

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

« Μεταβολή υπολειμμάτων ζιζανιοκτόνων σε εδάφη
της περιοχής Μαγνησίας »

Ευσταθία Ν. Μπαλκούρα

Πτυχιακή διατριβή που υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ως μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων για τη λήψη του πτυχίου του Γεωπόνου.

ΒΟΛΟΣ 1998



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

Αριθ. Εισ.: 17/Δ

Ημερ. Εισ.: 09-08-2003

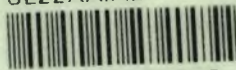
Δωρεά:

Ταξιδετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ

1998

ΜΠΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070083

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κρίνεται απαραίτητο να εκφραστούν ευχαριστίες στον υπεύθυνο επιβλέποντα Καθηγητή κ. Πέτρο Λόλα για την καθοδήγηση και παροχή χρήσιμων συμβουλών στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής. Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στους Καθηγητές κ. Μήτσιο και κ. Τσιρόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράστασή τους στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Τέλος, η εργασία αυτή αφιερώνεται στην οικογένειά μου για την ουσιαστική ηθική και πρακτική συμπαράσταση που μου πρόσφερε σε όλα τα στάδια της πραγματοποίησής της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
2. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	6
2.1 Διεργασίες αποδόμησης ζιζανιοκτόνων.....	6
2.2 Διεργασίες μετακίνησης ζιζανιοκτόνων	9
3. ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ.....	14
4. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	18
5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ	23
5.1 Υλικά και μέθοδοι.....	23
5.2 Αποτελέσματα - Συζήτηση.....	24
5.3 Συμπεράσματα.....	26
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	27

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τεράστιες οικονομικές ζημιές προκαλούν κάθε χρόνο τα ζιζάνια στη γεωργία, αφού ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά, στερώνοντας τους το διαθέσιμο νερό, αλλά και το φως και τον αέρα, όταν τα ζιζάνια μεγαλώνουν μαζί με τις καλλιέργειες. Εάν η καλλιέργεια δεν προστατευτεί αποτελεσματικά από τα ζιζάνια τότε δεν μπορεί να αναπτυχθεί κανονικά και να αποδώσει οικονομικά. Τα ζιζανιοκτόνα είναι ένα από τα αποτελεσματικότερα μέσα για το σκοπό αυτό. Ένας όμως από τους σπουδαιότερους περιοριστικούς παράγοντες στη χρήση τους είναι η υπολειμματική τους δράση στο έδαφος. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε όσο γίνεται περισσότερα για τον πραγματικό ή πιθανό κίνδυνο από τα υπολείμματα των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος με τη μακρόχρονη και επαναλαμβανόμενη χρήση τους.

Στην εργασία αυτή έγιναν μετρήσεις για την υπολειμματική δράση του ζιζανιοκτόνου Sonalan (ethalfluralin) σε καλλιέργεια βαμβακιού του Ν. Μαγνησίας την καλλιεργητική περίοδο του 1997. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι το Sonalan είναι ένα ζιζανιοκτόνο με σχετικά γρήγορη αποδόμηση, μικρή υπολειμματική δράση, μιας και τα ποσοστά της δραστικής ουσίας που ανιχνεύονταν ήταν περίπου το 16% και 6% της αρχικής δόσης στις 60 και 120 ημέρες από την εφαρμογή αντίστοιχα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ζιζάνια, οι αρρώστιες (μύκητες, βακτήρια, ιοί) και τα έντομα αποτελούν τους σπουδαιότερους βιοτικούς παράγοντες που μπορεί να βλάψουν τις καλλιέργειες. Τα ζιζάνια αποτελούν ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα στη γεωργία σήμερα. Σε αντίθεση με τα έντομα και τις αρρώστιες, τα ζιζάνια εμφανίζονται στα αγροοικοσυστήματα κάθε χρόνο και η αντιμετώπισή τους είναι η πιο απαραίτητη καλλιεργητική φροντίδα σε όλες τις καλλιέργειες.

Εάν τα ζιζάνια δεν ελεγχθούν τότε όχι μόνο μειώνουν τις αποδόσεις αλλά επηρεάζουν και την ποιότητα των γεωργικών προϊόντων. Τεράστιες οικονομικές ζημιές προκαλούν κάθε χρόνο τα ζιζάνια στη γεωργία, αφού ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά, στερώντας τους το διαθέσιμο νερό, αλλά και το φως και τον αέρα, όταν αναπτυχθούν. Ακόμη, συχνά παράγουν ουσίες που εμποδίζουν την ανάπτυξη άλλων φυτών δίπλα τους, καταστρέφοντας έτσι, μερικές φορές ολοκληρωτικά, την καλλιέργεια. Αν στις ζημιές αυτές προστεθούν και οι έμμεσες που προκαλούν, φιλοξενώντας εχθρούς και παθογόνα, τα οποία μέσω αυτών μεταδίδονται και στα παραγωγικά φυτά, τότε είναι ολοφάνερο το μέγεθος του προβλήματος.

Τα ζιζάνια και οι σοβαρές τους ζημιές στη γεωργία είναι γνωστά στον άνθρωπο από την εποχή της βίβλου (Γένεσις 3:17-18) και αργότερα από τις παραβολές του σπορέα (Ματθαίος 13:18-23) και των ζιζανίων (Ματθαίος 13:25-30). Στην Αμερική υπολογίζουν ότι η ζημία κάθε χρόνο από τα ζιζάνια είναι μεγαλύτερη από τη ζημία που κάνουν στις καλλιέργειες όλα τα έντομα και οι αρρώστιες μαζί. Είναι γενικά αποδεκτό ότι καμιά καλλιέργεια δεν μπορεί να αναπτυχθεί κανονικά και να επιτευχθούν οι επιθυμητές μεγάλες αποδόσεις εάν δεν προστατευθεί αποτελεσματικά από τα ζιζάνια με έγκαιρη, δραστική, αποτελεσματική και οικονομική καταπολέμηση αυτών. Μονάχα η παροχή

καλλιεργητικών φροντίδων όπως μια καλή λίπανση, άρδευση και προστασία από τα έντομα και τις αρρώστιες δεν αρκεί για μια ικανοποιητική παραγωγή.

Για την αντιμετώπιση των ζιζανίων σήμερα ο γεωργός μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορες μεθόδους όπως πρόληψη, καλλιέργεια (οργώματα - σκαλίσματα), αμειψισπορά, ηλιοθέρμανση, κάλυψη εδάφους, βιολογικές μεθόδους (βιοζιζανιοκτόνα) και χημική ζιζανιοκτονία. Ο πιο διαδεδομένος, αποτελεσματικός και οικονομικός τρόπος περιορισμού των ζιμιών από τα ζιζάνια είναι ο έλεγχός τους με ζιζανιοκτόνα, που σταδιακά αντικαθιστούν τα μηχανικά μέσα. Όμως η χρησιμοποίηση των ζιζανιοκτόνων χρειάζεται μια ιδιαίτερη προσοχή και αρκετά εξειδικευμένες γνώσεις για την πρόληψη ή και την αποφυγή σοβαρών επιπτώσεων στα φυτά, τους ζωικούς οργανισμούς και το περιβάλλον (έδαφος - νερά - αέρας) γενικότερα.

Η γενίκευση της χρήσης τους έχει προκαλέσει σοβαρές αντιδράσεις. Η κοινή γνώμη και περισσότερο μερικές κοινωνικές ομάδες, υποστηρίζουν ότι γίνεται υπερβολική και κακή χρήση των ζιζανιοκτόνων και τα κατηγορούν ότι παρουσιάζουν σοβαρούς κινδύνους για τη ρύπανση και υποβάθμιση του αγροοικοσυστήματος ειδικότερα και του περιβάλλοντος γενικότερα, καθώς και σαν ιδιαίτερα επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία. Είναι γνωστά ζιζανιοκτόνα που μετακινούνται μέσα στα φυτά και υπολείμματά τους ανευρίσκονται στα γεωργικά προϊόντα. Κατά συνέπεια είναι ενδεχόμενο ο καταναλωτής να «τρώει» και υπολείμματα ζιζανιοκτόνων και έτσι το ερώτημα για το αν κινδυνεύει ο καταναλωτής παρουσιάζει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον.

Σε μια προσπάθεια καλύτερης κατανόησης του προβλήματος και εξαιτίας της μεγάλης σημασίας της υπολειμματικότητας των ζιζανιοκτόνων εδάφους στη γεωργική πράξη ήταν επιβεβλημένη η ανάγκη μελέτης της υπολειμματικής δράσης των ζιζανιοκτόνων. Συγκεκριμένα σε πείραμα που έγινε σε “βαμβακοχώραφο” του Νομού Μαγνησίας μελετήθηκε η υπολειμματικότητα του ζιζανιοκτόνου Sonalan που περιέχει τη δραστική ουσία ethalfluralin και από

χημικής πλευράς ανήκει στην οικογένεια των δινιτροανιλίνων. Το Sonalan είναι προσπαρτικό, ενσωματούμενο ζιζανιοκτόνο και καταπολεμά πλατύφυλλα και αγρωστώδη ζιζάνια σε καλλιέργειες βαμβακιού, φασολιών και σόγιας.

Ερευνώντας την τύχη και τη συμπεριφορά των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος εξετάζουμε στη συνέχεια τις διεργασίες διάσπασης - αποσύνθεσης των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος καθώς και τις διεργασίες μετακίνησής τους μέσα σ' αυτό. Ιδιαίτερα εξετάζεται η προσρόφιση των ζιζανιοκτόνων στα εδαφικά κολλοειδή διότι είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει τη συγκέντρωση του ζιζανιοκτόνου στο εδαφικό διάλυμα και έτσι καθορίζει μεταξύ των άλλων και τη διάρκεια ζωής του στο περιβάλλον γενικότερα.

2. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

2.1 Διεργασίες αποδόμησης ζιζανιοκτόνων

Βιολογική αποσύνθεση

Η βιολογική αποσύνθεση (Biological decomposition) είναι η διάσπαση και / ή αποσύνθεση ενός ζιζανιοκτόνου από ζώντες οργανισμούς, δηλαδή φυτά, ζώα ή μικροοργανισμούς. Η μικροβιακή αποσύνθεση η οποία συντελείται από τα βακτήρια, τους μύκητες και τους ακτινομύκητες μέσα στο έδαφος, είναι ο δεύτερος σε σπουδαιότητα παράγοντας μετά την προσρόφηση στο έδαφος που έχει καθοριστική επίδραση στην τύχη και τη συμπεριφορά των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος και γενικότερα σε κάθε οικοσύστημα. Το εάν ένα ζιζανιοκτόνο είναι ενεργό ή ανενεργό, έχει μικρή ή μεγάλη διάρκεια ζωής, μετακινείται εύκολα ή όχι, προσροφάται στο έδαφος ή προσλαμβάνεται από τα φυτά ή αφήνει επιβλαβή υπολείμματα στο έδαφος αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μεταβολισμό του από τους μικροοργανισμούς. Όμως οι μικροοργανισμοί δεν είναι παμφάγοι. Υπάρχουν ζιζανιοκτόνα που αποσυντίθενται βιολογικά πολύ εύκολα, άλλα που δεν μεταβολίζονται καθόλου και μερικά που αποσυντίθενται μόνο κάτω από ορισμένες συνθήκες. Τέλος, υπάρχουν ζιζανιοκτόνα που αποσυντίθενται από τους μικροοργανισμούς έμμεσα με συμμεταβολισμό. Δηλαδή συμπτωματική οξείδωση ενός ζιζανιοκτόνου από έναν μικροοργανισμό, ο οποίος μεταβολίζει κανονικά, για την ενέργεια που χρειάζεται, μια άλλη ουσία στο έδαφος.

Οι πέντε απαραίτητες προϋποθέσεις για τη βιολογική αποσύνθεση ενός ζιζανιοκτόνου είναι οι εξής:

1. Ύπαρξη ή δυνατότητα ανάπτυξης στο έδαφος μικροοργανισμών ικανών να μεταβολίζουν το ζιζανιοκτόνο.

2. Το ζιζανιοκτόνο πρέπει να είναι σε μεταβολίσιμη μορφή. Ευτυχώς, στα περισσότερα ζιζανιοκτόνα τα στοιχεία ή οι χημικές ομάδες του μορίου τους που είναι απαραίτητα για τη δραστηριότητα είναι παρόμοια εκείνων που ευνοούν και τη βιολογική αποσύνθεση.
3. Το ζιζανιοκτόνο πρέπει να είναι διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς.
4. Το ζιζανιοκτόνο πρέπει να είναι σε θέση να διεγείρει τους μικροοργανισμούς για τη σύνθεση του ενζύμου ή των ενζύμων που είναι υπεύθυνα για την αποσύνθεσή του από τους μικροοργανισμούς. Πάρα πολύ λίγα ένζυμα προϋπάρχουν πάντα και δεν έχουν ανάγκη ερεθισμού για τη σύνθεσή τους.
5. Το περιβάλλον χρειάζεται να είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών ή τη δράση των ενζύμων. Ένα θερμό, υγρό, καλά αεριζόμενο και γόνιμο έδαφος με το κατάλληλο pH είναι το πιο ευνοϊκό περιβάλλον.

Οι κυριότερες βιοχημικές αντιδράσεις που εξηγούν πως γίνεται η μικροβιακή αποσύνθεση των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος είναι η απαλκυλίωση, η απαλογόνωση, η οξείδωση - αναγωγή, η υδρόλυση και η υδροξυλίωση.

Χημική αποσύνθεση

Χημική αποσύνθεση (Chemical decomposition) είναι η διάσπαση ή αποσύνθεση ενός ζιζανιοκτόνου με καθαρά χημικές αντιδράσεις και χωρίς τη συμμετοχή ή συμβολή των μικροοργανισμών στο έδαφος. Αντίθετα προς τη φωτοχημική διάσπαση, η χημική διάσπαση μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα και την ενεργοποίηση ζιζανιοκτόνου.

Οι τρεις σπουδαιότερες αντιδράσεις για τη χημική αποσύνθεση ενός ζιζανιοκτόνου είναι η οξείδωση, η αναγωγή και η υδρόλυση. Από τα στοιχεία του εδάφους ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζουν η οργανική ουσία, η άργιλος και το εδαφικό διάλυμα.

Φωτοαποσύνθεση

Η φωτοαποσύνθεση (Photodecomposition) είναι η μια από τις τρεις διεργασίες που διασπούν και / ή αποσυνθέτουν ένα ζιζανιοκτόνο πάνω στο έδαφος, στο νερό, στο φυτό ή στην ατμόσφαιρα. Ορισμένα ζιζανιοκτόνα όταν εκτεθούν στον ήλιο παθαίνουν, εξαιτίας της ηλιακής ενέργειας που απορροφούν, φωτοχημικές αντιδράσεις, με αποτέλεσμα τη μερική ή ολική τους ανενεργοποίηση. Μόνο υπεριώδης ακτινοβολία (<400 nm) είναι σε θέση να προκαλέσει φωτοχημική διάσπαση ενός ζιζανιοκτόνου. Η φωτοχημική διάσπαση ενός ζιζανιοκτόνου είναι ένας μηχανισμός καταστροφής με μεγάλη σπουδαιότητα. Αυτός είναι ένας άλλος λόγος, εκτός από την πτητικότητα, που επιβάλλει την ενσωμάτωση για ορισμένα ζιζανιοκτόνα. Μερικά ζιζανιοκτόνα που είναι ευαίσθητα στη φωτοχημική διάσπαση είναι τα Βενζοϊκά οξέα, Φαινόξυοξέα, μερικές Δινιτροανιλίνες, Τριαζίνες, Ουρίες, και τα Διπυριδύλια. Στην πράξη, τουλάχιστον μέχρι τώρα, είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι απώλειες που οφείλονται στη φωτοχημική διάσπαση από τις απώλειες που οφείλονται στην πτητικότητα ενός ζιζανιοκτόνου.

2.2 Διεργασίες μετακίνησης ζιζανιοκτόνων

Προσρόφηση

Η προσρόφηση (Adsorption) των ζιζανιοκτόνων στα ανόργανα και οργανικά κolloειδή είναι ο σπουδαιότερος καθοριστικός παράγοντας της τύχης και συμπεριφοράς των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος. Η διεργασία αυτή είναι ένα φυσικοχημικό φαινόμενο (ανάλογα με το ζιζανιοκτόνο) που επηρεάζει την ποσότητα του ζιζανιοκτόνου στο εδαφικό διάλυμα και καθορίζει έτσι την έκπλυσή του, τη βιολογική του δράση, τη μετακίνησή του στο έδαφος, την εξάτμιση - εξάχνωση του στην ατμόσφαιρα καθώς επίσης και τη μικροβιακή αποσύνθεση.

Η προσρόφηση των ζιζανιοκτόνων στα κolloειδή του εδάφους μπορεί, με κριτήριο ποιες δυνάμεις είναι υπεύθυνες, να διακριθεί σε φυσική και χημική προσρόφηση.

Με κριτήριο το είδος του δεσμού ανάμεσα στο προσροφούμενο μόριο του ζιζανιοκτόνου και το προσροφητικό κolloειδές οι μηχανισμοί προσρόφησης διακρίνονται σε:

α) Κατιοντική προσρόφηση. Είναι η προσρόφηση θετικών κατιόντων ζιζανιοκτόνου στα αρνητικά φορτισμένα κolloειδή της αργίλου και οργανικής ουσίας του εδάφους. Τέτοια προσρόφηση παρατηρείται στα ζιζανιοκτόνα που στο εδαφικό διάλυμα ιονίζονται σε θετικά φορτισμένα ιόντα όπως για παράδειγμα τα Διπυριδύλια (paraquat, diquat). Η προσρόφηση αυτών των ζιζανιοκτόνων στα κolloειδή της αργίλου και ιδιαίτερα στο μοντμοριλλονίτη είναι τόσο ισχυρή ώστε πρακτικά το ζιζανιοκτόνο δεν είναι βιοδιαθέσιμο και έτσι είναι αδύνατο να προσληφθεί από το φυτό.

β) Πρωτονιοντική προσρόφηση. Μερικά ζιζανιοκτόνα, όπως αυτά που ανήκουν στις οικογένειες s-Triazines και Triazoles που συμπεριφέρονται στο εδαφικό διάλυμα σαν αδύνατες βάσεις, δέχονται ένα πρωτόνιο σε $\text{pH} < 6$ κι έτσι

αποκτούν θετικό φορτίο. Πρωτονιωμένα μόρια ζιζανιοκτόνων προσροφούνται στο έδαφος από τα αρνητικά φορτία της αργίλου και της οργανικής ουσίας, όπως ακριβώς συμβαίνει με τα ανόργανα κατιόντα των θρεπτικών στοιχείων ή τα κατιοντικά ζιζανιοκτόνα.

γ) Ανιοντική προσρόφηση. Τα όξινα ζιζανιοκτόνα όπως για παράδειγμα τα Αλειφατικά, Βενζοϊκά οξέα, Φαινοξυοξέα, Αρσενικούχα, Αμινοξέα και Φαινόλες έχουν $-COOH$ ή $-OH$ ομάδες οι οποίες ιονίζονται εύκολα στο υδατικό διάλυμα σχηματίζοντας ανιόντα. Η υπέρσχυση των αρνητικών φορτίων στα εδαφικά κολλοειδή προκαλεί αρνητική προσρόφηση σ' αυτά τα ζιζανιοκτόνα, ιδίως σε υψηλά pH.

δ) Μοριακή προσρόφηση. Είναι η προσρόφηση στα εδαφικά κολλοειδή μορίων ζιζανιοκτόνων με φυσικές δυνάμεις. Η οργανική ουσία εξαιτίας της πολύ μεγάλης ειδικής επιφάνειας της είναι το κύριο μέσο προσρόφησης για τα ζιζανιοκτόνα που προσροφούνται μ' αυτό το μηχανισμό. Τέτοια προσρόφηση ακολουθούν οι Δινιτροανιλίνες, τα Αμίδια, οι Ανιλίδες, τα Καρβαμιδικά, Θειοκαρβαμιδικά, Νιτρίλια, οι Ουρίες, οι οργανικές βάσεις (s-Triazines, Triazoles) σε $pH > 6$ και τα όξινα ζιζανιοκτόνα σε χαμηλά pH ($< 4-5$). Γενικά, για όλα τα ζιζανιοκτόνα μ' αυτό το μηχανισμό προσρόφησης όσο μεγαλύτερο είναι το μόριο τόσο μεγαλύτερη είναι και η προσρόφηση. Η μοριακή προσρόφηση οφείλεται στις δυνάμεις Van der Waals, το δεσμό H, τους υδρόφοβους δεσμούς και τους χειλικούς δεσμούς.

Ύστερα από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για την προσρόφηση των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος, μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής:

- Τα οργανικά εδάφη χρειάζονται περισσότερο ζιζανιοκτόνο απ' ότι τα αργιλούχα για μια αποτελεσματική καταπολέμηση των ζιζανίων.
- Τα αργιλούχα (βαριά) εδάφη χρειάζονται περισσότερο ζιζανιοκτόνο απ' ότι τα αμμουδερά (ελαφρά) για τον ίδιο βαθμό καταπολέμησης των ζιζανίων.

- Εδάφη με πολύ οργανική ουσία και άργιλο συγκρατούν περισσότερο ζιζανιοκτόνο και για περισσότερο χρόνο.

Επίσης είναι ολοφάνερο ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την προσρόφηση στο έδαφος είναι:

- 1) Το ζιζανιοκτόνο. Εάν είναι κατιόν, ανιόν ή ουδέτερο μόριο.
- 2) Το είδος των εδαφικών κολλοειδών (οργανικά ή αργιλούχα).
- 3) Το pH του εδάφους. Επηρεάζει τον ιονικό χαρακτήρα του ζιζανιοκτόνου (βασικών ή όξινων) και επομένως την προσρόφηση του.
- 4) Η εδαφική υγρασία. Το νερό με το να ανταγωνίζεται το ζιζανιοκτόνο για τις ίδιες θέσεις προσρόφησης στα κολλοειδή ή ενυδατώνοντας τα κολλοειδή περιορίζει την προσρόφηση σημαντικά.

Έκπλυση

Μια άλλη τύχη που μπορεί να έχει ένα ζιζανιοκτόνο στο έδαφος είναι να εκπλυθεί, δηλαδή να μετακινηθεί με το νερό μέσα στο έδαφος στα βαθύτερα στρώματα. Η προς τα κάτω αυτή φυσική μετακίνηση του ζιζανιοκτόνου (έκπλυση - Leaching) έχει πολύ μεγάλη σημασία στην πράξη γιατί:

- Μπορεί να μετακινήσει το ζιζανιοκτόνο από την επιφάνεια στη ζώνη του εδάφους όπου βρίσκονται οι ζιζανιοσποροί κι έτσι να δράσει καλύτερα. Μάλιστα η μετακίνηση αυτή είναι αναγκαία για να δράσουν τα πιο πολλά προφυτρωτικά μη ενσωματούμενα ζιζανιοκτόνα (π.χ. Lasso).
- Μπορεί να καθορίσει αν ένα ζιζανιοκτόνο θα δράσει σαν εκλεκτικό ή όχι. Ένα ζιζανιοκτόνο που δεν εκπλύνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εκλεκτικό σε βαθύρριζες καλλιέργειες ακόμη και αν η καλλιέργεια δεν είναι ανθεκτική στο ζιζανιοκτόνο (π.χ. Τριαζίνες σε δενδρώδεις καλλιέργειες).
- Μπορεί να εξηγήσει πολλές περιπτώσεις φυτοτοξικότητας, που οφείλονται στη μεταφορά του ζιζανιοκτόνου στο στρώμα του εδάφους όπου υπάρχουν οι σπόροι ή το ριζικό σύστημα ευαίσθητων καλλιεργειών.

- Μπορεί να βοηθήσει στην απομάκρυνση του ζιζανιοκτόνου από το επιφανειακό στρώμα μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο φυτοτοξικότητας σε ευαίσθητες καλλιέργειες από την υπολειμματική δράση του ζιζανιοκτόνου.
- Υπερβολική έκπλυση μπορεί να είναι υπεύθυνη για τη συγκέντρωση του ζιζανιοκτόνου εκεί όπου δεν χρειάζεται π.χ. στα υπόγεια νερά ή έξω από τη ζώνη του ριζικού συστήματος των ζιζανίων με αποτέλεσμα τη μη ικανοποιητική καταπολέμησή τους.

Από ένα ζιζανιοκτόνο που εφαρμόζεται στο έδαφος εκπλύνεται το μέρος εκείνο που βρίσκεται στο εδαφικό διάλυμα. Η υδατοδιαλυτότητα του ζιζανιοκτόνου είναι μόνο μια ένδειξη του βαθμού έκπλυσης στο έδαφος. Γενικά, όσο περισσότερο ευδιάλυτο είναι ένα ζιζανιοκτόνο τόσο ευκολότερα εκπλύνεται εφόσον άλλοι παράγοντες δεν εμποδίζουν σ' αυτό. Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την έκπλυση είναι:

- α) Η υδατοδιαλυτότητα του ζιζανιοκτόνου.
- β) Η ποσότητα νερού που διέρχεται μέσα από το έδαφος.
- γ) Το είδος και η υφή - δομή του εδάφους.
- δ) Ο ιονισμός του ζιζανιοκτόνου(/βαθμός προσρόφησής του).

Πτητικότητα

Πολλά από τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία έχουν μεγάλη πτητικότητα (Volatilization). Αυτά τα ζιζανιοκτόνα (π.χ. Καρβαμιδικά) χάνονται κατά ένα μεγάλο μέρος στην ατμόσφαιρα με μορφή ατμών αν μετά την εφαρμογή τους δεν ενσωματωθούν. Οι ατμοί ή προκαλούν τοξική δράση σε ευαίσθητες γειτονικές καλλιέργειες ή υφίστανται φωτοχημική διάσπαση στην ατμόσφαιρα. Γενικά η πτητικότητα έχει σαν συνέπεια τη μείωση της αποτελεσματικότητας ενός ζιζανιοκτόνου λόγω της απώλειάς του με την διαφυγή των ατμών του στην ατμόσφαιρα. Για την αποφυγή η μείωση των

δυσμενών συνεπειών από την πτητικότητα των ζιζανιοκτόνων πρέπει να γνωρίζει κανείς τους παρακάτω παράγοντες που την επηρεάζουν:

- α) Πίεση ατμών του ζιζανιοκτόνου.** Ζιζανιοκτόνα με πίεση ατμών μεγαλύτερη από 10^{-5} mmHg στους 25°C πρέπει να ενσωματώνονται στο έδαφος.
- β) Θερμοκρασία.** Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη είναι και η πτητικότητα των ζιζανιοκτόνων.
- γ) Υγρασία εδάφους.** Πτητικά ζιζανιοκτόνα που εφαρμόζονται σε υγρά εδάφη παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερες απώλειες ατμών στην ατμόσφαιρα από ότι όταν εφαρμόζονται σε ξηρό έδαφος.
- δ) Προσρόφηση στο έδαφος.** Οι παράγοντες που αυξάνουν τη προσρόφηση ελαττώνουν σημαντικά τις απώλειες ατμών ζιζανιοκτόνων.
- ε) pH εδάφους.** Περιορίζει την πτητικότητα των ζιζανιοκτόνων έμμεσα με την επίδραση που έχει στην προσρόφηση των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος.

Πρόσληψη από τα φυτά - Απομάκρυνση με συγκομιδή

Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο ένα ζιζανιοκτόνο μπορεί να απομακρυνθεί από το έδαφος είναι η πρόσληψή του (Absorption) από τα ζιζάνια ή τις καλλιέργειες. Η απομάκρυνση αυτή του ζιζανιοκτόνου από το έδαφος μπορεί να είναι προσωρινή εάν τα υπέργεια τμήματα των φυτών παραμείνουν στο χωράφι ή μπορεί να είναι οριστική εφόσον τα υπέργεια μέρη του φυτού συγκομίζονται.

Επιφανειακή μετακίνηση

Όσα ζιζανιοκτόνα είναι προσροφημένα στα εδαφικά κολλοειδή μετακινούνται μαζί με αυτά με τον αέρα ή το νερό όπως σε περιπτώσεις διαβρώσεων ή δυνατών ανέμων σε ελαφρά εδάφη. Επιφανειακή μετακίνηση (Runoff) ζιζανιοκτόνου μπορεί να γίνει επίσης όταν αυτό είναι διαλυμένο ή αιωρείται στα τρεχούμενα νερά.

3. ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ

Θεωρητικά, ένα ιδανικό ζιζανιοκτόνο εδάφους ελέγχει εκλεκτικά μόνο τα ζιζάνια για τα οποία γίνεται η εφαρμογή του, δεν βλάπτει την καλλιέργεια, παραμένει στο έδαφος ορισμένο χρόνο και μόνο στη ζώνη εφαρμογής του, δεν έχει δυσμενείς αλληλεπιδράσεις με άλλα γεωργικά φάρμακα και αποσυντίθεται εύκολα και γρήγορα μετά την εκπλήρωση του σκοπού του. Πρακτικά όμως ελάχιστα ζιζανιοκτόνα εδάφους έχουν τέτοια συμπεριφορά.

Το χρονικό διάστημα που ένα ζιζανιοκτόνο παραμένει στο έδαφος αμετάτρεπτο και βιολογικά ενεργό ονομάζεται **διάρκεια ζωής** ή **υπολειμματικότητα** (Persistence) ενός ζιζανιοκτόνου. Η παρουσία μιας ποσότητας ενός ζιζανιοκτόνου στο έδαφος για περισσότερο από το χρόνο που χρειάζεται για τον έλεγχο των ζιζανίων συνιστά τα **υπολείμματα** του (Residues), που είναι ανεπιθύμητα από γεωργική και περιβαλλοντική άποψη.

Υπολειμματική φυτοτοξικότητα (Residual phytotoxicity) είναι η ζημία ή και καταστροφή από τα υπολείμματα ενός ζιζανιοκτόνου στο έδαφος σε καλλιέργεια που ακολουθεί στο ίδιο χωράφι, την ίδια ή την επόμενη χρονιά και σε ορισμένες περιπτώσεις τις επόμενες χρονιές.

Ερευνητικά αποτελέσματα, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό, έχουν δείξει ότι η παραμονή των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος πέρα από την κρίσιμη περίοδο των 4-8 εβδομάδων μετά τη σπορά / μεταφύτευση των καλλιεργειών δημιουργεί τα παρακάτω προβλήματα:

1. Μεγάλη διάρκεια ζωής ενός ζιζανιοκτόνου στο έδαφος σημαίνει ότι το ζιζανιοκτόνο παραμένει στο έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα, έτσι ενδέχεται να βλάψει ή και να καταστρέψει μια άλλη καλλιέργεια στο ίδιο χωράφι, την ίδια ή την επόμενη χρονιά.
2. Ένα άλλο πρόβλημα από την παραμονή ενός ζιζανιοκτόνου στο έδαφος για πολύ χρόνο είναι η πρόσληψη και συγκέντρωσή του, ενδεχόμενα και σε

ανεπίτρεπτα επίπεδα, στα γεωργικά προϊόντα που παράγονται στο ίδιο έδαφος αργότερα.

3. Τα υπολείμματα των ζιζανιοκτόνων εδάφους είναι επίσης ανεπιθύμητα, γιατί μπορεί να βλάψουν ωφέλιμους μικροοργανισμούς και να μειώσουν τη γονιμότητα του εδάφους.
4. Μεγάλη υπολειμματική δράση ενός ζιζανιοκτόνου στο έδαφος σημαίνει μεγαλύτερο κίνδυνο και πιθανότητα μετακίνησης του ζιζανιοκτόνου μέσα στο περιβάλλον και κυρίως έκπλυσή του στα υπόγεια νερά.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των ζιζανιοκτόνων

Πολλοί και διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος και κατά συνέπεια την υπολειμματική τους δράση - φυτοτοξικότητα στις καλλιέργειες αμειψισποράς. Οι περισσότεροι παράγοντες μπορούν να καταταγούν σε 3 ομάδες: εδαφικούς, κλιματικούς και ιδιότητες ζιζανιοκτόνου. Αλληλεπιδράσεις αυτών των παραγόντων αυξάνουν ή ελαττώνουν την υπολειμματική δράση - φυτοτοξικότητα των ζιζανιοκτόνων.

- **Εδαφικοί παράγοντες.** Διακρίνονται σε φυσικούς, χημικούς και βιοτικούς. Εδάφη με άργιλο, οργανική ουσία και υψηλό pH παρουσιάζουν μεγαλύτερη πιθανότητα υπολειμματικής φυτοτοξικότητας των ζιζανιοκτόνων.
- **Κλιματικοί παράγοντες.** Σημασία έχουν κυρίως ή υγρασία, ή θερμοκρασία και η ηλιοφάνεια. Μείωση της θερμοκρασίας και της υγρασίας αυξάνει το χρόνο ημιζωής του ζιζανιοκτόνου. Η ηλιοφάνεια περιορίζει τη διάρκεια ζωής των ζιζανιοκτόνων.
- **Ιδιότητες ζιζανιοκτόνου.** Μερικές με πρακτική σημασία είναι η υδατοδιαλυτότητα, έκπλυση, προσρόφηση, αποσύνθεση, πτητικότητα, τρόπος εφαρμογής, δόση, χημική σύσταση και μορφή σκευάσματος. Γενικά, ζιζανιοκτόνα με μικρή υδατοδιαλυτότητα και πτητικότητα, προσροφούμενα στα εδαφικά κολλοειδή, σε ξηρά εδάφη, εκπλύνονται λιγότερο και είναι

πιθανότερο να παραμείνουν για πολύ στο έδαφος, με κίνδυνο έτσι να βλάψουν επόμενες καλλιέργειες. Επίσης τα κοκκώδη σκευάσματα έχουν την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής ενώ οι μικροκάψουλες τη μικρότερη.

Πρόληψη υπολειμματικής φυτοτοξικότητας

Μπορούμε να επηρεάσουμε τη διάρκεια ζωής ενός ζιζανιοκτόνου στο έδαφος, και συνεπώς και την υπολειμματική φυτοτοξικότητά του στις καλλιέργειες αμειψισποράς, με τα παρακάτω μέτρα:

1. Εφαρμογή ενδεικνυόμενης δόσης.
2. Μέθοδος και χρόνος εφαρμογής.
3. Καλλιέργεια εδάφους.
4. Χρήση ζιζανιοκτόνων που προσλαμβάνονται και διασπώνται από τις καλλιέργειες.
5. Συνδυασμοί ζιζανιοκτόνων.
6. Αμειψισπορά.
7. Ανθεκτική καλλιέργεια - ποικιλία.



Διάγνωση υπολειμμάτων ζιζανιοκτόνων εδάφους

Όταν υπάρχει υποψία ύπαρξης στο έδαφος φυτοτοξικών υπολειμμάτων, κανείς μπορεί ή με βιοδοκιμές ή με χημική ανάλυση να μετρήσει και να εκτιμήσει με ικανοποιητική προσέγγιση εάν θα υπάρξουν ή όχι προβλήματα στην αμειψισπορά. Η χημική ανάλυση είναι πολύ ακριβής, έχει όμως υψηλό κόστος και γίνεται μόνο από ειδικά εργαστήρια. Η βιοδοκιμή είναι απλή, μπορεί να γίνει και από το γεωργό και δίνει ικανοποιητική εκτίμηση πρακτικά, αλλά χρειάζεται 20-30 μέρες για να συμπληρωθεί. Βέβαια, το φυτό - δείκτης διαφέρει ανάλογα με το ζιζανιοκτόνο, όπως επίσης και τα συμπτώματα από την υπολειμματική φυτοτοξικότητα στις βιοδοκιμές διαφέρουν ανάλογα με το

ζιζανιοκτόνο. Πάντως, η υπολειμματική φυτοτοξικότητα στο έδαφος μεταβάλλεται από χρονιά σε χρονιά, μέχρι και σε ποσοστό 15 - 20%.

Αντιμετώπιση υπολειμματικών ζιζανιοκτόνων εδάφους

Η καλύτερη αντιμετώπιση της υπολειμματικής φυτοτοξικότητας των ζιζανιοκτόνων εδάφους είναι η πρόληψή της. Εάν όμως διαπιστωθεί με βιοδοκιμή ή χημική ανάλυση ότι η συγκέντρωση των υπολειμμάτων στο έδαφος είναι υψηλή, τότε μπορούμε να λάβουμε ορισμένα μέτρα:

- 1. Επιλογή ανθεκτικής καλλιέργειας ή ποικιλίας.** Είναι το ασφαλέστερο μέτρο σ' αυτές τις περιπτώσεις.
- 2. Βαθιά - συχνά οργώματα** «αραιώνουν» τα υπολείμματα και τα μεταφέρουν βαθύτερα.
- 3. Ξέπλυμα υπολειμμάτων.** Είναι αποτελεσματικό μόνο με υδατοδιαλυτά ζιζανιοκτόνα.
- 4. Ρύθμιση pH.** Για ορισμένα ζιζανιοκτόνα η ελάττωση του pH αυξάνει την προσρόφησή τους στα εδαφικά κolloειδή, με αποτέλεσμα μείωση της βιοδιαθεσιμότητάς τους.
- 5. Ενεργός άνθρακας.** Εξαιτίας της μεγάλης προσροφητικής του ικανότητας, συγκρατεί ισχυρά τα ζιζανιοκτόνα και μειώνει τη βιοδιαθεσιμότητά τους.
- 6. Βιοτεχνολογικά.** Μελλοντικά η καλλιέργεια - πολλαπλασιασμός στο εργαστήριο των μικροοργανισμών που αποσυνθέτουν τα ζιζανιοκτόνα και στη συνέχεια διασκορπισμός τους στο έδαφος θα είναι μια συνηθισμένη καλλιεργητική πρακτική.

4. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Σε άλλες χώρες το θέμα υπολειμματική δράση ζιζανιοκτόνων εδάφους και αμειψισπορά έχει μελετηθεί και μελετάται ικανοποιητικά. Έτσι είναι γνωστό ποια ζιζανιοκτόνα, στις εκεί εδαφοκλιματικές συνθήκες, έχουν υπολειμματικότητα μεγάλης διάρκειας, φυτοτοξική και εμποδιστική για παραγωγική χρήση των χωραφιών στην αμειψισπορά ορισμένων καλλιεργειών. Πολύ γνωστά και χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η χρήση του Glean στο σιτάρι, που δεν επιτρέπει την καλλιέργεια καλαμποκιού, ηλίανθου ή ζαχαροτεύτλων στο ίδιο χωράφι την επόμενη χρονιά, η χρήση Treflan - Cotoran - MSMA - Linuron στο βαμβάκι και καλλιέργεια μετά σόγιας ή ρυζιού ή η χρήση Scepter στη σόγια και καλλιέργεια μετά βαμβακιού ή καλαμποκιού.

Ακόμη εφαρμογή Scepter, Classic ή Pursuit στη σόγια δεν επιτρέπει τη σπορά ζαχαρότευτλων πριν περάσουν 25 μήνες. Τα ζαχαρότευτλα, οι φακές και η ελαιοκράμβη ζημιώθηκαν σημαντικά 14 μήνες μετά τη χρήση Assert για την αγριοβρώμη σε σιτηρά (Weed Technol. 4:48).

Στην Ελλάδα το θέμα δεν έχει αντιμετωπισθεί καθόλου για ορισμένες καλλιέργειες (π.χ. βαμβάκι) και περιστασιακά για άλλες. Η EBZ συνιστά να μην σπέρνονται ζαχαρότευτλα σε χωράφια που την προηγούμενη χρονιά δέχθηκαν τριαζίνες μόνο εφόσον είναι ελαφρής σύστασης εδάφη. Επίσης, όταν χρησιμοποιούνται τα Devrinol, Comodor ή Command επιβάλλεται οι καπνοπαραγωγοί να μην υπερβαίνουν τις συνιστώμενες δόσεις, για περιορισμό έτσι των ζημιών στο σιτάρι το φθινόπωρο (Λόλας, Επιστ. Συν. Καπνού. 1994). Ακόμη, χρήση τεσσάρων Δινιτροανιλινών (Treflan, Stomp, Cobex, Sonalan) σε βαμβάκι την άνοιξη δεν έβλαψε το σιτάρι που σπάρθηκε το φθινόπωρο ή τα ζαχαρότευτλα την επόμενη άνοιξη (Agr. Med. 120:256).

Σε πειράματα που έγιναν από το Κ.Ι.Ε. στη Δράμα μελετήθηκε η δυνατότητα καλλιέργειας καπνού 30, 45 και 60 ημέρες μετά την εφαρμογή 3

ζιζανιοκτόνων καλαμποκιού (atrazine, alachlor, metolachlor), 2 ζαχαρότευτλων (chloridazon, metamitron), 3 βαμβακιού (ethalfluralin, prometryne, trifluralin), 4 σόγιας (alachlor, linuron, metribuzin, trifluralin) και 2 σιταριού (chlorsulfuron, triasulfuron). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όπου γίνεται εφαρμογή atrazine, alachlor + atrazine ή atrazine + metolachlor και αποτύχει η καλλιέργεια, τότε δεν μπορούμε να καλλιεργήσουμε καπνό ακόμα και δύο μήνες αργότερα. Προβλήματα κανονικής ανάπτυξης του καπνού θα έχουμε και σε χωράφια που δέχτηκαν ανοιξιάτικά chlorsulfuron ή triasulfuron ή chloridazon και μεταφυτεύτηκαν με καπνό 1 ή 2 μήνες αργότερα. Τέλος ο καπνός μπορεί να καλλιεργηθεί χωρίς να επηρεαστεί η ανάπτυξη, η απόδοση ή η χημική του σύσταση 30 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων του βαμβακιού και της σόγιας ή 60 ημέρες μετά την εφαρμογή του metamitron (Λόλας, 1991).

Ακόμη άλλα πειράματα έγιναν με ανατολικού τύπου και με καπνό Βιρτζίνια για να μελετηθεί η επίδραση των υπολειμμάτων των ζιζανιοκτόνων chlorsulfuron (Glean) και triasulfuron (Logran) στην ανάπτυξη, στην παραγωγή και στη χημική σύνθεση του καπνού που μεταφυτεύτηκε 3-5 και 15-17 μήνες μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραγωγή του καπνού ανατολικού τύπου δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τα υπολείμματα. Αντίθετα η απόδοση του καπνού Βιρτζίνια μειώθηκε σημαντικά ακόμη και 15 μήνες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων (Λόλας, 1995).

Σε πειράματα χωραφιού και θερμοκηπίου μελετήθηκε η υπολειμματική δράση των ζιζανιοκτόνων σε συνάρτηση με το χρόνο και τη δόση καθώς επίσης και σε σχέση με το pH και την οργανική ουσία στο έδαφος. Βιολογικά διαθέσιμα υπολείμματα για ορισμένα ζιζανιοκτόνα καπνού (butam, isopropalin, pendimethalin, rebulate) βρέθηκαν μέχρι 3 μήνες στο θερμοκήπιο αλλά μέχρι 1 έως 2 μήνες στο χωράφι. Για όλα τα ζιζανιοκτόνα που μελετήθηκαν (atrazine,

butam, alachlor, isopropalin, trifluralin), ανεξάρτητα από τη δόση, η υπολειμματική δράση ελαττώνονταν (σε άλλα περισσότερο, σε άλλα λιγότερο) από τα ελαφρά, στα βαριά και ακόμη περισσότερο στα οργανικά εδάφη. Το pH και η οργανική ουσία στο έδαφος επηρέασαν την υπολειμματική δράση τόσο του alachlor (περισσότερο) όσο και του atrazine. Η υπολειμματική δράση τόσο στο alachlor όσο και στο atrazine ελαττώθηκε σημαντικά από το pH του εδάφους 7,5 στο pH του εδάφους 5,5. Επίσης η υπολειμματική δράση των ζιζανιοκτόνων ελαττώνονταν, σχεδόν γραμμικά, όσο αυξάνονταν η οργανική ουσία στο έδαφος (Λόλας και Γαλόπουλος, 1984).

Επίσης σε πειράματα χωραφιού και θερμοκηπίου μελετήθηκαν τα cinmethylin, imazaquin και metazachlor για τη σχετική διάρκεια ζωής τους, τη βιοδιαθεσιμότητα και την έκπλυση. Το metazachlor είχε τη μικρότερη διάρκεια ζωής, βιοδιαθέσιμο έως 60 ημέρες. Τα cinmethylin και imazaquin είχαν διάρκεια ζωής έως 90 ημέρες σαν προφυτρωτικά και έως 120 ημέρες σαν ενσωματούμενα. Και για τα τρία ζιζανιοκτόνα η βιοδιαθεσιμότητα ελαττώθηκε από ένα ελαφρύ χώμα, σε ένα βαρύ και σε ένα οργανικό χώμα. Η έκπλυση διέφερε για τα τρία ζιζανιοκτόνα. Η σχετική κινητικότητα των τριών ζιζανιοκτόνων ελαττώνονταν στη σειρά imazaquin, metazachlor, cinmethylin. Το cinmethylin δεν εκπλύνονταν πρακτικά σε κανένα τύπο εδάφους αυτής της μελέτης (Lolas and Galopoulos, 1985).

Επίσης πειράματα έγιναν για τη μελέτη της υπολειμματικότητας των dinitramine, ethalfluralin, trifluralin και pendimethalin σε εδάφη στην Ελλάδα. Σε γλάστρες μεταφέρθηκαν εδαφοδείγματα (αργιλώδη ή πηλώδη) που συγκεντρώθηκαν 0-6 μήνες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων σε καλλιέργεια βαμβακιού. Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε σαν βιολογικός δείκτης η βρώμη η οποία σπάρθηκε στις γλάστρες. Τα αποτελέσματα τριών ετών έδειξαν ότι η dinitramine είχε τη μικρότερη υπολειμματική δράση. Επίσης

η ethalfluralin είχε μεγαλύτερη υπολειμματική δράση απ' την dinitramine, μικρότερη όμως απ' την trifluralin και pendimethalin. Σημαντικό είναι επίσης ότι η υπολειμματικότητα όλων των ζιζανιοκτόνων ήταν μεγαλύτερη σε οργανικά και αργιλώδη εδάφη. (Eleftherohorinos and Kotoula, 1990).

Μελέτες έχουν διεξαχθεί στο εξωτερικό όσον αφορά την επίδραση της συγκέντρωσης του alachlor στην υπολειμματικότητά του στο έδαφος. Τα πειράματα έγιναν σε πηλοαργιλώδη εδάφη και σε αμμοαργιλώδη εδάφη και έδειξαν ότι η διάσπαση του alachlor εξαρτήθηκε απ' τη συγκέντρωσή του. Σε συγκεντρώσεις έως 100mg/kg, το alachlor ήταν έτοιμο να διασπασθεί και στα δύο εδάφη. Όμως το alachlor έγινε εξαιρετικά υπολειμματικό και στα δύο εδάφη σε συγκέντρωση άνω των 1000mg/kg (Gan et al., 1995). Ανάλογες διαπιστώσεις έχουν γίνει και για άλλα ζιζανιοκτόνα. Τα atrazine, methyl parathion, trifluralin και 2,4 D είναι αξιοσημείωτα πιο υπολειμματικά σε υψηλές συγκεντρώσεις απ' ότι σε συγκριτικά χαμηλές συγκεντρώσεις (Davidson et al., 1980).

Όμως υπολείμματα ζιζανιοκτόνων εντοπίστηκαν εκτός απ' το έδαφος και σε δείγματα νερού από στραγγιστικά κανάλια της γεωργικής περιοχής της Θεσσαλονίκης. Τα ζιζανιοκτόνα απελευθερώνονται από τις αγροτικές περιοχές και καταλήγουν στο Θερμαϊκό κόλπο, μέσω των στραγγιστικών καναλιών και μέσω των ποταμών Αξιού, Λουδία και Αλιάκμονα. Τα ποσοστά των απελευθερούμενων ποσοτήτων των ζιζανιοκτόνων της μελέτης ήταν ήταν 3,4% atrazine, 2,5% prometryne, 16,9% 2,4D, 9,7% MCPA, 4,7% alachlor και 0,5% trifluralin (Albanis, 1990).

Υπολείμματα ζιζανιοκτόνων έχουν εντοπιστεί και στις ΗΠΑ στον ποταμό Μινεσότα. Ζιζανιοκτόνα όπως τα atrazine, alachlor και cyanazine βρέθηκαν στα νερά του ποταμού σε συγκεντρώσεις της τάξης των 1000 - 6000ng/l. Η συνολική ροή των ζιζανιοκτόνων στο ποτάμι ήταν 1 -6,5t και περισσότερο απ'

το 60% αυτού του φορτίου προκύπτει κατά τη διάρκεια του Ιουνίου.(Schottler et al. 1994).

Τέλος, όσον αφορά την ethalfluralin στην βιβλιογραφία αναφέρονται τα εξής: Καταπολεμά τα ζιζάνια στο στάδιο του φύτρου. Τα ανεπτυγμένα ζιζάνια είναι ανθεκτικά. Μίγμα ethalfluralin και atrazine χρησιμοποιείται για την προφυτρωτική αλλά και μεταφυτρωτική καταπολέμηση ζιζανίων αραβοσίτου. Σε καθαρή μορφή είναι στερεό, κρυσταλλικό σώμα, κίτρινο, πρακτικά αδιάλυτο στο νερό (0,2 mg/l). Δρα με επαφή αλλά και με τους ατμούς του στα φύτρα των αγρωστωδών και εμποδίζει την κυτταρική διαίρεση. Ευαίσθητα ζιζάνια είναι: *Digitaria* spp., *Panicum* spp., κ.α.. Σε μίγμα με atrazine καταπολεμά και δικοτυλήδονα ζιζάνια, όπως *Chenopodium* spp., *Amaranthus* spp., *Stellaria* spp., *Spergularia* spp., *Polygonum* spp., κ.α.. Έχει πολύ μικρή τοξικότητα. (Μπαλαγιάννης, 1994)

5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ

5.1 Υλικά και μέθοδοι

Το πείραμα έγινε σε βαμβακοχώραφο του Νομού Μαγνησίας, σε αργιλώδες (clay) έδαφος, απ' το Μάρτιο έως το Νοέμβριο του 1997. Το ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Sonalan 360EC(ethalfluralin). Η δόση που χρησιμοποιήθηκε ήταν 125 gr δραστικής ουσίας ανά στρέμμα ή 375ml σκευάσματος στο στρέμμα. Η εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου έγινε με παρελκόμενο ψεκαστικό, προσπαρτικά και ακολούθησε ενσωμάτωσή του σε βάθος 5cm με φρέζα το Μάρτιο του 1997. Αμέσως μετά την εφαρμογή και την ενσωμάτωση του ζιζανιοκτόνου πάρθηκαν εδαφοδείγματα. Εν συνεχεία δειγματοληψίες πραγματοποιούνταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα περίπου 30 ημερών έως το Νοέμβριο του 1997. Τα εδαφοδείγματα λαμβάνονταν από τρία διαφορετικά σημεία του χωραφιού σε βάθος 10cm τακτικά και 20cm περιστασιακά. Τα εδαφοδείγματα αφού αεροξηραίνονταν στην σκιά, ψιλοχωματίζονταν, κοσκινίζονταν με κόσκινο 2mm και φυλασσόταν στην κατάψυξη ($\cong - 4^{\circ} \text{C}$) έως ότου γίνονταν οι μετρήσεις στο εργαστήριο.

Στο εργαστήριο ακολουθούσε η παρακάτω διαδικασία:

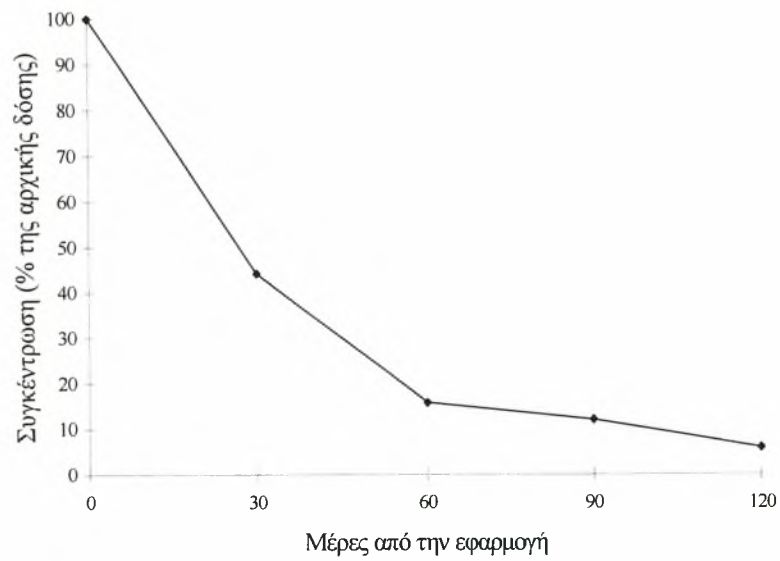
Σε ζυγό ακριβείας ζυγίζονταν 20gr εδάφους από κάθε εδαφοδείγμα. Η εκχύλιση γινόταν με 2x100 ml EtAc και ακολουθούσε παλινδρομική ανακίνηση. Το ήρεμο υπερκείμενο υγρό μετά από φυγοκέντρωση και διήθηση συμπυκνώνονταν σε 1 ml με τη βοήθεια περιστροφικού εξατμιστήρα. Τα συμπυκνώματα αυτά αποθηκεύονταν στην κατάψυξη σε φιαλίδιο έως ότου γίνει η ανάλυση στον αέριο χρωματογράφο.

5.2 Αποτελέσματα - Συζήτηση

Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι το ζιζανιοκτόνο ethalfluralin που μελετήθηκε, βρέθηκε με σημαντικά διαθέσιμα υπολείμματα μόνο τον πρώτο μήνα από την εφαρμογή του (Πίνακας 1). Συγκεκριμένα 30 ημέρες μετά την εφαρμογή του, το ζιζανιοκτόνο ανιχνεύτηκε σε ποσοστό 44,1% της αρχικής δόσης. Εν συνεχεία το ethalfluralin ανιχνεύτηκε, αν και όχι σε σημαντικές ποσότητες, ακόμη και τον τρίτο μήνα από την εφαρμογή της. Πιο αναλυτικά, τα υπολείμματα ήταν 44,1% ένα μήνα μετά την εφαρμογή, δυο μήνες μετά την εφαρμογή βρέθηκαν υπολείμματα σε ποσοστό 15,6% της αρχικής δόσης ενώ κατά τον τρίτο μήνα τα υπολείμματα είχαν μειωθεί σε ποσοστό 11,9% της αρχικής δόσης. Τέλος κατά την περίοδο της συγκομιδής του βαμβακιού ένα πολύ μικρό ποσοστό της αρχικής ποσότητας του ζιζανιοκτόνου ανιχνεύτηκε στο έδαφος. Συγκεκριμένα μετά από 120 ημέρες απ' την εφαρμογή μόνο το 5,8% της αρχικής δόσης είχε παραμείνει στο έδαφος (Πιν.1, Σχ.1).

Πίνακας 1: Μεταβολή επί τοις % υπολειμμάτων του ethalfluralin στο έδαφος μετά την εφαρμογή του στο βαμβάκι.

Ημέρες από εφαρμογή	Συγκέντρωση
0	100%
30	44,1%
60	15,6%
90	11,9%
120	5,8%



Σχήμα 1. Μεταβολή υπολειμμάτων του ethalfluralin στο έδαφος στο χωράφι σε συνάρτηση με τον χρόνο.

5.3 Συμπεράσματα

Ένας από τους περιορισμούς στη χρήση των ζιζανιοκτόνων είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής τους στο έδαφος. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε όσο γίνεται περισσότερα για τον πραγματικό ή πιθανό κίνδυνο από τα υπολείμματα των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος με τη μακρόχρονη και επαναλαμβανόμενη χρήση τους. Για το ζιζανιοκτόνο ethalfluralin που μελετήθηκε, τα υπολείμματα που ανιχνεύτηκαν στο χωράφι μειώνονταν, όπως αναμένονταν, από την ημέρα εφαρμογής έως το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Μέσα σε 120 ημέρες τα υπολείμματα ελαττώθηκαν σταδιακά και τελικά τα ανιχνεύσιμα υπολείμματα ήταν περίπου 6%.

Ύστερα από τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι το ζιζανιοκτόνο ethalfluralin είναι ένα ζιζανιοκτόνο του οποίου η υπολειμματικότητα είναι σχετικά μικρής διάρκειας και μειώνεται σε σημαντικό βαθμό σε σύντομο χρονικό διάστημα (Σχήμα 1). Συνεπώς το ethalfluralin δεν εμποδίζει την παραγωγική χρήση του αγρού στην αμειψισπορά ορισμένων καλλιεργειών ενώ ταυτόχρονα ελαττώνεται ο κίνδυνος υποβάθμισης του αγροοικοσυστήματος ειδικότερα και του περιβάλλοντος γενικότερα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΛΟΛΑΣ, Π. 1997. Ζιζανιολογία, Ζιζάνια - Ζιζανιοκτόνα, Σημειώσεις.
2. ΛΟΛΑΣ, Π. 1991. Συμπεριφορά καπνού στα υπολείμματα ζιζανιοκτόνων καλλιεργειών αντικατάστασης. Ζιζανιολογία 2: 209-216.
3. LOLAS, P. 1995. Tobacco (*Nicotiana tabacum*) response to chlorsulfuron and triasulfuron field residues. Agr. Med., Vol. 125, 128-137.
4. ΛΟΛΑΣ, Π. και ΓΑΛΟΠΟΥΛΟΣ, Α. 1984. Υπολειμματική δράση ζιζανιοκτόνων σε διάφορα καπνικά εδάφη. Ζιζανιολογία 1: 177-185.
5. LOLAS, P. and GALOPOULOS, A. 1985. Soil bioactivity, persistence and leaching of cinmethylin, imazaquin and metazachlor. Zizaniology 1: 221-227.
6. ELEFTHEROHORINOS and KOTOULA. 1990. Field persistence of dinitramine, ethalfluralin, trifluralin and pendimethalin in soils in Greece. Agr. Med., 120: 3, 256-261.
7. GAN, J., W. C. KOSKINER, R. L. BECKER and D. D. BUHLER. 1995. Effect of concentration on persistence of alachlor in soil. J. Environ. Qual., Vol. 24, November - December 1995.
8. ALBANIS, T. 1990. Herbicide losses in runoff from the agricultural area of Thessaliniki in Thermaikos gulf, N. Greece. The science of the total environment. 114 (1992) 59-71.
9. SCHOTTLER, S. P., S. J. ELSERELCH and P. D. CAPEL. 1994. Atrazine, alachlor and cyanazine in a large agricultural river system. Enviror. Sci. Technol. 1994, 28, 1079-109.
10. ΜΠΑΛΑΓΙΑΝΝΗΣ, Π. Γ. 1994. Εγχειρίδιο γεωργικών φαρμάκων.

