το χρόνο. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση του DDT στην πέστροφα από τη λίμνη Ontario αυξάνει σχεδόν γραμμικά με την ηλικία του ψαριού, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2. Η μέση συγκέντρωση πολλών χημικών ενώσεων, επίσης, αυξάνει δραματικά καθώς προχωράει προς τα πάνω η τροφική αλυσίδα, η οποία είναι μια διαδοχή ειδών που το καθένα από αυτά έχει ως τροφή ένα που προηγείται στην αλυσίδα. Το σχήμα 1.3 παρουσιάζει τον τροφικό ιστό (food web), που συμπεριλαμβάνει τροφικές αλυσίδες για τις Μεγάλες Λίμνες. Κατά τη διάρκεια της ζωής του ένα ψάρι καταναλώνει τροφές πολλαπλάσιες του βάρους του από τα κατώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας και κατακρατεί παρά απομακρύνει τις περισσότερες οργανοχλωριωμένες ενώσεις από αυτά τα γεύματα. Μια χημική ένωση που η συγκέντρωσή της αυξάνεται κατά μήκος της τροφικής

αλυσίδας λέγεται ότι είναι βιομεγεθυσμένη (biomagnified). Η βιομεγέθυνση του DDT, σε μερικές από τις Μεγάλες Λίμνες κατά μήκος των τροφικών αλυσίδων, φαίνεται στο σχήμα 1.3. Στο γλάρο τα επίπεδα του DDT είναι υψηλότερα σε σύγκριση με αυτά των ψαριών που βρίσκονται κάτω από αυτόν στην τροφική αλυσίδα. Τα ψάρια στην κορυφή του υδατικού τμήματος της τροφικής αλυσίδας συσσωρεύουν το DDT ιδιαίτερα αποτελεσματικά, αφού βρέθηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις στα πουλιά που τρέφονται με αυτά.



Σχήμα 1.3. Απλοποιημένη τροφική αλυσίδα για τις Μεγάλες Λίμνες, με τυπικές συγκεντρώσεις DDT για μερικά είδη.

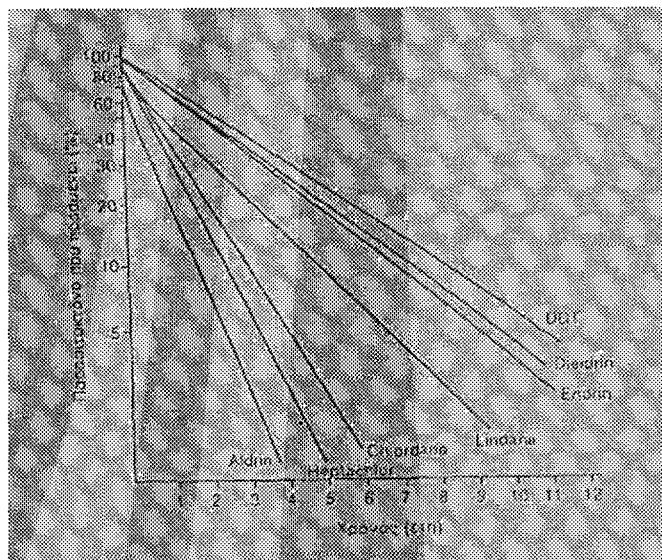
Ένα άλλο παράδειγμα της βιομεγέθυνσης παρουσιάζεται παρακάτω. Η συγκέντρωση του DDT σε θαλασσινό νερό, στο Long Island Sound, είναι περίπου 0.000003 ppm αλλά φτάνει τα 0.04 ppm στο πλαγκτόν, τα 0,5 ppm στο

λίπος των κυπρίνων και τα 2 ppm στα ψάρια που κολυμπούν σε αυτά τα νερά, και τα 25 ppm στο λίπος του φαλακροκόρακα και του αλιαετού που τρέφονται με αυτά τα ψάρια, με έναν τελικό συντελεστή βιομεγέθυνσης περίπου δέκα εκατομμύρια. Με τέτοιους μηχανισμούς, τα επίπεδα του DDE σε μερικά πουλιά γίνονται τόσο μεγάλα, ώστε περιορίζεται αρκετά η ικανότητα αναπαραγωγής τους. Η βιοσυσσώρευση των οργανοχλωριωμένων στα ψάρια και σε άλλα ζώα είναι ο λόγος για τις περισσότερες καθημερινές προσλήψεις τέτοιων χημικών ενώσεων, που εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό με την τροφή παρά με το νερό που πίνουμε.

Σοβαρό πρόβλημα προέκυψε από τη συσσώρευση των εντομοκτόνων στη φύση. Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα χλωριωμένα παρασιτοκτόνα, γενικά, είναι οι ψεκασμοί γεωργικών περιοχών από το έδαφος ή από αεροπλάνα. Οι ενώσεις αυτές προσροφούνται ισχυρά τόσο στο έδαφος, όσο και στα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας. Με τις βροχές, ένα μέρος από τα παρασιτοκτόνα που βρίσκονται στο έδαφος ή στα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας μεταφέρεται στα φυσικά νερά. Η μεταφορά αυτή είναι η μεγαλύτερη την άνοιξη (Ιανουάριος – Απρίλιος), γεγονός που οφείλεται στο λιώσιμο των πάγων, τις ισχυρές βροχοπτώσεις και τη μικρή κάλυψη του εδάφους. Όλες οι ενώσεις (π.χ. DDT, lindane, aldrin, endrin και dieldrin) είναι ελάχιστα διαλυτές στο ύδωρ και μάλιστα η διαλυτότητά τους ελαττώνεται με την αύξηση της αλατότητας των νερών.

Τα χλωριωμένα παρασιτοκτόνα στα φυσικά νερά είναι, γενικά, ανθεκτικά σε υδρόλυση και οξείδωση. Αντίθετα, προσροφούνται στα ιζήματα των πυθμένων, όπου υφίστανται μικροβιακή επίδραση και μετατρέπονται σε διάφορους μεταβολίτες. Η ταχύτητα αυτής της βιοαποικοδόμησης είναι πάρα

πολύ μικρή (η ημιπερίοδος ζωής κυμαίνεται από 9 μέχρι 116 χρόνια), με αποτέλεσμα τα ιζήματα να λειτουργούν ως μέσα αποθήκευσης αυτών των ενώσεων. Η ταχύτητα αποικοδόμησης μερικών χλωριωμένων παρασιτοκτόνων στο έδαφος δίνεται στο σχήμα 1.4.



Σχήμα 1.4. Ταχύτητα αποικοδόμησης των χλωριωμένων παρασιτοκτόνων στο έδαφος.

Η προσρόφηση όλων των χλωριωμένων παρασιτοκτόνων στα υδροχαρή φυτά είναι ταχεία. Η ημιπερίοδος ζωής τους στους ιστούς ποικίλλει ανάλογα με το είδος του φυτού. Μια εξίσου σημαντική με τη συσσώρευση των χλωριωμένων παρασιτοκτόνων παράμετρος είναι η τοξικότητα των ενώσεων αυτών.

Ο μηχανισμός με τον οποίο τα χλωριωμένα παρασιτοκτόνα εμφανίζουν τα τοξικά τους φαινόμενα στους διάφορους οργανισμούς δεν έχει πλήρως διερευνηθεί. Πάντως, πιστεύεται ότι, επειδή οι ενώσεις αυτές είναι λιποδιαλυτές, διαλύονται στη μεμβράνη λίπους που περιβάλλει τις ίνες των νεύρων και παρεμποδίζουν τη μεταφορά ιόντων προς ή από την ίνα. Η παρεμπόδιση αυτή προκαλεί ρίγη, σπασμούς και τελικά το θάνατο. Ακόμη, όλα γενικά τα

χλωριωμένα παρασιτοκτόνα (DDT, aldrin, chlordane, lindane, toxaphene, κ.ά.) έχουν αποδειχθεί ή θεωρούνται καρκινογόνα. Για πολλά από αυτά (π.χ. DDT και dieldrin) διαπιστώθηκε εμβρυοτοξική και τερατογόνος επίδραση σε διάφορα πειραματόζωα.

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 άρχισε ο περιορισμός στη χρήση των χλωριωμένων παρασιτοκτόνων. Στις περισσότερες από τις προηγμένες χώρες έχει απαγορευτεί η χρήση του DDT, χλωριωμένα, όμως, παρασιτοκτόνα συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται ακόμη στις υποανάπτυκτες χώρες.

Τα φυσικά νερά ελέγχονται για την παρουσία καταλοίπων χλωριωμένων παρασιτοκτόνων. Ο προσδιορισμός των ενώσεων αυτών γίνεται με την αέριο χρωματογραφία σε συνδυασμό με τη φασματοσκοπία μάζας.

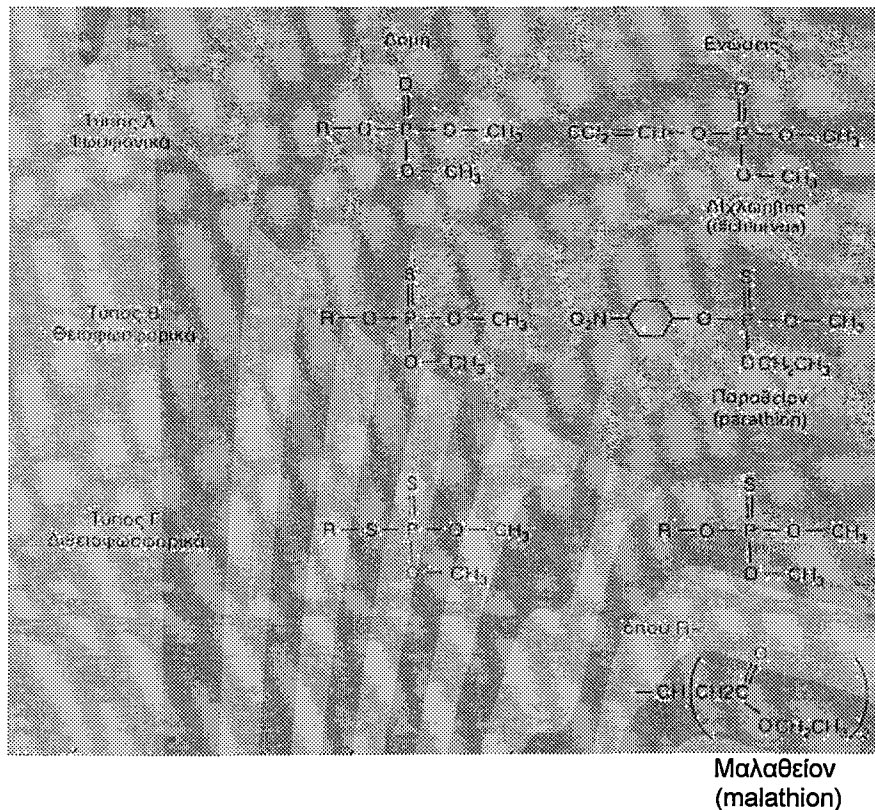
1.3. Οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα

Τα οργανοφωσφορικά παρασιτοκτόνα αποικοδομούνται γρήγορα. Από αυτή την άποψη παρουσιάζουν ένα πλεονέκτημα ως προς τα οργανοχλωριωμένα. Παρόλα αυτά, έχουν γενικά πολύ μεγαλύτερη τοξικότητα στον άνθρωπο και στα άλλα θηλαστικά σε σύγκριση με τα οργανοχλωριωμένα. Πολλά οργανοφωσφορικά παρουσιάζουν έναν άμεσο κίνδυνο στην υγεία αυτών που τα χρησιμοποιούν και εκείνων που μπορεί να έρθουν σε επαφή με αυτά. Έκθεση σε αυτά τα χημικά σε εισπνοή, κατάποση ή προσρόφηση διαμέσου του δέρματος μπορεί να οδηγήσει σε έντονα προβλήματα υγείας. Όπως οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, τα οργανοφωσφορικά συγκεντρώνονται στους λιπαρούς ιστούς, αλλά, από την άλλη μεριά, τα οργανοφωσφορικά αποσυντίθενται σε μερικές ημέρες ή εβδομάδες και έτσι σπάνια βρίσκονται στην τροφική αλυσίδα.

Τα οργανοφωσφορικά παρασιτοκτόνα περιέχουν όλα ένα κεντρικό, πεντασθενές άτομο φωσφόρου στο οποίο συνδέονται:

- A. ένα άτομο οξυγόνου ή θείου διπλά ενωμένο με το άτομο του P
- B. δυο μεθοξυ(-OCH₃) ή αιθοξυ (-OCH₂ CH₃) ομάδες απλώς ενωμένες με το άτομο φωσφόρου (P)
- Γ. μια μακρύτερη, πιο πολύπλοκη ομάδα R απλώς ενωμένη με το φώσφορο διαμέσου ενός ατόμου οξυγόνου ή θείου.

Οι τρεις υποκατηγορίες των οργανοφωσφορικών φαίνονται στο σχήμα 1.5. Όλα τα οργανοφωσφορικά παρασιτοκτόνα αποσυντίθενται σχετικά γρήγορα στο περιβάλλον, αφού το οξυγόνο του αέρα μετατρέπει τους δεσμούς P=S και P=O και προστίθενται μόρια νερού σ' αυτό, και έτσι διασπούν τους δεσμούς P-O παράγοντας τελικά μη τοξικές ουσίες, όπως φωσφορικό οξύ, O=P(OH)₃ και αλκοόλες (Σχ. 1.5).



Σχήμα 1.5. Υποκατηγορίες οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων

Το Dichlorvos είναι ένα παράδειγμα του τύπου Α των οργανοφωσφορικών ενώσεων, στο οποίο κανένα άτομο θείου δεν είναι ενσωματωμένο μέσα στο μόριο. Είναι σχετικά πτητικό και χρησιμοποιείται ως ένα οικιακό εντομοκτόνο. Το Dichlorvos εξατμίζεται σιγά και οι ατμοί του σκοτώνουν τις μύγες σε κλειστό χώρο. Είναι σχετικά τοξικό για τα θηλαστικά. Η LD_{50} του είναι 25 mg/kg για τα ποντίκια.

Το παραθείο είναι ένα παράδειγμα της κατηγορίας Β, όπου στις οργανοφωσφορικές ενώσεις, το διπλά συνδεδεμένο οξυγόνο έχει αντικατασταθεί από το θείο. Είναι πολύ τοξικό ($LD_{50} = 3$ mg/kg στα ποντίκια) και είναι πιθανώς υπεύθυνο για τους πιο πολλούς θανάτους των αγροτών, περισσότερο από κάθε άλλο παρασιτοκτόνο. Η χρήση του μπορεί από απροσεξία να σκοτώσει πουλιά και άλλους οργανισμούς που δεν είναι στόχοι. Οι μέλισσες, που είναι χρήσιμες, εξοντώνονται χωρίς διάκριση από το παραθείο. Σήμερα το παραθείο είναι απαγορευμένο σε αρκετές δυτικές βιομηχανικές χώρες αλλά εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η δομή του φενιτροθείου είναι παρόμοια με το παραθείο αλλά έχει χαμηλότερη τοξικότητα στα θηλαστικά ($LD_{50} = 250$ mg/kg στα ποντίκια). Έχει χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα σαν σπρέι για την καταπολέμηση παρασίτων στα δάση ελάτης του Ανατολικού Καναδά, με κάποιες αμφισβητήσεις. Το Diazinon, επίσης μέλος της κατηγορίας Β, συνήθως χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των εντόμων στα σπίτια, στους κήπους και για τα οικιακά ζώα και θεωρείται σχετικά ασφαλές ($LD_{50} = 300$ mg/kg στα ποντίκια). Παρόλα αυτά, εξαιτίας της τοξικότητάς του στα πουλιά η χρήση του σήμερα έχει απαγορευθεί.

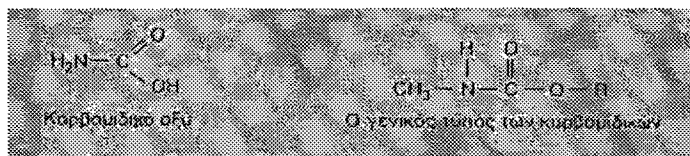
Το μαλαθείο είναι το πιο σημαντικό παράδειγμα της κατηγορίας γ, όπου και τα δυο οξυγόνα έχουν αντικατασταθεί από θείο. Άρχισε να χρησιμοποιείται από το 1950 και δεν είναι ιδιαίτερα τοξικό στα θηλαστικά ($LD_{50} = 885 \text{ mg/kg}$ στα ποντίκια) αλλά, παρόλα αυτά, είναι θανατηφόρο για πολλά έντομα, γιατί το μεταβολίζουν με διαφορετικό τρόπο. Ακόμη χρησιμοποιείται στα οικιακά αεροζόλ και για την προστασία της γεωργικής συγκομιδής. Το Dimethoate ($LD_{50} = 250 \text{ mg/kg}$), εμπορικά γνωστό σαν Cygon, είναι ένα άλλο μέρος αυτής της ομάδας. Συχνά χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των εντόμων στους φαγώσιμους καρπούς.

Τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα είναι τοξικά για τα έντομα, επειδή αναστέλλουν τη δράση των ενζύμων του νευρικού συστήματος και έτσι δρουν σαν δηλητήρια νεύρων. Στην πράξη τα οργανοφωσφορικά εμποδίζουν την επικοινωνία που πραγματοποιείται ανάμεσα στα κύτταρα μέσω της ακετυλοχολίνης. Έτσι, η παρουσία του μορίου του εντομοκτόνου έχει σαν αποτέλεσμα την καταστολή της συνεχούς μετάδοσης των ερεθισμάτων ανάμεσα στα νευρικά κύτταρα, που είναι σημαντικά για το συντονισμό των ζωτικών διεργασιών του οργανισμού και ακολουθεί ο θάνατος.

1.4. Καρβαμιδικά και φυσικά εντομοκτόνα

Ο τρόπος δράσης των καρβαμιδικών εντομοκτόνων είναι παρόμοιος με αυτόν των οργανοφωσφορικών. Τα καρβαμιδικά, που πρωτοπαρουσιάστηκαν ως εντομοκτόνα το 1951, είναι παράγωγα του καρβαμιδικού οξέως, NH_2COOH . Ένα από τα υδρογόνα που είναι ενωμένο με το άζωτο αντικαθίσταται από μια αλκυλ-ομάδα, συνήθως μεθύλιο, και το υδρογόνο, που είναι ενωμένο με το

οξυγόνο, αντικαθίσταται από μια μεγαλύτερη πιο πολύπλοκη οργανική ομάδα, που συμβολίζεται για ευκολία ως R:



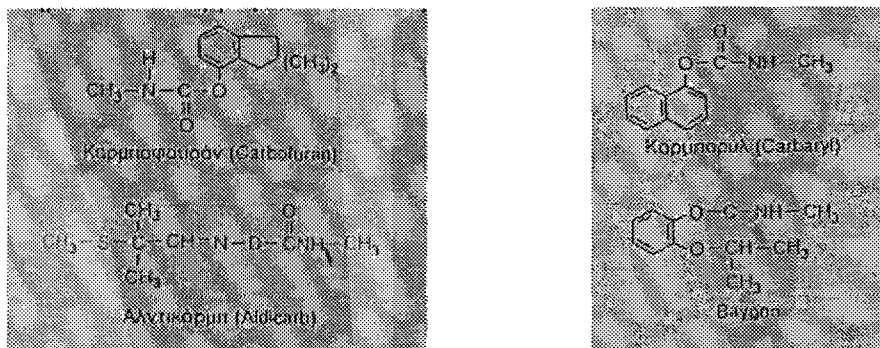
Όπως τα οργανοφωσφορικά, έτσι και τα καρβαμιδικά εντομοκτόνα έχουν μικρή περίοδο ζωής στο περιβάλλον, αφού αντιδρούν με το νερό και αποσυντίθενται σε απλά, μη τοξικά προϊόντα. (Η αντίδραση με το νερό περιλαμβάνει τη διάσπαση ενός από τους απλούς δεσμούς στον κεντρικό άνθρακα).

Σημαντικά παραδείγματα καρβαμιδικών φυτοφαρμάκων είναι το carbofuran ($\text{LD}_{50} = 8 \text{ mg/kg}$ σε αρουραίους), το carbaryl ($\text{LD}_{50} = 307 \text{ mg/kg}$) και το aldicard ($\text{LD}_{50} = 0,9 \text{ mg/kg}$). Το τελευταίο στην πραγματικότητα είναι πολύ τοξικό για τους ανθρώπους. Αν και το carbaryl, ένα ευρείας χρήσης εντομοκτόνο για τους κήπους με το εμπορικό όνομα Sevin[®], έχει μικρή τοξικότητα στα θηλαστικά, είναι ιδιαίτερα τοξικό για τις μέλισσες.

Περίληπτικά, τα οργανοφωσφορικά και τα καρβαμιδικά εντομοκτόνα λύνουν το πρόβλημα της μακροχρόνιας παραμονής και συσσώρευσης που σχετίζονται με τις οργανοχλωριωμένες ενώσεις, αλλά μερικές φορές με κόστος τη δραματική αύξηση της οξείας τοξικότητας στον άνθρωπο και στα ζώα. Αποτελούν ένα ιδιαίτερο πρόβλημα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η άγνοια σχετικά με τους κινδύνους και η αποτυχία να παίρνουν προστατευτικά μέτρα έχει οδηγήσει σε πολλούς θανάτους ανάμεσα στους αγρότες. Στην πράξη, σε μια πρόσφατη δημοσίευση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization), υπολογίζεται ότι ο αριθμός των ατόμων που υποφέρουν από

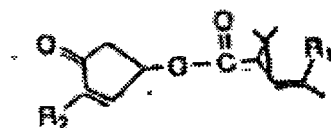
μικρής διάρκειας έκθεση στα παρασιτοκτόνα είναι εκατομμύρια και ο αριθμός των προκαλούμενων από αυτά θανάτων, συμπεριλαμβανομένων και των αυτοκτονιών, είναι εκατοντάδες χιλιάδες.

Παρακάτω δίνεται η χημική δομή και η εμπορική ονομασία μερικών χαρακτηριστικών καρβαμιδικών εντομοκτόνων:



Πολλά φυτά μπορούν από μόνα τους να παράγουν ορισμένα μόρια για την αυτοπροστασία τους, είτε θανατώνοντας είτε καθιστώντας τα έντομα ανενεργά. Επιστήμονες έχουν απομονώσει μερικές τέτοιες ενώσεις, έτσι ώστε να μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν για τον έλεγχο των εντόμων. Τέτοιες ενώσεις είναι η νικοτίνη, οι φερομόνες και ορισμένες ορμόνες.

Μια ομάδα «φυσικών παρασιτοκτόνων» που έχουν χρησιμοποιηθεί από τους ανθρώπους για αιώνες είναι οι πυρεθρίνες. Οι ενώσεις αυτές, των οποίων η γενική δομή φαίνεται παρακάτω, λαμβάνονται από τα λουλούδια ενός συγκεκριμένου είδους χρυσανθέμου:



Με τη μορφή των ξηρών αλεσμένων κορυφών λουλουδιών, πυρεθρίνες χρησιμοποιήθηκαν στα χρόνια του Ναπολέοντα για τον έλεγχο των ψειρών του

σώματος. Γενικά η χρήση των πυρεθρίνων θεωρείται ασφαλής. Όπως τα οργανοφωσφορικά, παραλύουν τα έντομα αλλά συνήθως δεν τα σκοτώνουν. Δυστυχώς, αυτές οι ενώσεις είναι μη σταθερές στο ηλιακό φως. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί συνθετικά πυρεθρινοειδή εντομοκτόνα, που είναι σταθερά στο περιβάλλον.

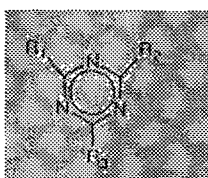
1.5. Ζιζανιοκτόνα (Herbicides)

Τα ζιζανιοκτόνα είναι χημικές ενώσεις που καταστρέφουν τα φυτά. Συνήθως εφαρμόζονται για να εξοντώσουν αγριόχορτα χωρίς να προκαλέσουν βλάβη στην επιθυμητή καλλιέργεια, π.χ. για να περιοριστούν τα αγριόχορτα με φαρδιά φύλλα στην πρασιά χωρίς να καταστραφεί το γρασίδι. Τα ζιζανιοκτόνα χρησιμοποιούνται επίσης για να εξαλείψουν τα ανεπιθύμητα φυτά από τις άκρες των δρόμων, τις σιδηροδρομικές γραμμές και τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κ.ά. και μερικές φορές ως αποφυλλωτικά σε μεγάλες περιοχές. Στο πρώτο μισό του εικοστού αιώνα διάφορες ανόργανες ενώσεις χρησιμοποιήθηκαν για την εξόντωση των ζιζανίων – κυρίως αρσενικόδες νάτριο, Na_3AsO_3 , χλωρικό νάτριο, NaClO_3 και θειικός χαλκός CuSO_4 .

Τελικά, οργανικά παράγωγα του αρσενικού αντικατέστησαν τις ανόργανες ενώσεις του, αφού είναι λιγότερο τοξικές στα θηλαστικά. Ανόργανα και οργανομεταλλικά ζιζανιοκτόνα έχουν γενικά αποσυρθεί, εξαιτίας της παραμονής τους στο έδαφος. Σήμερα κυριαρχούν στην αγορά πλήρως τα οργανικά ζιζανιοκτόνα. Η χρήση τους βασίζεται μερικώς στο γεγονός ότι είναι πολύ περισσότερο τοξικά σε ορισμένα είδη φυτών από ό,τι σε άλλα. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξαλείψουν τα πρώτα, ενώ αφήνουν ανέπαφα τα τελευταία.

1.6. Ζιζανιοκτόνα τριαζίνης

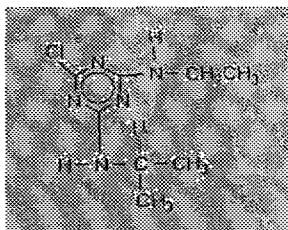
Μια μοντέρνα τάξη ζιζανιοκτόνων είναι οι τριαζίνες, η αρωματική δομή των οποίων φαίνεται παρακάτω. Στη δομή αυτή εναλλάσσονται άτομα άνθρακα και αζώτου σε έναν εξαμελή δακτύλιο:



Στα ζιζανιοκτόνα Τριαζίνης $R_1=Cl$ και $R_2, R_3 =$ αμινοομάδες

Γενική δομή των Τριαζινών

Στις τριαζίνες που χρησιμοποιούνται ως ζιζανιοκτόνα, ένα άτομο άνθρακα του δακτυλίου είναι ενωμένο με χλώριο και τα άλλα δυο με αμινοομάδες στις οποίες τα άτομα του αζώτου ενώνονται απλά με υδρογόνα και / ή με αλυσίδες άνθρακα. Το πιο γνωστό μέλος αυτής της ομάδας είναι η ατραζίνη, η οποία πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 1958 και χρησιμοποιήθηκε σε τεράστιες ποσότητες για την καταστροφή των αγριόχορτων σε χωράφια καλαμποκιού. Στην ατραζίνη, R_2 είναι $-NH-CH_2CH_3$ και το R_3 είναι $-NHCH(CH_3)_2$.



Ατραζίνη (Atrazine)

Συνήθως η ατραζίνη εφαρμόζεται σε καλλιεργήσιμα εδάφη σε αναλογίες λίγων γραμμαρίων ανά στρέμμα, με σκοπό την εξόντωση των αγριόχορτων. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις είχε χρησιμοποιηθεί για την εξόντωση όλων των

φυτών, π.χ. για τη δημιουργία χώρων στάθμευσης. Βιοχημικά, λειτουργεί ως ζιζανιοκτόνο με το μπλοκάρισμα της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης στα φυτά.

Η ατραζίνη είναι μέτρια διαλυτή στο νερό (30 ppm). Στα νερά που αποστραγγίζονται από αγροτικές περιοχές στις οποίες χρησιμοποιείται, η συγκέντρωσή της τυπικά βρέθηκε ότι είναι μερικά μέρη ανά δισεκατομμύριο. Συνήθως η ατραζίνη είναι ανιχνεύσιμη στα νερά σε τέτοιες περιοχές. Στον Καναδά η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση στο πόσιμο νερό είναι 60 ppb.

**ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΝ
ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Εισαγωγή

Η τύχη και η παραμονή των παρασιτοκτόνων στο φυσικό περιβάλλον καθορίζεται από τη διαλυτότητα, τη λιποφιλία, την προσρόφηση, τη βιοσυσσώρευση και την αλληλεπίδραση με τα συστατικά του περιβάλλοντος. Οι κυριότερες παράμετροι που καθορίζουν την τύχη και τους χρόνους παραμονής των χημικών τοξικών ρύπων στο περιβάλλον είναι:

2.1. Διαλυτότητα στο νερό

Διαλυτότητα (S) είναι η μέγιστη ποσότητα μιας χημικής ένωσης που διαλύεται σε καθαρό νερό σε ορισμένη θερμοκρασία. Όταν υπερβαίνουμε τη συγκέντρωση αυτή υφίστανται δυο φάσεις: το κορεσμένο διάλυμα και μια στερεά ή υγρή φάση.

Η διαλυτότητα είναι από τους κυριότερους παράγοντες που καθορίζουν την τύχη των χημικών ενώσεων στο περιβάλλον. Οι χημικές ενώσεις με μεγάλη διαλυτότητα στο H₂O έχουν μικρούς συντελεστές προσρόφησης, βιοσυσσώρευσης και αποικοδομούνται εύκολα από τους μικροοργανισμούς.

Η διαλυτότητα των χημικών ενώσεων στα φυσικά νερά επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία και την αλατότητα αυτών. Η ένταση της μεταβολής και της τάσης αυτής σε σχέση με τη θερμοκρασία ποικίλει. Συνήθως η άνοδος της θερμοκρασίας αυξάνει τη διαλυτότητα των χημικών ενώσεων, αν και υπάρχουν και εξαιρέσεις, όπως π.χ. το π-διχλωροβενζόλιο.

Η παρουσία διαλυμένων αλάτων στο νερό δημιουργεί γενικά μια μείωση της διαλυτότητας. Π.χ. η διαλυτότητα των πολυ-αρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs) στο θαλασσινό νερό είναι 30-60% πιο κάτω από τη διαλυτότητά τους

στο απεσταγμένο νερό. Η σχέση μεταξύ αλατότητας (A) και διαλυτότητας (S) εκφράζεται με τη σχέση:

$$\text{Log } S^{\circ} / S O' = k S C_s = K_s A$$

όπου: S° = διαλυτότητα στο απεσταγμένο νερό

S' = μοριακή διαλυτότητα στο διάλυμα του άλατος

K_s = εμπειρική παράμετρος της αλατότητας (η K_s για τους PAHs είναι μεταξύ 0,04 – 0,4)

$A = C_s$ = μοριακή συγκέντρωση του άλατος.

2.2. Λιποφιλία

Η λιποφιλία των χημικών ενώσεων εκτιμάται από το δείκτη κατανομής αυτών μεταξύ κανονικής οκτανόλης και νερού (K_{ow}). Ο συντελεστής κατανομής οκτανόλης / νερού μιας ένωσης A είναι:

$$P \text{ ή } K_{ow} = [A_{\text{οκτανόλη}}] / [A_{\text{νερό}}]$$

Οι μετρήσεις γίνονται σε θερμοκρασία 20-25°C. Για τις οργανικές ενώσεις οι τιμές του K_{ow} είναι $10^{-3} - 10^7$ ή $\log K_{ow} = -3$ έως 7.

Ο δείκτης K_{ow} δεν ισούται με την αναλογία: Διαλυτότητα στην οκτανόλη / διαλυτότητα στο νερό, γιατί στο σύστημα οκτανόλης – νερού σε ισορροπία, η οκτανόλη περιέχει 2,3 mol/L H_2O και το H_2O $4,5 \cdot 10^{-3}$ mol/L οκτανόλη. Ο συντελεστής K_{ow} προσδιορίζεται πειραματικά καθώς και υπολογιστικά με τη μέθοδο των Leo και Hansch.

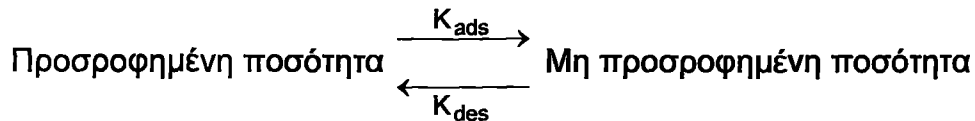
2.3. Προσρόφηση

Η προσρόφηση των χημικών ενώσεων στα αιωρούμενα σωματίδια των φυσικών νερών συμβάλλει στην απομάκρυνσή τους. Αντίθετα, η προσρόφηση στο έδαφος και στα ιζήματα συμβάλλει στην παρατεταμένη παρουσία υπολειμμάτων των ενώσεων και στην παρουσία υπολειμμάτων των ενώσεων και στην προστασία των μορίων τους από τις διεργασίες εξάλειψης όπως η χημική διάσπαση, η φωτόλυση και η βιοδιάσπαση.

Η κατανομή των χημικών ενώσεων μεταξύ διαλύματος και στερεάς φάσης χαρακτηρίζεται από μια απλή σταθερά ισορροπίας:

$$[A_{\text{ads}}] \approx K_p [A_{\text{aq}}]$$

Η ισορροπία προσρόφησης είναι μια δυναμική κατάσταση μεταξύ δυο διαφορετικών φάσεων, στερεάς και υγρής:



Η δυναμική αυτή ισορροπία εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι σημαντικότεροι των οποίων είναι:

- Η θερμοκρασία του συστήματος. Η προσρόφηση είναι εξώθερμη διεργασία και η άνοδος της θερμοκρασίας ευνοεί την εκρόφηση της προσροφούμενης ουσίας.
- Το pH επηρεάζει σημαντικά μόνο τις ενώσεις που ιονίζονται, π.χ. οι τριαζίνες. Τα ασθενή οξέα και οι ασθενείς βάσεις δείχνουν σημαντικές αλλαγές στο εύρος του εδαφικού pH: 5-9. Γενικός κανόνας είναι ότι οι ουδέτερες μορφές των οργανικών οξέων προσροφούνται ευκολότερα από τα ιόντα.

- Η επιφάνεια και η κατανομή μεγέθους των σωματιδίων. Όσο μικρότερα είναι τα σωματίδια και μεγαλύτερη η εσωτερική τους επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η προσρόφηση.
- Η αλατότητα γενικά μειώνει την προσρόφηση των κατιόντων λόγω ιοαναταλλαγής με το προσροφητικό υλικό. Αντίθετα, τα ουδέτερα μόρια δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα.
- Η παρουσία και άλλου διαλελυμένου οργανικού υλικού στο σύστημα έδαφος / νερό μειώνει την προσρόφηση των οργανικών μορίων, λόγω της αύξησης της διαλυτότητάς τους.
- Η προσρόφηση εξαρτάται και από το εύρος των συγκεντρώσεων που χρησιμοποιούνται στους ελέγχους (μη γραμμικές ισόθερμες).

Οι πιο σημαντικές ιδιότητες των οργανικών ενώσεων που ρυθμίζουν την έκταση και την ισχύ της προσρόφησής τους από τα αιωρούμενα σωματίδια ή τα κολοειδή του εδάφους και των ιζημάτων είναι:

- Ο χημικός χαρακτήρας και το σχήμα του μορίου.
- Η οξύτητα ή βασικός χαρακτήρας των μορίων (pKa ή pKb).
- Η διαλυτότητα στο νερό.
- Η κατανομή φορτίων στο οργανικό κατιόν.
- Η πολικότητα των μορίων.
- Το μέγεθος των μορίων.

Η πιο εύχρηστη εξίσωση ισόθερμης προσρόφησης για τα συστήματα στερεού – υγρού είναι του Freundlich:

$$x/m = K \cdot C_e^{1/n}$$

όπου x/m = η ποσότητα του προσροφούμενου (x) ανά μονάδα μάζας του προσροφητικού,

C_e = ισορροπίας,

K = συντελεστής προσρόφησης,

$1/n$ = σταθερά, συνήθως 0,7 – 1,1.

Όταν δεν είναι διαθέσιμη η τιμή για το $1/n$ χρησιμοποιείται το $1/n = 1$.

Για την προσρόφηση στα εδαφικά συστήματα ή στα ιζήματα, μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο προσδιορισμός του συντελεστή προσρόφησης από την περιεχόμενη οργανική ύλη κοc.

Ο συντελεστής K_{oc} υπολογίζεται από το συντελεστή προσρόφησης της εξίσωσης Freundlich:

$$K_{oc} = (K / \%OC) * 100$$

όπου: %OC = ποσοστό περιεχόμενης οργανικής ύλης στο έδαφος ή στο ίζημα.

Ο συντελεστής της προσρόφησης της οργανικής ύλης (K_{oc}) εκφράζει την προσροφητική ικανότητα του προσροφητικού, που οφείλεται στην παρουσία της οργανικής ύλης ως του σημαντικότερου περιεχομένου προσροφητικού συστατικού. Χρησιμοποιείται σε μοντέλα που αφορούν την προσρόφηση οργανικών ενώσεων στα συστήματα έδαφος / νερό και ίζημα / νερό.

2.4. Εναλλαγές στην ατμόσφαιρα, σταθερά του Henry

Η μεταφορά μιας ένωσης από το νερό στην ατμόσφαιρα εξαρτάται από ισορροπία κατανομής μεταξύ της ατμόσφαιρας και του νερού και εκφράζεται από το συντελεστή του Henry (H):

$$H = [A_g] / [A_{aq}] = (P_A / RT) [A_{aq}] = (P_A^0 / RT) / [A_{aq}^0]$$

όπου A_g, A_{aq} = συγκέντρωση της ένωσης στην αέρια και υγρή φάση αντίστοιχα,

P_A = μερική πίεση,

R = σταθερά των αερίων,

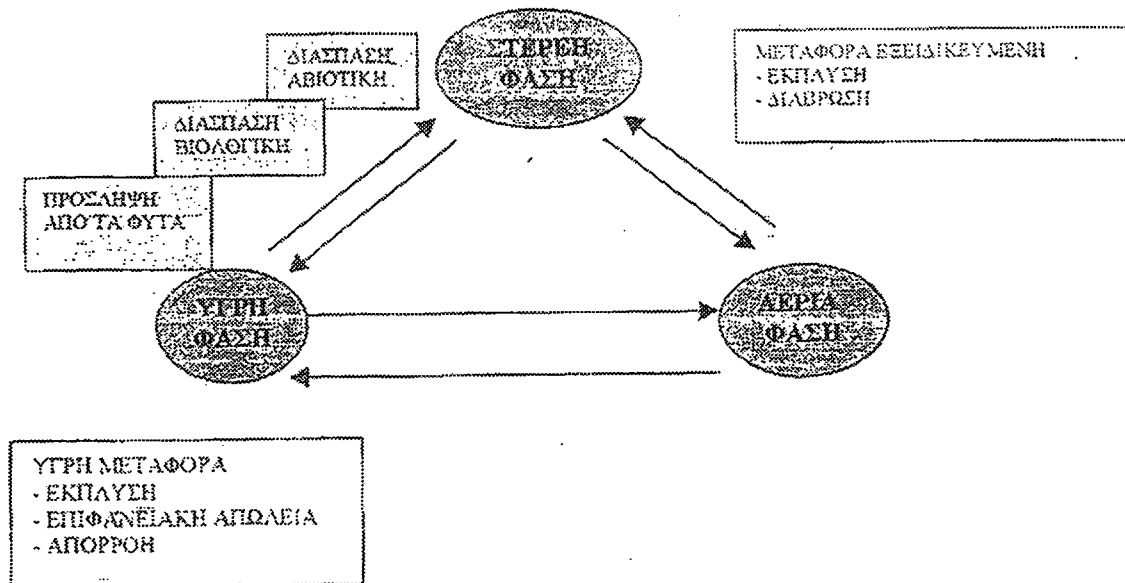
T = θερμοκρασία.

ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΣ

Εισαγωγή

Η κατανομή του συνόλου των φαινομένων, που λαμβάνουν χώρα στο γίνεσθαι και την κίνηση των φυτοφαρμάκων στο έδαφος, είναι η βάση για την εξήγηση των παραμέτρων που επιφέρουν τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Με την άφιξή τους στο έδαφος, τα οργανικά φυτοφάρμακα υπόκεινται σε αλλαγές ποσοτικές και ποιοτικές, επιφέροντας την εξαφάνισή τους κατά τις φάσεις της διάσπασής τους, χαρακτηριστικές κάθε φορά της χημικής δομής τους και των συνθηκών περιβάλλοντος.

Τα φυτοφάρμακα στο έδαφος κατανέμονται σε τρεις φάσεις: στερεά – υγρή – αέρια, κατά τις σταθερές ισορροπίες (προσρόφηση, εκρόφηση και εξάχνωση).



Σχήμα 1. Οι τρεις φάσεις των εφαρμοσμένων φυτοφαρμάκων.

Η διάσπαση των φυτοφαρμάκων στο έδαφος συνοδεύεται με την εμφάνιση των μεταβολιτών, μαζί με αλλαγή της χημικής δομής των μορίων και

τελικά τη διαφορετική συμπεριφορά τους στο έδαφος (συγκράτηση, κινητικότητα) σε σχέση με το μητρικό μόριο.

Ο εντοπισμός του παρασιτοκτόνου στην κάθε φάση στο έδαφος, αποτελεί οινόν για τις οδού μόλυνσεως του οικοσυστήματος. Παρασιτοκτόνα στο εδαφικό διάλυμα (υγρή φάση) αποτελούν το πιο κινητικό τμήμα και η μεταφορά κατά την έκπλυση (κάθετη κίνηση των προϊόντων στην επιφάνεια του εδάφους) και τη διάβρωση ευθύνεται για τη μόλυνση των υπόγειων και επιφανειακών νερών.

Όμως, ποια κριτήρια είναι αυτά που επιτρέπουν να δώσουμε τον ορισμό 'μόλυνση του εδάφους προκαλούμενη από τα οργανικά φυτοφάρμακα';

Μπορούμε να ορίσουμε για τα παρασιτοκτόνα τρία επίπεδα μόλυνσης, βιοκτόνο, χημική και οικολογική, ανάλογα με τα όρια χαρακτηριστικής συγκέντρωσης.

- Ως βιοκτόνος μόλυνση, ορίζεται το όριο συγκέντρωσης πάνω από το οποίο το παρασιτοκτόνο έχει τοξική δράση σε έναν ζωντανό οργανισμό. Το επίπεδο της μόλυνσης αυτής είναι στενά συνδεδεμένο με τη βιοδιαθεσιμότητά του σε σχέση με τη συγκέντρωση του παρασιτοκτόνου στο εδαφικό διάλυμα. Σ' αυτή την περίπτωση παρατηρείται θάνατος ψαριών και φυτοτοξικότητα στις καλλιέργειες. Η διάγνωση αυτού του τύπου της μόλυνσης γίνεται δια μέσου βιολογικών εξετάσεων (test biologique).
- Η χημική μόλυνση αναφέρεται στην παρουσία ενός οργανικού μορίου εξωγενή, ορίζεται συναρτήσει του ορίου συγκέντρωσης που συμπίπτει στην εκχύλιση του μορίου από οργανικούς διαλύτες και στην ευαισθησία των αναλυτικών μεθόδων διάγνωσης.

- Η οικολογική μόλυνση ορίζεται εν συναρτήσει της εκδήλωσης όλων των τύπων δράσεων σε βραχύ ή μακρό διάστημα του μητρικού μορίου ή των μεταβολιτών. Δεν μπορούμε να ορίσουμε όριο ελάχιστης συγκέντρωσης για τον τύπο αυτό της μόλυνσεως· θα πρέπει να υπολογίσουμε και τα μη εκχυλίσιμα απόβλητα ή «απόβλητα συνδεδεμένα».
- Τέλος, η νόμιμη μόλυνση όσον αφορά τα φυτοφάρμακα και το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση οριοθετείται από την Ε.Ε. στα 0,1 mg·l⁻¹ για κάθε μόριο και 0,5 mg·l⁻¹ για το σύνολο διαφορετικών μορίων.

3.1. Εδαφος

Έδαφος ορίζεται το ανώτερο στρώμα της επιφάνειας της γης, πάνω στο οποίο αναπτύσσονται τα φυτά. Προήλθε δε από την αποσάθρωση των πετρωμάτων λόγω ατμοσφαιρικών και βιολογικών επιδράσεων και διακρίνεται από το αρχικό μητρικό υλικό στο ότι έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και πολλές ρίζες ανώτερων φυτών και μικροοργανισμών, εμφανίζει δε ανώτερο βαθμό αποσάθρωσης. Η κατανομή σε βάρος των συστατικών του εδάφους εμφανίζεται παρακάτω:

Ανόργανα συστατικά: 95%

<u>κλάσμα</u>	<u>διάμετρος σε mm</u>
Χοντρή άμμος (Coarse sand)	2 – 0,2
Λεπτή άμμος (Fine sand)	0,2 – 0,02
Ιλύς (Silt)	0,02 – 0,002
Άργιλος (Clay)	< 0,002
Οξειδία και υδροξείδια του Fe και Al	

Οργανικά συστατικά: 5%

Οργανική ουσία νεκρή: 85%

Συστατικά όχι χουμικά (υπολείμματα φυτών)

Χουμικά συστατικά

Οργανική ουσία ζωντανή: 15%

Ρίζες 60% - 75%

Μικροοργανισμοί 25% - 40%

Μικροχλωρίδα: 75%

Μικρο- και μακρο-πανίδα: 25%

Οι μικροοργανισμοί αποτελούν το 0,05 – 0,1% περίπου.

Η μικροχλωρίδα του εδάφους χαρακτηρίζεται από τον ολικό πληθυσμό, από τον πληθυσμό του κάθε είδους, από τη βιομάζα καθώς και από την εξειδικευμένη εργασία του κάθε είδους. Οι δράσεις των μικροβίων μπορεί να είναι:

- Κύριες δραστηριότητες (αναπνοή, ανοργανοποίηση).
- Εξειδικευμένες δραστηριότητες (νιτροποίηση, απονιτροποίηση, διάσπαση των φυτοφαρμάκων).
- Μεταβολική δραστηριότητα, διαφορετική για κάθε είδος.
- Φυσιολογική δραστηριότητα, διαφορετική για κάθε είδος.

Η μικροχλωρίδα μπορεί να κατέχει ποσότητα μέχρι ένα τόνο ξηράς ουσίας ανά εκτάριο εδάφους. Αυτή μπορεί να αποτελείται από:

Βακτήρια	5.000.000 έως 500.000.000	άτομα ανά gr. εδάφους
Ακτινομύκητες	1.000.000 έως 20.000.000	άτομα ανά gr. εδάφους
Μύκητες	5.000 έως 1.000.000	άτομα ανά gr. εδάφους
Ζυμομύκητες	1.000 έως 100.000	άτομα ανά gr. εδάφους
Άλγη	1.000 έως 500.000	άτομα ανά gr. εδάφους

Το ενδιαφέρον για τους μικροοργανισμούς του εδάφους εστιάζεται στις ευεργετικές συνέπειες της δράσης αυτών, ορισμένες από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω:

- Διάσπαση των οργανικών υπολειμμάτων με ταυτόχρονη απελευθέρωση των θρεπτικών στοιχείων.
- Μορφοποίηση του χούμου του εδάφους.
- Βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους.
- Ελευθέρωση των θρεπτικών συστατικών από τα αδιάλυτα ανόργανα στοιχεία.
- Δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου.
- Βελτίωση της θρέψης των φυτών (P) από τις συνδέσεις μεταξύ μυκοριζών.
- Ανταγωνιστική δράση προς τα παθογόνα φυτά.
- Διάσπαση των εξωγενών μορίων (φυτοφάρμακα, συνθετικά βιομηχανικής προέλευσης...).

Ο τύπος του εδάφους επηρεάζει τη μικροβιακή βιομάζα (ποσοτικά):

Τύπος εδάφους	Μικροβιακή βιομάζα CmgCKg ⁻¹ εδάφους
Αργιλο-πηλώδες	373
Αμμώδες	141
Αργιλώδες – αλουβιακό	1.219

Η μικροβιακή βιομάζα έχει πρωτεύοντα ρόλο στη βιολογική διάσπαση των φυτοφαρμάκων. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ εδάφους – μικροβιακής βιομάζας - φυτοφαρμάκου.

3.2. Η κίνηση των φυτοφαρμάκων στο έδαφος

Οι παράγοντες που προσδιορίζουν τη συμπεριφορά των φυτοφαρμάκων στο έδαφος μπορεί να είναι βιολογικοί, αβιοτικοί και δρουν στη διάσπαση, τη συγκράτηση και τη μεταφορά τους στο περιβάλλον.

Η μόλυνση των νερών είναι συνδεδεμένη με την αλληλεπίδραση φυτοφαρμάκου – εδάφους και ρυθμισμένη από τις κλιματικές συνθήκες.

Ο μολυσματικός χαρακτήρας του φυτοφαρμάκου από πρακτικής πλευράς αποδίδεται από την ανικανότητα του εδάφους να το συγκρατήσει και να το διασπάσει πριν το νερό το διασκορπίσει στο ευρύτερο περιβάλλον. Η πιθανότητα μόλυνσης του νερού από ένα γεωργικό φυτοφάρμακο εξαρτάται από τη διαθεσιμότητά του στο έδαφος στη διάρκεια του χρόνου και στη δυναμική του νερού.

Οι παράμετροι που εξηγούν την κίνηση των φυτοφαρμάκων είναι οι ακόλουθοι:

Εξάχνωση: Το εύρος διάχυσης προς την ατμόσφαιρα των εφαρμοσμένων φυτοφαρμάκων στην επιφάνεια του εδάφους. Εξαρτάται κατά κανόνα από την κατεργασία του εδάφους, η οποία μεταβάλλει την κατανομή του νερού και της οργανικής ουσίας και τελικά επιδρά στη θέρμανση του εδάφους, στη συγκράτηση των φυτοφαρμάκων από το έδαφος (Schiavon et al.). Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η εξάχνωση συμμετέχει έχοντας ένα μικρό ρόλο στη διάλυση των φυτοφαρμάκων. Ο βαθμός πτητικότητας και ο συντελεστής του Henry (H) ενός φυτοφαρμάκου είναι κάθε φορά αυτός που συσχετίζεται με την εξάχνωση και μπορεί να είναι σημαντικός σε ορισμένες περιπτώσεις (trifluraline).

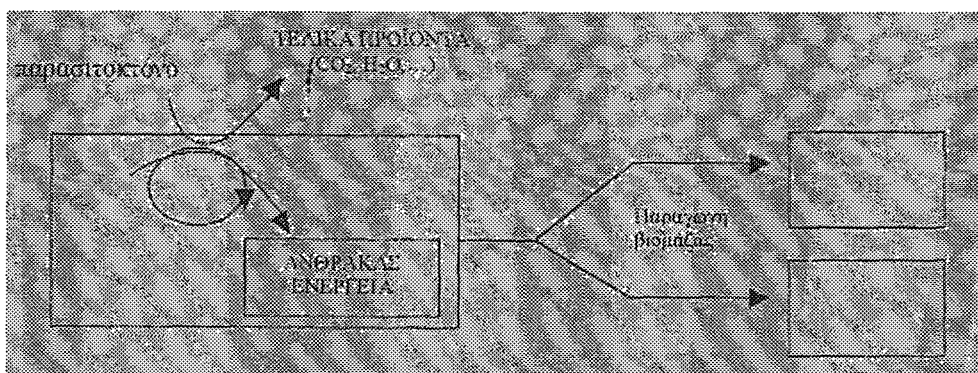
Συγκράτηση: Η συγκράτηση ενός φυτοφαρμάκου από το έδαφος είναι αποτέλεσμα συνολικό, σύνθετων φαινομένων εφαρμοσμένων στις αλληλεπιδράσεις με τα οργανικά και ανόργανα συστατικά του εδάφους (Calvet, 1989). Αναφερόμαστε στην προσρόφηση – εκρόφηση, κατακρήμνιση – διαλυτότητα, κατακρήμνιση – καθίζηση. Κατά ένα γενικό κανόνα, όσο περισσότερο ένα προϊόν (φυτοφάρμακο) είναι συγκρατημένο (στερεή φάση) στο έδαφος, τόσο λιγότερο κινητικό είναι και τόσο λιγότερο θα διασκορπιστεί. Κατά συνέπεια, θα παρουσιάσει λιγότερους κινδύνους μόλυνσης του υδροφόρου ορίζοντα (Barrigoso et al., 1996). Αυτή η διαθεσιμότητα εξηγεί και την απορρόφηση από τους ζώντες οργανισμούς, στάδιο που εξηγεί τη δράση των φυτοφαρμάκων.

Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η μόλυνση των εδαφών έχει δυο φάσεις. Μια **μόλυνση μετρήσιμη** (απόβλητα φυτοφαρμάκου εκχυλίσμα και κατά συνέπεια αναλύσιμα) και μια **μόλυνση αφανής** (απόβλητα φυτοφαρμάκου συνδεδεμένα). Καθώς τα ζιζανιοκτόνα ή τα φυτοφάρμακα έρχονται σε επαφή με το έδαφος, δημιουργούν διάφορους τύπους συνδέσεων πολύ ή λιγότερο σταθερές με την οργανική ουσία ή με τα ανόργανα συστατικά του εδάφους. Αυτές οι αντιδράσεις οδηγούν στη μερική ακινητοποίηση των φυτοφαρμάκων και στην εξάλειψη της βιολογικής τους δραστηριότητας. Καθώς ο χρόνος επαφής φυτοφαρμάκου – εδάφους αυξάνεται, ένα μέρος των συνδέσεων αυτών γίνεται σταδιακά μη αναστρέψιμο, με αποτέλεσμα ένα μέρος του εφαρμοσμένου φυτοφαρμάκου να παραμένει μη εκχυλίσιμο κατά τη χρήση οργανικών διαλυτών στο εργαστήριο και, κατά συνέπεια, σε συνθήκες αγρού. Η μη εκχυλίσιμη αυτή ποσότητα και όχι μετρήσιμη, θεωρείτο για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα, από τους ερευνητές, ως μια ποσότητα φυτοφαρμάκου που διασπάρθηκε ως το

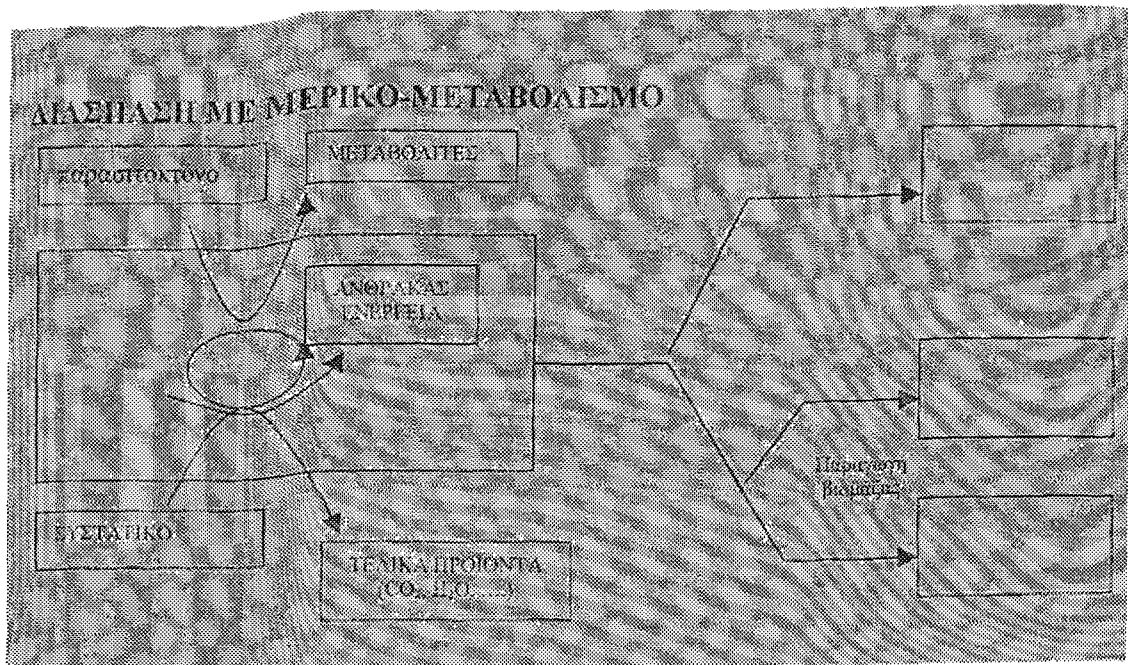
στάδιο του CO₂. Με τη χρησιμοποίηση προϊόντων (φυτοφαρμάκων) ιχνηθετημένων με ραδιενεργό ισότοπο (¹⁴C) βρέθηκε ότι ένα μέρος της ραδιενέργειας του ιχνηθετημένου φυτοφαρμάκου είναι σταδιακά μη εξαγωγήμη. Αυτή η ποσότητα ραδιενέργειας θεωρήθηκε (1975 I'US Environmental Protection Agency) και παρουσιάζεται σαν απόβλητο συνδεδεμένο στα συστατικά του εδάφους (δραστική ουσία ή μεταβολίτες). Η ελευθέρωση των συνδεδεμένων αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει φυτοτοξικότητα ή την είσοδό τους σε οργανισμούς που έχουν τροφική σχέση με το χώμα (σκουλήκια). Τέλος, η συμπεριφορά τους μετά την ελευθέρωση είναι η ίδια με αυτή των ελεύθερων μορίων.

Αποικοδόμηση – Διάσπαση: Οι παράγοντες που λαμβάνουν χώρα στη διάσπαση του ρυπογόνου προϊόντος μέσα στο έδαφος μπορούν να είναι βιολογικοί (Σχ. 1, 2) και αβιοτικοί (Σχ. 3). Ο διαχωρισμός τους είναι δύσκολο να γίνει. Η αποικοδόμηση της μοριακής τους δομής και η εμφάνιση των μεταβολιτών είναι το πρώτο στάδιο της διάσπασής τους. Ο χημικός χαρακτήρας, το σχήμα, το μέγεθος, η διαλυτότητα των οργανικών ρυπαντών προσδιορίζει τη διαδρομή και το μέγεθος της διάσπασής τους.

ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΜΕ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟ

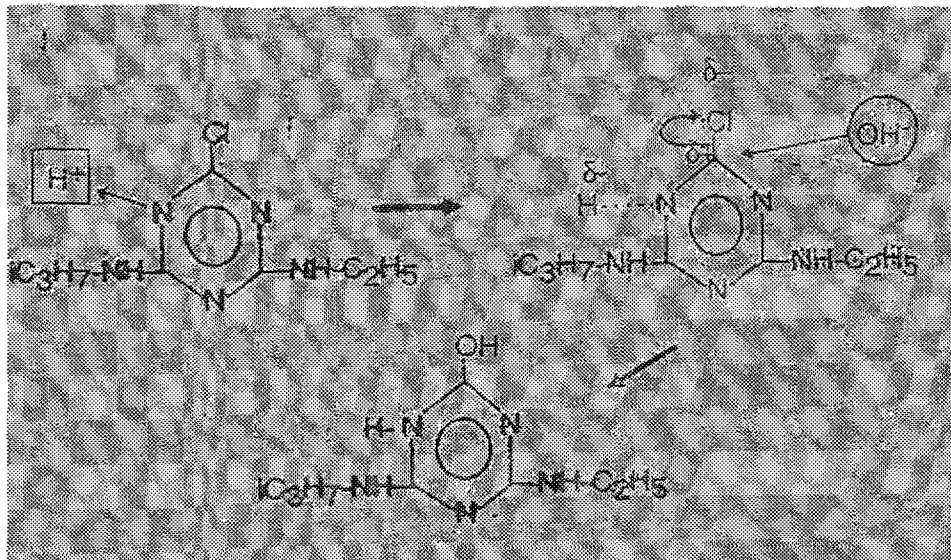


Σχήμα 1. Το παρασιτοκύκλος αποτελεί το θρεπτικό υπόστρωμα των μικροοργανισμών.



Σχήμα 2. Το παρασιτοκτόνο δεν αποτελεί κύριο θρεπτικό υπόστρωμα, είναι το δευτερεύον συστατικό που χρησιμεύει ως τροφή.

ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΑΠΟ ΑΒΙΟΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ



Σχήμα 3. Παράδειγμα ατραζίνης.

3.3. Εκτίμηση της διαθεσιμότητας των φυτοφαρμάκων στο έδαφος

Η διαθεσιμότητα των οργανικών φυτοφαρμάκων σε χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση είναι συνδεδεμένη με την παρουσία τους στο εδαφικό διάλυμα. Η παρουσία τους εξαρτάται από τη διαλυτότητά τους στο νερό, από τα χαρακτηριστικά μόριά τους και από τη συγκράτησή τους από τα συστατικά του εδάφους. Η ποσότητά τους μπορεί να προσδιοριστεί στο εδαφικό διάλυμα είτε άμεσα, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα προσρόφηση – εκρόφηση, είτε άμεσα από την ανάλυση του εδαφικού διαλύματος.

3.3.1. Άμεσος προσδιορισμός των φυτοφαρμάκων στο εδαφικό διάλυμα

Πολυάριθμες είναι οι τεχνικές οι οποίες επιτρέπουν τη συλλογή των φυτοφαρμάκων από το εδαφικό διάλυμα, αλλά ο ποσοτικός προσδιορισμός των οργανικών ουσιών είναι δύσκολος, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων του συλλεγμένου νερού αλλά και των μικρών συγκεντρώσεων των ουσιών σ' αυτό. Οι τεχνικές που ευρύτατα χρησιμοποιούνται το εργαστήριο είναι η τεχνική φυγοκέντρησης των εδαφικών δειγμάτων και η τεχνική με τη χρήση πίεσης.

Η τεχνική με τη βοήθεια ειδικών φίλτρων κατά τον Gaillardon (1991) ήταν εφαρμόσιμη μα μόνο για ιχνηθετηθέντα μόρια από ένα ραδιενεργό ισότοπο. Σε συνθήκες αγρού, η χρησιμοποίηση αδρανών πορωδών υλικών και η εφαρμογή λυσιμέτρων επιτρέπουν να συλλέξουμε νερό, με την πιθανή συγχρόνως ποσότητα φυτοφαρμάκου που περιέχει.

Ένας συνδυασμός διαφορετικών τεχνικών πραγματοποιήθηκε από τον Bertin το 1989 για τον προσδιορισμό της ατραζίνης (Σχήμα 3). Έτσι, το μέρος της διαλυμένης ατραζίνης στο ελεύθερο νερό συλλέγεται από τα λυσίμετρα και το άλλο μέρος της ατραζίνης στο διαθέσιμο νερό συλλέγεται με φυγοκέντρηση.

Σημειώνεται ότι η «συνδεδεμένη ατραζίνη» στο διαθέσιμο νερό ελαττώνεται γρήγορα μέσα στο χρόνο. Αντιθέτως, παρατηρούμε αύξηση των υπολειμμάτων στο ελεύθερο νερό.

Ο άμεσος υπολογισμός των διαθέσιμων φυτοφαρμάκων πραγματοποιείται επίσης με τη βοήθεια βιολογικών τεστ, αξιοποιώντας την ευαισθησία των ζωντανών φυτικών ή ζωικών οργανισμών.

3.3.2. Προβλήματα συλλογής των φυτοφαρμάκων

Τα περισσότερα προβλήματα αφορούν την προετοιμασία των δειγμάτων, την επιλογή άριστων διαλυτών και τη σύνταξη του πρωτοκόλλου εργασίας. Άλλα προβλήματα αφορούν την εξέλιξη των φυτοφαρμάκων στο έδαφος, αυτή πολλές φορές εκφράζεται για πολλά μόρια με τη μείωση της εξαγωγής των υπολειμμάτων, εμφάνιση των «συνδεδεμένων υπολειμμάτων».

3.3.3. Η εξέλιξη των υπολειμμάτων στο χρόνο

Πρωταρχικά, η συγκράτηση των φυτοφαρμάκων από τα εδάφη είναι περισσότερο ή λιγότερο αναστρέψιμη. Οι αλληλεπιδράσεις με τα συστατικά του εδάφους οδηγούν σε μείωση της εξαγωγής μέσα στο χρόνο, αρκεί να σημειώσουμε ότι το ποσοστό των «συνδεδεμένων υπολειμμάτων» μπορεί να είναι 90% της εφαρμοσμένης ποσότητας.

Τα υπολείμματα αυτά δεν μπορούν να μελετηθούν με τις κλασικές χημικές μεθόδους, παρά μόνο με τη χρήση ιχνηθετημένων μορίων στον ^{14}C .

Οι Amaker και Corning (1976) πρότειναν ένα μαθηματικό μοντέλο του γίνεσθαι των φυτοφαρμάκων στο έδαφος. Το μοντέλο βασίζεται στην κατανομή των οργανικών μορίων σε δυο φάσεις, μια κινητή και μια συνδεδεμένη. Στην

κινητική φάση προκύπτει η διάσπαση, έχοντας ταχύτητα διάσπασης K χαρακτηριστική για κάθε μόριο. Η κινητική φάση είναι σε ισορροπία με τη συνδεδεμένη με τις σταθερές ταχύτητες K_1 και K_{-1} . Η ταχύτητα δημιουργίας της συνδεδεμένης φάσης (K_1) είναι σε γενικές γραμμές μικρότερη από την ταχύτητα διάσπασης (K).

Τα μόρια της κινητικής φάσης είναι εξαγωγίμα με οργανικούς διαλύτες και είναι ικανά να περάσουν στο εδαφικό διάλυμα. Για τον εμπειρικό προσδιορισμό των δυο αυτών φάσεων προσφεύγουμε σε δυο διαδοχικές εξαγωγές, εξαγωγή των υδατοδιαλυτών μορίων και εξαγωγή με οργανικούς διαλύτες.

Αυτή η λειτουργία επιτρέπει τον υπολογισμό των διαφορετικών φάσεων: εύκολα εκροφήσιμα ή διαθέσιμα (τμήμα υδατοδιαλυτό), δυναμικά διαθέσιμο (τμήμα εξαγωγίμο από οργανικούς διαλύτες) και όχι διαθέσιμο ή «απόβλητα συνδεδεμένα» (τμήμα συνδεδεμένο όχι εξαγωγίμο).

3.3.4. Χρησιμοποιούμενες μέθοδοι και εξαγωγή των φυτοφαρμάκων

Ο υπολογισμός της απόλυτης εξαγωγής συσχετίζεται με τα «συνδεδεμένα απόβλητα».

Η εικόνα 2 παρουσιάζει το ποσοστό συλλογής του ^{14}C με μεθανόλη από ένα έδαφος που καλλιεργήθηκε με ^{14}C –ατραζίνη· παρατηρείται μικρή εσοδεία της πρώτης εκχυλίσεως και απαραίτητη εφαρμογή 10 διαδοχικών εκχυλίσεων ώστε να φτάσουμε στην αρχική ποσότητα.

Η ικανότητα των διαλυτών εκχύλισης είναι συνδεδεμένη με την οργάνωση της δομής και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους και κυρίως από την ιδιότητα υδρόφιλο / υδρόφοβο. Αυτή η τελευταία ιδιότητα είναι η κύρια αιτία τροποποίησης της ικανότητας εκχύλισης. Η εικόνα 2 δείχνει το αποτέλεσμα

της αύξησης της πολικότητας της μεθανόλης με την πρόσθεση νερού, με αποτέλεσμα την καλύτερη απόδοση των προϊόντων εκχύλισης σε σχέση με τη χρησιμοποίηση μόνο της μεθανόλης.

Γενικά, για να μελετήσουμε αποτελεσματικά τα οργανικά φυτοφάρμακα στο έδαφος, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε γνώσεις που αφορούν τη φυσική, χημική και βιολογική συμπεριφορά των εδαφών, σε συνεργασία με τις χημικές αναλυτικές μεθόδους. Ιδιαίτερα το πάντρεμα των τεχνικών του φυσικού διαχωρισμού των εδαφών και του χημικού διαχωρισμού των χουμικών συστατικών είναι πολύ ελπιδοφόρο.

3.3.5. Η χρησιμοποίηση των τεχνικών διαχωρισμού των εδαφών στη μελέτη των αποβλήτων των φυτοφαρμάκων

Τα περισσότερα πρωτόκολλα μελέτης των φυτοφαρμάκων στο έδαφος αναφέρονται στις τεχνικές διαχωρισμού χρησιμοποιούμενες για τη μελέτη μόνο της οργανικής ουσίας του εδάφους. Αυτό δικαιολογείται από τον εντοπισμό των υπολειμμάτων στα «σπλάχνα» των οργανικών ή ανόργανων – οργανικών συστατικών του εδάφους.

3.3.5.1. Χημικός διαχωρισμός των εδαφών

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι ο διαχωρισμός των φουλβικών οξέων, χουμικών οξέων και της χουμίνης με τη βοήθεια οργανικών διαλυτών αλκαλικού χαρακτήρα. Αυτός ο τύπος διαχωρισμού απευθύνεται κυρίως στη μελέτη των «συνδεδεμένων αποβλήτων». Ο Bertin (1989) έδειξε ότι η ενσωμάτωση των συνδεδεμένων αποβλήτων της ατραζίνης στα χουμικά συστατικά αυξάνεται μέσα στο χρόνο (σχήμα 4). Στην αρχή της εφαρμογής των φυτοφαρμάκων το μεγαλύτερο τμήμα είναι συνδεδεμένο στα φουλβικά οξέα, μετά 12 μήνες οι αναλογίες ενσωμάτωσης στη χουμίνη και στα χουμικά οξέα αυξάνεται σταδιακά.

**Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ
ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ**

Η χρησιμοποίηση των γενετικά τροποποιημένων φυτών και η σχέση τους με τα ζιζανιοκτόνα

Η αντοχή των φυτών στα ζιζανιοκτόνα δεν είναι καινούργιο θέμα. Έχει παρατηρηθεί από πολύ νωρίς η ύπαρξη φυτών ανθεκτικών σε ένα παράσιτοκτόνο και φυτών μη ανθεκτικών σ' αυτό, το ίδιο ζιζανιοκτόνο. Η παρατήρηση του φαινομένου αυτού χρονολογείται το 1950, δηλαδή με την έναρξη χρησιμοποίησης των παρασιτοκτόνων, και αποτέλεσε τη δεκαετία του 1990 αντικείμενο έρευνας της βιοτεχνολογίας.

Αλλά πριν έρθει στο προσκήνιο η βιοτεχνολογία, ας κάνουμε μια διαδρομή στον τρόπο δημιουργίας των ζιζανιοκτόνων. Τα καινούργια ζιζανιοκτόνα αναπτύχθηκαν γεννώντας μια γκάμα από καινούργια μόρια στο εργαστήριο. Αυτά ψεκάζονταν σε συγκεκριμένα ζιζάνια, προσπαθώντας να καθοριστεί η αποτελεσματικότητά τους σε αυτά. Σε περίπτωση θετικού αποτελέσματος ψεκάζονταν εξ ολοκλήρου οι καρποί των φυτών, τα οποία θα προστάτευε από τα συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα, για να καθοριστεί ο βαθμός ανθεκτικότητας. Σε περίπτωση που οι καρποί δεν μπορούσαν να αντέξουν το ζιζανιοκτόνο σε τιμές που χρειαζόταν για να καταστραφούν τα ζιζάνια, δεν υπήρχε πρακτικός τρόπος να δοθεί αποδεκτό επίπεδο για την εσοδεία, εκτός και αν υπήρχαν διαφορές ανάμεσα στην καλλιεργούμενη ποικιλία φυτού στο κάθε είδος.

Περιστασιακά βρίσκονταν τέτοιες γενετικές διαφορές, που έδιναν διαφορετική ανθεκτικότητα στο αυτό ζιζανιοκτόνο μεταξύ των ποικιλιών. Στη σόγια, η ανθεκτικότητα στο metribuzin διαφέρει ανάμεσα στις καλλιεργούμενες ποικιλίες. Οι αγρότες που χρησιμοποιούσαν το ζιζανιοκτόνο έπρεπε να επιλέξουν ποικιλίες φυτών με επαρκές επίπεδο αντοχής. Μερικοί παραγωγοί

σόγιας επέλεξαν για αντοχή στο metribuzin ποικιλίες φυτών ως μέρος ανάπτυξης προγραμμάτων.

Πιθανώς οι περισσότεροι άνθρωποι δεν ήξεραν ότι μερικές καλλιεργούμενες ποικιλίες φυτών σόγιας αναπτύχθηκαν για αντίσταση στο metribuzin. Σήμερα συζητάμε για το θέμα αυτό λόγω ανάπτυξης της βιοτεχνολογίας, η οποία επιδιώκει να βρει καινούργια γονίδια για την αντοχή των καλλιεργούμενων φυτών στα ζιζάνια, καθώς και να βρει τρόπους μεταφοράς των γονιδίων ανάμεσα στα είδη.

Άρα πλέον θα μπορούσαμε να χωρίσουμε τα φυτά σε αυτά που είναι ανθεκτικά στα ζιζανιοκτόνα εκ φύσεως και σε αυτά τα οποία αναπτύχθηκαν με καινούργιες μεθόδους και παρέλαβαν αυτή την ανθεκτικότητα βάσει της γενετικής μηχανικής (HTCs). Αρκετές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την ανθεκτικότητα των καρπών στα ζιζανιοκτόνα. Η πιο απλή είναι η τεχνητή μεταλλαξιγένεση. Η DuPont ανέπτυξε την αντοχή στη δραστική ουσία sulfonylurea, με εμπορικό όνομα Pinnacle, στη σόγια, χρησιμοποιώντας σπόρους από καλλιεργούμενη ποικιλία με χημική μεταλλαξιγένεση. Οι σπόροι φυτεύτηκαν, τα φυτά που προέκυψαν ήταν αυτο-επικοινωνιαζόμενα και οι αυτο-επικοινωνιαζόμενοι σπόροι μαζεύτηκαν. Οι σπόροι σπάρθηκαν και τα φυτά εκτέθηκαν σε chlorosulfuron. Το φυτό βρέθηκε ότι άντεχε στα ζιζανιοκτόνα. Το γονίδιο, έχοντας την αντοχή, τοποθετείται σε υψηλής απόδοσης καλλιεργούμενες ποικιλίες φυτών με παραδοσιακές μεθόδους ανάπτυξης. Η ιστοκαλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε από επιστήμονες στο Πανεπιστήμιο της Μινεσότα, με σκοπό την ανάπτυξη της αντοχής του καλαμποκιού στη δραστική ουσία sethoxydim, το οποίο φέρει εμπορικό όνομα Poast. Κύτταρα καλαμποκιού αναπτύχθηκαν σε μέσο με υψηλή περιεκτικότητα ζιζανιοκτόνου.

Τα κύτταρα που επέζησαν τοποθετήθηκαν σε καινούργια φυτά. Τα νέα φυτά και τα παράγωγά τους απέκτησαν αντοχή στο sethoxydim. Το ανθεκτικό γονίδιο στο sethoxydim μεταφέρεται σε εμπορικά υβρίδια με παραδοσιακές μεθόδους ανάπτυξης των φυτών.

Μια τρίτη προσέγγιση έχει χρησιμοποιηθεί από τη Monsanto για την ανάπτυξη αντοχής στη δραστική ουσία glyphosate, με εμπορικό όνομα Round Up. Αναγνώρισαν ένα γονίδιο στην πετούνια που έλεγχε την αντοχή στο παρασιτοκτόνο. Απομόνωσαν το γονίδιο από την πετούνια και το μετέφεραν στη σόγια, με τη χρήση του *Agrobacterium tumefaciens*.

Εκτός από τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε για να αναπτύξει αντοχή σε ζιζανιοκτόνα, τα ερωτήματα που υπάρχουν σχετικά με την τεχνολογία είναι βασικά τα ίδια.

Ας εξετάσουμε θέματα που συνδέονται σχετικά με HTC's. Η ασφάλεια των HTC's για την ανθρώπινη και ζωική κατανάλωση έχει αμφισβητηθεί. Αν η αντοχή ενός ζιζανίου είναι υπερβολικά υψηλή και οι αγρότες εφαρμόζουν ένα ζιζανιοκτόνο σε υψηλές τιμές, η εσοδεία ίσως να μη μπορεί να είναι ικανή να μειώσει ολοκληρωτικά τα υπολείμματα του φαρμάκου και ένα μέρος μπορεί να συλλέγεται στα τρόφιμα ή να καταναλώνεται ως ζωοτροφή.

Δεν φαίνεται να υπάρχει αντίρρηση σχετικά με τη σπουδαιότητα καθορισμού ορίων ασφαλείας των HTC's για κατανάλωση ζωοτροφών ή τροφίμων. Πρέπει να αποκτηθεί έγκριση από το Γραφείο Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) πριν ένα ζιζανιοκτόνο γίνει νόμιμο για χρήση σε έναν καρπό. Αυτή η έγκριση θα απαιτεί μια αξιολόγηση της παρουσίας του ζιζανιοκτόνου ή άλλων ανεπιθύμητων τοξικών. Ως προστασία στην αλόγιστη χρήση ενός παρασιτοκτόνου, τα πειράματα εφαρμόζονται ώστε οι καρποί να αντέχουν μόνο

μερικές φορές πάνω από την κανονική δόση του ζιζανιοκτόνου και όχι σε πιθανά πολύ υψηλά ποσοστά χρησιμοποίησης από τους παραγωγούς· σε τέτοιες περιπτώσεις ο κίνδυνος υπολειμμάτων είναι υψηλός.

Εδώ πρέπει να διαχωρίσουμε την περιβαλλοντική ασφάλεια και τις κοινωνικοοικονομικές ανησυχίες, επειδή οι περισσότεροι αγρότες νοιάζονται για το περιβάλλον αλλά δεν αντιτίθενται στη χρήση των ζιζανιοκτόνων για κοινωνικοοικονομικούς λόγους. Η χρήση των HTC's είναι αρνητική για το περιβάλλον αν δεν γίνει προσπάθεια για την ανάπτυξη πιο ασφαλών περιβαλλοντολογικά σκευασμάτων, που μπορούν να εφαρμοστούν σε πολύ μικρές δοσολογίες. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για να πιστεύουμε ότι θα παραχθούν σκευάσματα ασφαλή για το περιβάλλον. Καταρχήν, όλες οι εταιρίες χημικών είναι γνώστες των απαιτήσεων της κοινωνίας για καθαρό νερό, αέρα και τροφή. Αυτή τη γνώση την μοιράζονται επίσης οι αγρότες, οι προμηθευτές τροφίμων, οι κατασκευαστές τροφίμων και οι έμποροι.

Οι παραγωγοί προσέχουν τις δόσεις χρήσης των παρασιτοκτόνων και αν όχι για περιβαλλοντικούς λόγους αλλά για λόγους κόστους, ένας από τους σημαντικότερους τρόπους μείωσης του κόστους των ζιζανίων είναι να μειώσουμε την αναλογία ανά στρέμμα.

Κατά τη χρήση των ζιζανιοκτόνων (HTCs) σε μια καλλιέργεια, τα ζιζάνια που θέλουμε να καταστρέψουμε εμφανίζουν ανθεκτικότητα στο συγκεκριμένο προϊόν και αρκετές φορές απαιτούν τη λήψη μέτρων αμειψισποράς στις καλλιέργειες για την αποφυγή τοξικότητας στις επόμενες. Η δραστική ουσία atrazine, κατάλληλη για ζιζανιοκτόνα στην καλλιέργεια του καλαμποκιού, είναι απαγορευτική για την καλλιέργεια της σόγιας. Το Treflan (trifluralin) είναι κατάλληλο για τη σόγια λαλά όχι για το καλαμπόκι. Το Lasso (alachlor) θα

μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στις δυο καλλιέργειες. Οι παραγωγοί χρησιμοποιούσαν διαρκώς το Lasso· στην περίπτωση που δεν υπήρχε η πρόβλεψη από την έρευνα δημιουργίας ενός νέου προϊόντος, η εναλλακτική πιθανότητα θα ήταν η αμειψισπορά των ζιζανιοκτόνων και όχι των καλλιεργειών.

Μια δεύτερη προφύλαξη με HTC's είναι να αποφύγουμε να χρησιμοποιούμε τα παραγόμενα προϊόντα με τη γενετική μηχανική σε περιοχές όπου μπορούν με φυσικό τρόπο να διασταυρωθούν με είδη αγριόχορτων. Αν ένα γονίδιο μεταφερθεί σε ένα ζιζάνιο και αποδώσει την ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο στο ζιζάνιο, τότε είναι εξαιρετικά δύσκολο να αναπτύξουμε νέο ζιζανιοκτόνο. Αυτό το οικονομικό ερέθισμα για επιλεκτική χρήση των HTC's σε περιοχές χωρίς διασταύρωση με συγγενικά είδη αγριόχορτων θα είναι σημαντικό. Οι παραγωγοί θα πρέπει να χρησιμοποιούν τα προϊόντα με προσοχή, διότι θα μπορούν να δημιουργούν τα νέα προϊόντα περισσότερα προβλήματα παρά να οδηγούν σε επίλυση των προβλημάτων.

Ένα πρόγραμμα βιοτεχνολογίας δεν πρέπει να ασχολείται μόνο με τις επιστημονικές και τεχνικές απόψεις της εφαρμογής της βιοτεχνολογίας αλλά και με τις πιθανές κοινωνικοοικονομικές επιδράσεις της χρήσης των παραγόμενων προϊόντων. Τον Οκτώβριο του 1990, σε συνέδριο που έγινε στο κρατικό πανεπιστήμιο της Αϊόβα για την εκτίμηση της επικινδυνότητας και της ωφελιμότητας των μεταλλαγμένων προϊόντων, εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα:

Καρποί χωρίς την εμφάνιση υπολειμμάτων φαρμάκων είναι αυτοί που αντέχουν σε συγκεκριμένη ποσότητα επιλεγμένου ζιζανιοκτόνου. Οποιαδήποτε ποικιλία πρέπει να είναι ανθεκτική για να αποφύγει ζημιές από

ένα ζιζανιοκτόνο. Επομένως, οι σύγχρονες ποικιλίες καρπών είναι ανθεκτικές σε ζιζανιοκτόνα αν αναπτύσσονται επιτυχώς σε περιοχές όπου χρησιμοποιείται το ζιζανιοκτόνο. Στην Αϊόβα είναι διαθέσιμα 30-40 ζιζανιοκτόνα, αλλά η έλλειψη αντοχής σε μερικούς καρπούς περιορίζει τη χρήση των ζιζανιοκτόνων, όπως στην περίπτωση σόγιας - καλαμποκιού.

Αυξανόμενη αντοχή στα ζιζανιοκτόνα μέσα στις ποικιλίες μπορούν να αναπτυχθούν με τη βοήθεια διάφορων τεχνικών της βιοτεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένης της ιστοκαλλιέργειας και της γενετικής μηχανικής. Τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα αυξάνουν το επίπεδο αντοχής ενός καρπού σε ένα ζιζανιοκτόνο από το τωρινό επίπεδο. Ευτυχώς, αναπτυγμένα HTC's θα επέτρεπαν συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα, που τώρα καταστρέφουν το καλαμπόκι και τη σόγια, να χρησιμοποιούνται για έλεγχο αγριόχορτων σε εκείνους τους καρπούς. Ο σκοπός βέβαια δεν είναι να συνεχιστεί η χρησιμοποίηση ζιζανιοκτόνων στην αγροτική παραγωγή, αλλά το θέμα είναι, αν συνεχίζονται να χρησιμοποιούνται τα ζιζανιοκτόνα, ποιος ο ρόλος των γενετικά τροποποιημένων προϊόντων. Η προσοχή πρέπει να δοθεί σε τρεις άξονες:

1. Πληθυσμιακή οικολογία και γενετική
2. Περιβαλλοντική ποιότητα και υγεία καταναλωτή
3. Κοινωνικοοικονομικές συνέπειες.

Τα πεδία σύγκλισης πολλών επιστημόνων είναι:

- Ο έλεγχος αγριόχορτων είναι καθοριστικός για την παραγωγικότητα των καρπών. Η ανάπτυξη τεχνολογιών του αποτελεσματικού ελέγχου των αγριόχορτων είναι ουσιώδες τμήμα της γεωργίας.

- Μερικά αγριόχορτα δεν μπορούν να ελεγχθούν χρησιμοποιώντας σύγχρονα ζιζανιοκτόνα, επειδή καταστρέφοντας το αγριόχορτο καταστρέφεται και το καλλιεργούμενο φυτό. Εισάγοντας ένα γονίδιο αντοχής στο ζιζανιοκτόνο μέσα στο φυτό θα επέτρεπε τη χρήση του ζιζανιοκτόνου χωρίς να καταστρέφεται το φυτό.
- Μερικά ζιζανιοκτόνα είναι λιγότερο επιθυμητά για το περιβάλλον από άλλα. Η αντοχή στα ζιζανιοκτόνα με HTC's θα έπρεπε να επιδιώκεται μόνο για εκείνα τα ζιζανιοκτόνα που έχουν μηδαμικό αρνητικό αποτέλεσμα στο περιβάλλον. Πρέπει να μην αυξηθούν ή να διατηρηθούν στα ισχύοντα επίπεδα χρήσης ζιζανιοκτόνα που δεν είναι ευνοϊκά στο περιβάλλον ή την ανθρώπινη υγεία, αλλά να μειωθεί η δοσολογία, αναπτύσσοντας μεθόδους αντοχής των καλλιεργούμενων φυτών σε αυτά.
- Η ποσότητα των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται με τη χρήση των γενετικά τροποποιημένων καρπών θα αυξηθεί; θα μειωθεί; λόγω του ότι με τη χρησιμοποίηση των γενετικά τροποποιημένων καρπών οι παραγωγοί θα ψεκάζουν άφοβα. Στην Αϊόβα το 97% των στρεμμάτων με καλαμπόκι και σόγια ψεκάζονται με ζιζανιοκτόνα, άρα θα μπορούσε να αυξηθεί κατά 3% στη χειρότερη περίπτωση. πιθανώς τα HTC's να οδηγήσουν στην αντικατάσταση των ισχυόντων ζιζανιοκτόνων από άλλα που πιθανώς να είναι πιο ευνοϊκά για το περιβάλλον.
- Όλες οι μεγάλες σοδειές είναι ήδη ανεκτικές σε πολλά ζιζανιοκτόνα. Η εξέλιξη των HTC's είναι απίθανο να αλλάξει δραματικά την ποσότητα της χρήσης των ζιζανιοκτόνων για τις περισσότερες μεγάλες σοδειές, αλλά θα

επεκτείνει τους τύπους των ζιζανιοκτόνων που είναι διαθέσιμοι για τον έλεγχο των αγριόχορτων.

- Πολλοί αγρότες χρησιμοποιούν προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα ως «ασφάλεια» ενάντια στα δυναμικά προβλήματα των αγριόχορτων. Με τα HTCs τα ζιζανιοκτόνα θα μπορούσαν να χρησιμοποιούνται μόνο όταν είναι απαραίτητο σε εφαρμογές, επομένως μειώνοντας το συνολικό ποσό που εφαρμόζεται.
- Ποικιλίες καρπών ανθεκτικές στα ζιζανιοκτόνα θα έπρεπε να αξιολογούνται από οργανισμούς για να πιστοποιούν την ασφάλεια των τροφίμων. Τρέχοντες κανονισμοί της EPA απαιτούν ότι τα υπολείμματα ζιζανιοκτόνου και οι κίνδυνοι υγείας αποτελούν κομμάτι της διαδικασίας έγκρισης κάθε καινούργιου ζιζανιοκτόνου ή μεταλλαγμένου προϊόντος.
- Η αντοχή των φυτών στα ζιζανιοκτόνα δεν πρέπει να παρερμηνεύεται από τους παραγωγούς, ώστε να υπερ-εφαρμόζουν τα ζιζανιοκτόνα. Πρέπει να αναπτύσσονται προϊόντα που είναι ανθεκτικά στη δόση που είναι απαραίτητη για την καταστροφή των αγριόχορτων, τη δυνατό μικρότερη και όχι σε μεγάλες ποσότητες.
- Γονίδια για αντοχή στα ζιζανιοκτόνα δεν πρέπει να εισάγονται σε καρπούς όπου υπάρχουν άγρια είδη αγριόχορτων με τα οποία τα γενετικά τροποποιημένα φυτά είναι δυνατό να ενδοδιασταυρωθούν. Κάθε φυτό μέσα στο οποίο εισάγεται ένα ανθεκτικό γονίδιο σε ζιζανιοκτόνο πρέπει να εκτιμάται ξεχωριστά για την πιθανότητα ότι θα συμβεί ενδοδιασταύρωση με είδος αγριόχορτου.

- Τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται με HTC's θα πρέπει να ακολουθούν αμειψισπορά. Αν τα ίδια ή παρόμοια ζιζανιοκτόνα με τον ίδιο τρόπο δράσης χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στο ίδιο έδαφος, τα ανθεκτικά αγριόχορτα θα είναι εκείνα που θα επιζούν και θα παράγουν σπόρο. Αυτή η φυσική επιλογή θα συμβεί κάθε εποχή. Επομένως, αυτά τα αγριόχορτα θα προκαλέσουν ξανά πρόβλημα.
- Οι ιδανικές στρατηγικές διαχείρισης αγριόχορτων θα πρέπει να βασίζονται πάνω σε μια ορθολογική προσέγγιση, συμπεριλαμβανομένης της αμειψισποράς, της καλλιέργειας του εδάφους και της μικρότερης χρησιμοποιούμενης ποσότητας ζιζανιοκτόνων.
- Περισσότερη έρευνα απαιτείται σε διάφορα πεδία, συμπεριλαμβανομένου του γιατί και πώς η αντοχή στα ζιζανιοκτόνα εξελίσσεται ή δεν εξελίσσεται σε κάποιο φυτό, στο πώς να ερευνησουμε τους αληθινούς κινδύνους που έχουν σχέση με τα ζιζανιοκτόνα HTC's, πώς τα γονίδια ρέουν από τα φυτά στα αγριόχορτα, οποιοσδήποτε μακροπρόθεσμους κινδύνους για την υγεία, πιθανές μη σκόπιμες αλλαγές στα θρεπτικά στοιχεία των φυτών, φυσικές τοξίνες, αλλεργίες όταν τα φυτά γενετικά γίνονται εκμεταλλεύσιμα με ζιζανιοκτόνα και συστήματα διαχείρισης ενσωματωμένων αγριόχορτων για τη γεωργία που είναι μη κερδοφόρα για τον ιδιωτικό τομέα για έρευνα ή ανάπτυξη.

Συνοψίζοντας λοιπόν, ποια είναι τα οφέλη και οι κίνδυνοι της χρήσης καρπών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα;

Τα θέματα ανάπτυξης είναι τα εξής:

- ◆ Τι θα μπορούσαν τα HTC's να κάνουν που τα σημερινά ζιζανιοκτόνα και η χρήση τους δεν μπορούν να κάνουν στους καρπούς; Μερικά αγριόχορτα δεν μπορούν να ελεγχθούν επαρκώς, χρησιμοποιώντας τρέχοντα ζιζανιοκτόνα, επειδή καταστρέφοντας το ζιζάνιο καταστρέφεται και το καλλιεργούμενο φυτό. Εισάγοντας ένα γονίδιο αντοχής στο ζιζανιοκτόνο στο καλλιεργούμενο φυτό, θα επέτρεπε τη χρήση του επιλεκτικού ζιζανιοκτόνου στην καλλιέργεια. Αυτό θα επεκτείνει τους τύπους των ζιζανιοκτόνων που είναι διαθέσιμοι για τον έλεγχο των ζιζανίων σε μια καλλιέργεια.
- ◆ Τα γενετικά τροποποιημένα προϊόντα HTC's θα αυξήσουν σημαντικά τη χρήση των ζιζανιοκτόνων; Σήμερα οι εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ζιζανιοκτόνα, σε συγκεκριμένες καλλιέργειες, πρέπει να υπολογισθούν σε κάθε περιοχή της Ελλάδας. Στην Αϊόβα το 97% της καλλιεργούμενης έκτασης όσον αφορά το καλαμπόκι και τη σόγια χρησιμοποιούν ζιζανιοκτόνα, άρα η στρεμματική αύξηση όσον αφορά τη χρησιμοποίηση των ζιζανιοκτόνων δεν μπορεί να είναι μεγάλη. Τώρα, στο στρέμμα πολλές φορές οι αγρότες επεμβαίνουν με προ-φυτρωτικά ζιζανιοκτόνα για την πρόληψη της καλλιέργειας από ανεπιθύμητα ζιζάνια. Τα HTC's μπορούν να επιτρέψουν καλύτερο προληπτικό έλεγχο αγριόχορτων, επιτρέποντας στον αγρότη να «περιμένει να δει» αν ένα πρόβλημα με αγριόχορτα αναπτύσσεται πριν προχωρήσει σε χημικό έλεγχο. Με τα HTC's τα προ-φυτρωτικά ζιζανιοκτόνα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως καταστολείς παρά ως παρεμποδιστές. Πιστεύεται ότι η χρησιμοποίηση των HTC's δεν θα αυξήσει τη χρησιμοποιούμενη

ποσότητα ζιζανιοκτόνων αλλά θα διευρύνει τους διαθέσιμους τύπους ζιζανιοκτόνων ανά καλλιέργεια και κυρίως με προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα χρησιμοποιούμενα.

- ◆ Πρέπει τα HTC's να έχουν εφαρμοσμένα πάνω τους ζιζανιοκτόνα με σκοπό την ευημερία; Μια λάθος αντίληψη είναι ότι ένα HTC αντλεί κοινώς τα θρεπτικά συστατικά του από το ζιζανιοκτόνο και πρέπει να ταΐζονται τα φυτά με ζιζανιοκτόνο για να ζήσουν. Ένα παράδειγμα για να το καταλάβουμε, είναι οι άνθρωποι που παίρνουν αντιγριπικό εμβόλιο το φθινόπωρο για να προστατευθούν από τη γρίπη για να ζήσουν. Ωστόσο, συνήθως μπορούν να αντέξουν την έκθεση στον ιό της γρίπης χωρίς να κολλήσουν την αρρώστια. Έτσι περίπου γίνεται και με τα HTC's. Ένα HTC μπορεί να αντέξει την εφαρμογή που σκοτώνει τα αγριόχορτα στο χωράφι, δεν χρειάζεται το ζιζανιοκτόνο για να ζήσει.
- ◆ Η χρήση των HTC's θα επηρεάσει την ασφάλεια της προμήθειας των τροφίμων; Η γνώμη των επιστημόνων σχετικά με τα HTC's είναι ότι θα πρέπει να εφαρμόζονται οι οδηγίες που έχουν τίτλο «βιοτεχνολογίες και τρόφιμα: επιβεβαίωση για ασφάλεια τροφίμων που παράγονται από γενετική τροποποίηση» (IFBC, 1990a) όπως θα ήταν σε οποιοδήποτε προϊόν τροφής που αναπτύσσεται διαμέσου της βιοτεχνολογίας. Το IFBC δημοσιεύθηκε στην «καθοδηγητική τοξικολογία και φαρμακολογία), μια περίληψη σημαντικών θεμάτων που αφορούν τη διαβεβαίωση της ασφάλειας στα τρόφιμα που παράχθηκαν με τη χρήση της βιοτεχνολογίας (IFBCb). Έγκριση της EPA θα πρέπει να αποκτιέται πριν ένα ζιζανιοκτόνο καταγράφεται για χρήση σε έναν καρπό. Οι καταγεγραμμένες απαιτήσεις

του οργανισμού περιβαλλοντικής προστασίας θα πρέπει να εφαρμόζονται στην επανεξέταση των HTC's για εμπορική χρήση. Επίσης, δυο τύποι τεστ πρέπει να γίνονται σε καινούργιες ποικιλίες HTC's είναι οι δοκιμασίες feeding και μια αξιολόγηση για τοξικά. Οι δοκιμασίες feeding (ταΐσματος) είναι προσεκτικά ελεγχόμενα πειράματα τα οποία τα ζώα ταΐζονται κόκκους / σιτάρι που παράγονται από τα HTC's και αξιολογούνται για αποτελέσματα οποιασδήποτε ασθένειας. Η αξιολόγηση για τοξικά σημαίνει ότι το σιτάρι θα έπρεπε να εξετασθεί για επιβλαβή συστατικά. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η αντοχή των φυτών στα ζιζανιοκτόνα δεν πρέπει να μηχανοποιηθεί σε σημείο που το φυτό να αντιστέκεται σε μεγάλες ποσότητες ζιζανιοκτόνων (π.χ. 100 φορές της κανονικής δύναμης), αλλά να μπορεί να αντισταθεί αρκετές φορές στην κανονική δύναμη του ζιζανιοκτόνου για να διασφαλίζει την αντοχή στο ζιζανιοκτόνο αλλά και να μεταβολίζει αυτό. Θα ήταν συμβουλευσιμο να αναπτύξουμε καρπούς που είναι ανθεκτικοί μόνο στην ελάχιστη ποσότητα ζιζανιοκτόνου που είναι απαραίτητο για να κοντρολάρει τα αγριόχορτα, με μια μικρή ζημιά εσοδείας, παρά να χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες ζιζανιοκτόνου.

- ◆ Μπορεί το γονίδιο για αντοχή στο ζιζανιοκτόνο να μετακινηθεί από το φυτό σε ένα αγριόχορτο, κάνοντας το αγριόχορτο ανθεκτικό ακριβώς στο ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για να το κοντρολάρει; Τα γονίδια που μετακινούνται από το ένα είδος στο άλλο διαμέσου της φυσικής διασταύρωσης, τα δυο είδη πρέπει να σχετίζονται στενά. Η γνώμη είναι ότι τα γονίδια για αντοχή σε ζιζανιοκτόνα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται

σε φυτά όπου υπάρχει ένα άγριο είδος αγριόχορτου με το οποίο το φυτό θα μπορούσε να ενδοδιασταυρωθεί. Για παράδειγμα, το shattercane είναι ένα αγριόχορτο που εμφανίζεται σε χωράφια του συγγενικού είδους sorghum. Αν και θα ήταν βραχυπρόθεσμες ωφέλειες αν ένα γονίδιο ανθεκτικό στο ζιζανιοκτόνο θα μπορούσε να εμφυτευτεί στο sorghum για να του επιτρέψει να γίνει αλώβητο από ένα ζιζανιοκτόνο που εξοντώνει το shattercane, θα υπήρχαν ίσως μακροπρόθεσμα προβλήματα, διότι θα μπορούσε να μετακινηθεί το γονίδιο από το καλλιεργούμενο φυτό στο ζιζάνιο. Γι' αυτό κάθε φυτό στο οποίο θα εισάγεται ένα γονίδιο ανθεκτικότητας θα πρέπει να προωθείται ξεχωριστά για την πιθανότητα ότι θα συμβεί με πιθανότητα ενδοδιασταύρωση με είδη αγριόχορτων.

- ◆ Τα HTC's θα προάγουν την ανάπτυξη των ανθεκτικών αγριόχορτων στα ζιζανιοκτόνα; Με τη μεταφορά ενός ανθεκτικού σε ζιζανιοκτόνο γονιδίου σε ένα αγριόχορτο, υπάρχει πιθανότητα παρόμοια ζιζανιοκτόνα ή το ίδιο να είναι μη αποτελεσματικά. Γι' αυτό είναι ευθύνη της χημικής βιομηχανίας και των ινστιτούτων για μια ολοκληρωμένη στρατηγική για τον έλεγχο των αγριόχορτων.
- ◆ Τα HTC's θα μειώσουν τη γενετική ποικιλία των αγριόχορτων που είναι άγριοι συγγενείς των HTC's αλλά δεν είναι πρόβλημα στο χωράφι με τους καρπούς; Η γνώμη των επιστημόνων είναι, ότι τα γονίδια για αντοχή στο ζιζανιοκτόνο είναι μάλλον πιθανό να μεταφερθούν στα αγριόχορτα (όπως από το καλαμπόκι σε ένα άγριο συγγενή, το *Tripsacum*). Ωστόσο, οι οικολογικές συνέπειες θα είναι μηδαμινές, επειδή η φυσική επιλογή είναι αδύνατο να ευνοεί την εξάπλωση των γονιδίων αντοχής στα ζιζανιοκτόνα

και να αλλάξει τη γενετική δομή των άγριων πληθυσμών στα αγριόχορτα, είναι απίθανο ότι η υπάρχουσα γενετική ποικιλία θα είναι εντελώς χαμένη από τα είδη αγριόχορτων.

- ◆ Θα αυξήσει τη χρήση ζιζανιοκτόνων στη δασοπονία ή ανάπτυξη δένδρων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα; Πολλοί πιστεύουν ότι η χρησιμοποίηση HTC's θα προκαλούσε πρόβλημα με τα πολυετή φυτά, αν χρησιμοποιούνταν πολλαπλές εφαρμογές του ίδιου ζιζανιοκτόνου πάνω από μια μικρή περίοδο χρόνου στη δασοπονία. Μια πρόταση ήταν ότι τα HTC's στα δένδρα πρέπει να ζευγαρώνουν με ένα σύστημα στειρότητας, ώστε το ανθεκτικό στο ζιζανιοκτόνο γονίδιο να μην εξαπλωθεί στον πληθυσμό των δένδρων. Πάντως, λόγω της μη χρησιμοποίησης των ζιζανιοκτόνων στα δάση, πολλοί βλέπουν μη αποδεκτή τη χρησιμοποίηση HTC's και ότι τα δάση χρησιμοποιούνται για λόγους αναψυχής.
- ◆ Θα μπορούσαν τα HTC's να αυξήσουν τη σοδειά και να συμβάλλουν σε μια πτώση της τιμής που θα μπορούσε να αναγκάσει τις μικρές φάρμες σε κλείσιμο; Η γνώμη αρκετών επιστημόνων ήταν ότι τα HTC's θα αύξαναν την παραγωγή μόνο όταν γινόταν δυνατό να ελέγξουν τα αγριόχορτα που δεν μπορούν να ελεγχθούν τώρα. Οι μόνοι λόγοι για τους αγρότες να χρησιμοποιούν τα HTC's προς το παρόν είναι για πιο βελτιωμένο έλεγχο των ζιζανίων και για να μειώσουν το κόστος παραγωγής, μείωση των προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων και παροχή μεγαλύτερης ευελιξίας στη χρήση περισσότερων ζιζανιοκτόνων φιλικών προς το περιβάλλον.

- ◆ Τι άλλες κοινωνικοοικονομικές συνέπειες υπάρχουν;
 - Δεν αναμένονται μεγάλα αποτελέσματα στη γεωργία.
 - Αλλαγές στην ποιότητα του σπόρου είναι απίθανες για το καλαμπόκι και τη σόγια.
 - Ίσως υπάρξει μια δυναμική αλλαγή στην επέκταση του μεγέθους της καλλιέργειας, που οφείλεται σε μείωση της εργασίας, αλλά είναι αμελητέα.
 - Πιθανόν αρνητική ή ουδέτερη συνέπεια στην παραγωγή, εκτός και αν τα αγριόχορτα μπορέσουν να ελεγχθούν πιο αποτελεσματικά.
 - Οι αγρότες είναι απίθανο να είναι πρόθυμοι να πληρώσουν το κόστος του σπόρου, εκτός και αν υπάρχει μείωση του κόστους ζιζανιοκτονίας ή γίνει καλύτερος ο έλεγχος των ζιζανίων.
 - Αυξημένες επιλογές και ευελιξία στη χρήση ζιζανιοκτόνων είναι πιθανές.
 - Τα HTC's μπορεί να δημιουργήσουν βελτιωμένη διατήρηση του εδάφους αν παρέχουν πιο αποτελεσματικό έλεγχο των ζιζανίων σε γεωργικά συστήματα συντήρησης.
 - Ένα αυξημένο επίπεδο δεξιοτήτων διαχείρισης θα απαιτείται από τους γεωργούς για να συνδυάζουν την ποικιλία των φυτών και την επιλογή των ζιζανιοκτόνων.
 - Η ανταγωνιστική δομή του σπόρου / χημικής βιομηχανίας θα μπορούσε να αλλάξει.
 - Τα HTC's θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε καινούργιους περιορισμούς και κόστος για βιομηχανία και αγρότες.

- ◆ Οι αποδόσεις που προτείνονται για τα ζιζανιοκτόνα που θα χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες με HTC, περιλαμβάνουν:
 - Χαμηλή τοξικότητα σε είδη όχι στόχους, στον άνθρωπο και στην πανίδα.
 - Χαμηλά κατάλοιπα στο περιβάλλον.
 - Μη τοξικά κατάλοιπα στους καρπούς και στα τρόφιμα.
 - Χαμηλή απειλή για τα υπόγεια και επιφανειακά νερά και τον αέρα.
 - Προϊόντα τα οποία να μεταβολίζονται και σε περίπτωση μεταβολιτών να είναι ακίνδυνα.
 - Αποτελεσματικότητα κόστους.
 - Συνύπαρξη με εναλλακτικές στρατηγικές διαχείρισης αγριόχορτων.
 - Συνύπαρξη με τεχνολογικά επιτεύγματα (βελτιώσεις) στον τρόπο εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου.
 - Αυξημένη αξιοπιστία του ελέγχου αγριόχορτων που συνοδεύεται από βελτιωμένες σοδειές.
- ◆ Τι κενά υπάρχουν στις γνώσεις σχετικά με τα HTC; Χρειάζεται περισσότερη έρευνα στο γιατί και πώς η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα εξελίσσεται ή δεν εξελίσσεται σε έναν καρπό ή αγριόχορτο. Προσεγγίζοντας τα οφέλη και τους κινδύνους των HTC πρέπει να γίνει ένας διαχωρισμός ανάμεσα στους κινδύνους που αφορούν μόνο τα GTCs και κινδύνους που σχετίζονται με τη χρήση οποιουδήποτε ζιζανιοκτόνου.
 - Χρειάζεται μεγαλύτερη πληροφόρηση για την κίνηση των γονιδίων και πώς αυτά ρέουν από τα καλλιεργούμενα φυτά στα ζιζάνια. Είναι

δυνατόν να μεταφέρονται και με άλλους τρόπους εκτός της φυσικής διασταύρωσης; Υπάρχει κάποια μέθοδος μεταφοράς γονιδίων μη φυλετική; (μη σεξουαλική;), θα έπρεπε να γίνει μια μελέτη για να καταγραφεί ο πληθυσμός των φυτών και οι αλλαγές των γονιδίων πριν και μετά την εισαγωγή ενός HTC. Θα πρέπει η τεχνολογία που αναπτύχθηκε να κρατείται μακριά από άλλες χώρες, όπου δεν θα έπρεπε να χρησιμοποιείται εξαιτίας της παρουσίας συγγενών αγριόχορτων.

- Οι περισσότερες ανησυχίες κινδύνου υγείας από τα HTCs θα είναι παρόμοιες με εκείνες που έχουν σχέση με τα τρέχοντα διαθέσιμα ζιζανιοκτόνα. Πώς συγκεκριμένα θα επηρεάσουν τα HTCs το περιβάλλον; θα υπάρξει αυξημένος κίνδυνος για τους εργάτες των αγροκτημάτων που δουλεύουν με τα HTCs; υπάρχουν παράγοντες που συνεργάζονται για να αυξήσουν τους κινδύνους για την υγεία από τα ζιζανιοκτόνα, π.χ. η δίαιτα ενός ατόμου επιδρά με την έκθεση σε ζιζανιοκτόνα για να αυξηθεί ο κίνδυνος για ασθένεια περισσότερο από ό,τι θα αντιδρούσε είτε στη δίαιτα είτε ξεχωριστά.
 - Πρέπει να γίνει έρευνα ώστε να βεβαιώσει ότι τα φυτά δεν θα αναπτύξουν μη σκόπιμες αλλαγές στα θρεπτικά συστατικά, τις φυσικές τοξίνες, τα allergens όταν έχουν επεξεργαστεί γενετικά με ζιζανιοκτόνα.
- ◆ Τέλος, από κοινωνιολογικής και οικονομικής πλευράς θέτονται τα ερωτήματα:

- Ποιος αποφασίζει τις προτεραιότητες της έρευνας για τις βιομηχανίες και τα πανεπιστήμια;
- Τι αποτελέσματα θα έχουν τα HTC's σε σχετική έρευνα και ανάπτυξη προϊόντων;
- Ποια είναι η κατάλληλη μέθοδος να χρησιμοποιήσουμε στην αξιολόγηση συνεπειών μιας καινούργιας τεχνολογίας όπως τα HTC's;
- Ποιες είναι οι αξίες και τα πιστεύω του κοινού όσον αφορά τα HTC's;
- Τι παράγοντες επηρεάζουν την αποδοχή των HTC's από τους γεωργούς και το κοινό;
- Ποιες είναι οι εκπαιδευτικές ανάγκες του κοινού των αγροτών και των καταναλωτών όσον αφορά τα HTC's;

**ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ
ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ**

ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ

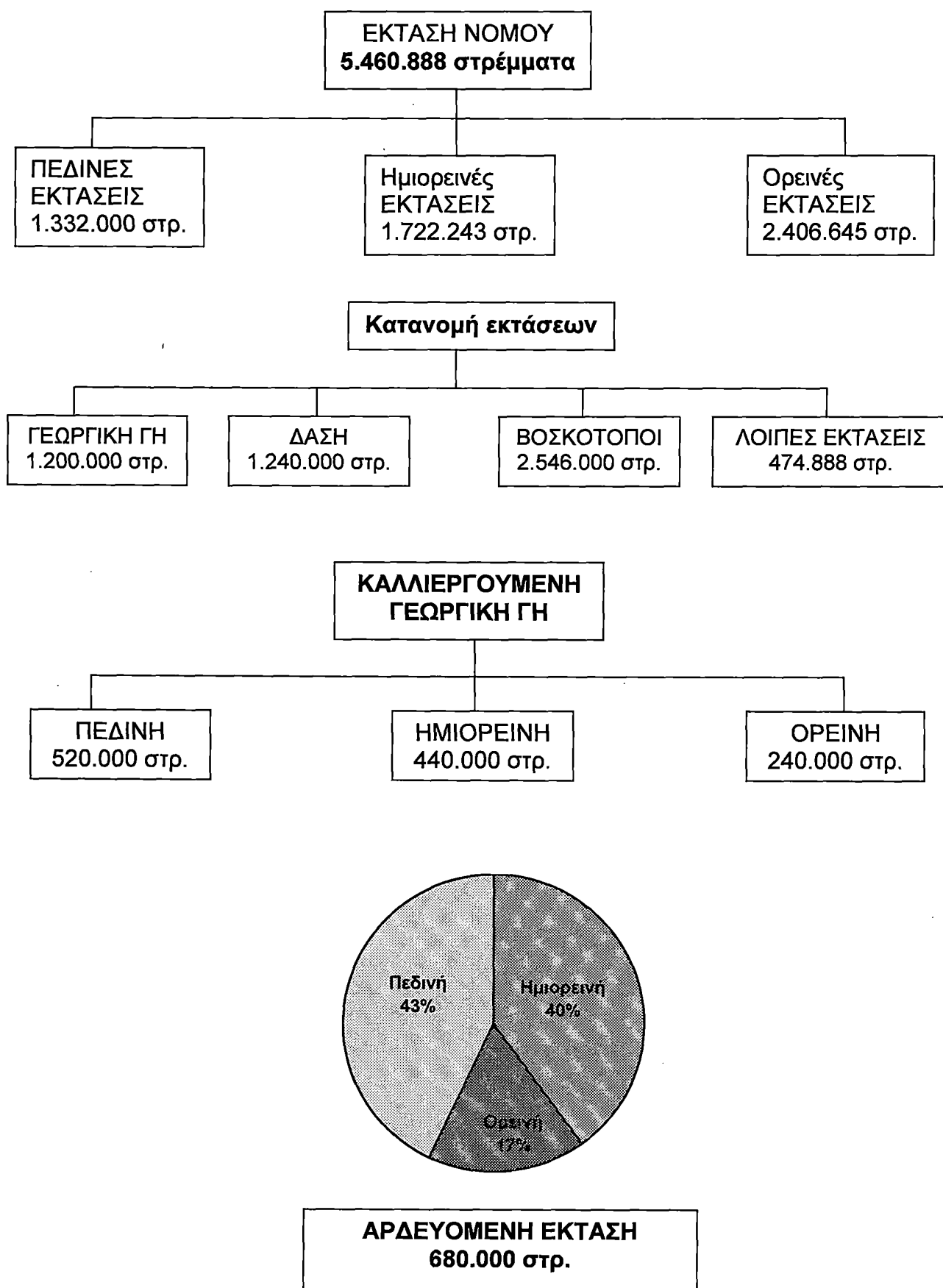
Στο κεφάλαιο αυτό προσπαθήσαμε να προσδιορίσουμε τη χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στο νομό Αιτωλοακαρνανίας. Έγινε μια προσπάθεια, με τη χρήση ερωτηματολογίου απευθυνόμενου στους εμπόρους των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, να καταδείξουμε τη χρήση τους στις καλλιεργούμενες εκτάσεις του Νομού.

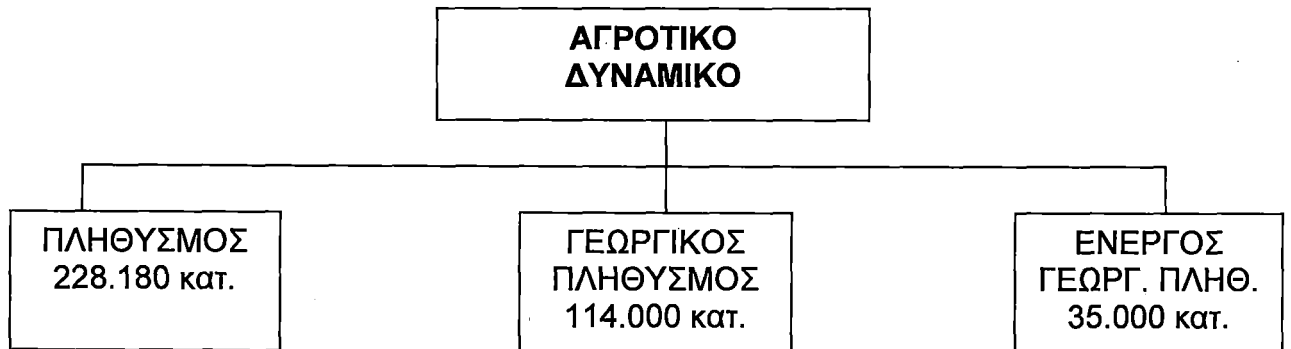
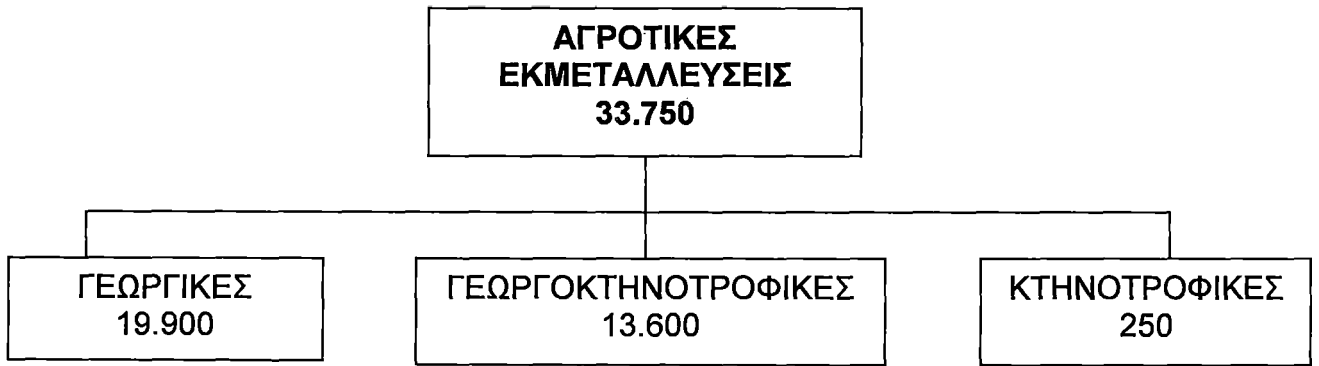
Στο παρακάτω σχήμα αναφερόμαστε στη διάρθρωση του αγροτικού τομέα στην Αιτωλοακαρνανία. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρουμε την έκταση του νομού, την κατανομή των εκτάσεων μέσα σε αυτόν, την καλλιεργούμενη γεωργική γη, τις αγροτικές εκμεταλλεύσεις και τέλος το αγροτικό δυναμικό. Όλα τα στοιχεία πάρθηκαν από τη Στατιστική Υπηρεσία της περιοχής, με σκοπό να δοθεί μια άποψη για το μέγεθος του Νομού και την έκταση που καταλαμβάνει ο γεωργικός τομέας σ' αυτόν.

Στη συνέχεια, στις κυριότερες καλλιέργειες του νομού προσπαθήσαμε να δείξουμε τη χρήση των φυτοπροστατευτικών προϊόντων και να ανοίξουμε το δρόμο για πιο επιστημονικές έρευνες για τη χρήση τους στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας.

Ο Νομός διαθέτει τις περισσότερες λίμνες από οποιοδήποτε άλλο Νομό της Ελλάδας και η χρήση και η τύχη των φυτοπροστατευτικών προϊόντων παρουσιάζει αξιόλογο ενδιαφέρον.

Διάρθρωση του αγροτικού τομέα στην Αιτωλοακαρνανία





ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΑ ΕΙΔΗ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ

Στοιχεία 1998

ΕΙΔΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kgr)
Σιτάρι μαλακό	11.846	2.824.230
Σιτάρι σκληρό	17.642	3.638.030
Κριθάρι	19.627	2.016.630
Σίκαλη	22	1.100
Καλαμπόκι χωρίς συγγ/γεια	153.914	119.943.750
Ρύζι	8.400	4.875.000
Φασόλι	3.692	1.129.140
Κουκιά	428	80.915
Φακή	138	17.985
Ρεβίθια	470	77.480
Καπνός Αν. τύπου	77.098	15.020.924
Βιρτζίνια	36.225	10.810.540
Βαμβάκι	79.400	23.428.855
Μηδική	159.420	168.315.860
Τριφύλλι	20.213	9.600.700
Καρπούζι	6.028	15.900
Πεπόνι	3.348	2.854.400
Πατάτα ανοιξιάτικη	7.813	7.389.120
Πατάτα καλοκαιρινή	2.181	4.124.650
Πατάτα χειμερινή	802	877.300

ΕΙΔΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ.)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kgr)
Σταφύλι Οινοποιίας	7.361	3.862.150
Σταφύλι επιτραπέζιο	589	345.200
ΕΙΔΟΣ	ΔΕΝΔΡΑ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (kgr)
Ελιές ελαιοπαρ/κές	1.575.230	16.013.540
Ελιές επιτραπέζιες	2.602.844	22.520.270
Καρύδια	67.848	487.290
Κεράσια	15.602	249.805
Ροδάκινα	17.179	347.210
Βερίκοκα	10.752	457.704
Μήλα	31.680	806.365
Αχλάδια	107.311	1.678.824
Μανταρίνια	135.750	1.281.643
Πορτοκάλια	1.106.180	10.501.420
Λεμόνια	145.037	2.068.830
Σπαράγγια	641	192.000
Φράουλες	591	192.000
Πιπεριές	322	213.340
Μελιτζάνα υπό κάλυψη	37	40.000
Μελιτζάνα υπαίθρου	647	356.450
Αγγουριά υπό κάλυψη	36	112.500
Αγγουριά υπαίθρου	388	245.520
Κολοκύθι	1.148	791.860
Φασόλι χλωρό	2.436	1.200.610
Ντομάτες επ/ζιες υπαιθ.	6.481	5.375.080
Ντομάτες επ/ζιες υπο/ψη	550	3.499.900
Ντομάτες βιομηχανικές	2.707	20.599.000
Μαρούλι	600	386.390

Στοιχεία 1998

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ
ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΩΓΟ
ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ**

ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΣΚΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ και ποσοστό χρήσης φυτ/κου στην καλλιέργεια		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ		ΚΑΛΩΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ χρήσης φυτ/κου στην καλ/μενη έκταση
				Σκεύασμα	Δραστική Ουσία		
ΣΚΕΥΑΣΜΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ						
Atrin (WP)	ATRAZINE	ZIZ	60%	350-400 gr/στρ.	50%	154.000 στρ.	50%
Ruch	RIMSULFURON	ZIZ	10-15%	5 gr/στρ.	25%	154.000 στρ.	50%
Melagro	NICOSULFURON	ZIZ	3-5%	100-150 κ.εκ./στρ.	4%	154.000 στρ.	50%
Primextra	METALACHLOR	ZIZ	3-5%	1000 ml/στρ.	30%	154.000 στρ.	50%
Phenoxylen (AS)	MCPA	ZIZ	60%	100-150 gr/στρ.		154.000 στρ.	50%
Emsulamine (EC)	2,4 D dodecyl amine salt του 2,4 D tetradecyl amine salt του 2,4D	ZIZ	10%	100-150 cc/στρ.	64,4% 50,7% 12,7%	154.000 στρ.	50%
Counter (G)	TERBUFOS	ENT.	24%	600 gr/στρ.	5%	154.000 στρ.	30%
Granutox (G)	FORATE	ENT.	24%	600 gr/στρ.	5%	154.000 στρ.	30%
Furadan	CARBOFURAN	ENT.	24%	1000 gr/στρ.	10%	154.000 στρ.	30%
Curater	CARBOFURAN	ENT.	24%	600 gr/στρ.	10%	154.000 στρ.	30%
Καούτσο	IMIDACLOPRID	ENT.	1%	Επένδυση του σπύρου		154.000 στρ.	30%

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ
ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΩΓΟ
ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ**

ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΣΚΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ και ποσοστό χρήσης φυτ/κου στην καλλιέργεια		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ		ΚΑΛΥΜΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ χρήσης φυτ/κου στην καλυμμένη έκταση
				Σκεύασμα	Δραστική Ουσία		
ΣΚΕΥΑΣΜΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ						
Stomp	PENDIMETHALIN	ZIZ	90%	350 gr/στρ.	33%	113.000 στρ.	60-70%
Comodor	TERBUTAM	ZIZ	5%	250-350 cc/στρ.	72%	113.000 στρ.	60-70%
Tamaron (LC)	METHAMIDOPHOS	ENT	10%	50 gr/στρ.	60%	113.000 στρ.	60-70%
Confidor	IMIDACLOPRID	ENT	80%	25-30 cc/στρ.	20,6%	113.000 στρ.	60-70%
Alert (EC)	CYPERMETHRIN	ENT	5%	40 cc/στρ.	5%	113.000 στρ.	60-70%
Tamaron & Devrinol		ENT	5%			113.000 στρ.	60-70%
Ridomil	METALAXYL	MYK	95%	250-300 gr/στρ.	7,5% X 2	113.000 στρ.	60-70%
Ridomil	MANCOZEB	MYK	95%	250-300 gr/στρ.	56% X 2	113.000 στρ.	60-70%
Calben	MANCOZEB	MYK	5%	250-300 gr/στρ.	65% X 2	113.000 στρ.	60-70%
Calben	BENALAXYL	MYK	5%	250-300 gr/στρ.	8% X 2	113.000 στρ.	60-70%

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ
ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΩΓΟ
ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ**

ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΣΚΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ και ποσοστό χρήσης φυτ/κου στην καλλιέργεια		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ		ΚΑΛΩΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ χρήσης φυτ/κου στην καλ/μενη έκταση
				Σκεύασμα	Δραστική Ουσία		
ΣΚΕΥΑΣΜΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ						
Lebaycid (EC)	FENTHION	ENT	55%	250 gr/στρ.	50%	181.000 στρ.	30%
Cysathion (EC)	AZINPHOS ETYL	ENT	5%	250 cc/στρ.	20%	181.000 στρ.	30%
Dimecron (SCW)	PHOSPHAMIDON	ENT	10%	100 gr/στρ.	50%	181.000 στρ.	30%
Ultracide (EC, WP)	METHIDATHION	ENT	10-15%	125-150 cc/στρ.	42,64%	181.000 στρ.	30%
Rogor	DIMETHOATE	ENT	20%	100-150 cc/στρ.	40%	181.000 στρ.	30%
Βορδιγάλειος πολτός (WP)	Βορδιγάλειος πολτός	ΜΥΚ	33%	1000 gr/στρ.	20% X 2	181.000 στρ.	30%
Viriflix (WP)	Οξυχλωριούχος χαλκός	ΜΥΚ	33%	500 gr/στρ.	84% X 2	181.000 στρ.	30%
Kocide (WP)	Υδροξείδιο του χαλκού	ΜΥΚ	33%	330-450 gr/στρ.	62,5% X 2	181.000 στρ.	30%

* Η χρησιμοποίηση των φαρμάκων εξαρτάται από τη χρονιά και κυρίως από την προσβολή του Δάκου, π.χ. το Lebaycid χρησιμοποιήθηκε το 1999 95%, λόγω αυξημένης προσβολής Δάκου, ενώ το 2000 η χρησιμοποίησή του ήταν της τάξης του 10%.

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ
ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΩΓΟ
ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ**

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	ΕΙΔΟΣ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ	ΣΚΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ και ποσοστό χρήσης φυτ/κου στην καλλιέργεια		ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ		ΚΑΛΛ/ΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ χρήσης φυτ/κου στην καλλ/μενη έκταση
				Σκεύασμα	Δραστική Ουσία		
ΣΚΕΥΑΣΜΑ	ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΟΥΣΙΑ						
Ψώρες							
Dursban (EC, G, WP)	CLOPRYRIPHOS	ENT	50-60%	125 gr/στρ.	40%	181.000 στρ.	40-50%
Ultracide (EC, WP)	METHIDATHION	ENT	20-30%	250 cc/στρ.	40%	181.000 στρ.	40-50%
Folimat (SL)	ΟΜΕΘΟΑΤΕ	ENT	5-10%	40 cc/στρ.	51%	181.000 στρ.	40-50%
Μύγα Μεσογείου							
Lebaycid (EC)	FENTHION	ENT	40%	300-400 cc/στρ.	50% X 2	181.000 στρ.	40-50%
Dimetrin (EC)	DIMETHOATE	ENT	50%	250-300 cc/στρ.	40% X 2	181.000 στρ.	40-50%

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ελευθεροχωρινός Η., «Ζιζανιολογία», εκδ. Αγρότυπος, Αθήνα 1996.
- Αλμπάνης Τ., «Μελέτη της υδρόλυσης, της προσρόφησης και της διάσπασης των φυτοφαρμάκων σε φυτικά υποστρώματα», Διδακτορική διατριβή, Ιωάννινα 1987.
- Αναγνωστόπουλος Α., «Η ρύπανση του περιβάλλοντος», εκδ. Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1985.
- Μηλιάδης Γ., «Υπολείμματα γεωργικών φαρμάκων στα γεωργικά προϊόντα και στα επιφανειακά νερά της Ελλάδος», Αθήνα 1996.
- Γενική Γραμματεία Νέας Γενιάς, Δίκτυο δράσης για τα φυτοφάρμακα, «Φυτοφάρμακα», Αθήνα 1990.
- Διεύθυνση Γεωργίας, Στατιστική Υπηρεσία Αιτωλοακαρνανίας.
- Walter R. Fehr, "Herbicide tolerance in Crops", National Agricultural Biotechnology Council Reports (NABC), 1991.
- Τριανταφυλλίδης Β., L' utilisation des bougies poreuses pour les suivi des pesticides dans l' eau du sol, ENSAIA, France, 1998.
- Jorgensen S.E. and J. Johnsen, "Principles of Environmental Science and Technology", Chapter 8, Elsevier Pub., Amsterdam, Oxford and New York, 1981.
- Schiavon M., Perrin Cannier C., Portal J.M., 1995. La pollution de l' eau parb les produits phytosanitaires, etat et l' origine. Agronomie, 15, 17-190.
- Barriuso E., calvet R., Schiavon M., Soulas G., 1997. Les pasticides et les polluants organiges des sols. Etude et gestion des sols, 3, 4, 279-296.
- Schiavon M., Jacquin F., 1973. Etude de la presence d' atrazine dans les eaux de drainage. GR Journees d' étude sur les herbicides, COLUMA, Versailles 13-14 Decembre, 35-43.