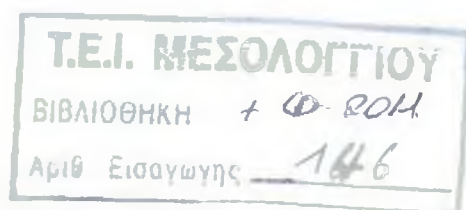


# ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Θέμα: Διερεύνηση της ύπαρξης ανθεκτικών βιοτύπων σε πληθυσμούς αγριοβρώμης (*Avena sterilis* L.) προερχόμενους από την Κεντρική Μακεδονία και την Θεσσαλία.

Εισηγητής : Παπαπαναγιώτου Αριστείδης  
Σπουδαστής : Τραγουλιάς Ιωακείμ



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦ 1ο Ανθεκτικότητα ζιζανίων ζιζανιοκτόνα	σελ 1
1.1 Εισαγωγή	σελ 1
1.2 Μηχανισμοί ανθεκτικότητας	σελ 5
1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη ανθεκτικότητας	σελ 11
1.4 Διάγνωση & επιβεβαίωση της ανθεκτικότητας	σελ 14
1.5 Μέτρα αντιμετώπισης στους ανθεκτικότητας	σελ 18
ΚΕΦ 2ο Μια επισκόπηση των μηχανισμών ανθεκτικότητας στους αναστολείς του ενζύμου καρβοξυλάση του ακετυλο- συνενζύμου Α	σελ .20
2.1 Εισαγωγή	σελ 21
2.2 Ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε αναστολείς του ενζύμου ACCAse	σελ 22
2.3 Μηχανισμοί ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε αναστολείς του ενζύμου	σελ 23
2.4 Άλλοι μηχανισμοί ανθεκτικότητας	σελ 31
2.5 Συμπεράσματα	σελ 33
ΚΕΦ 3ο Αγριοβρώμη	σελ 35
ΚΕΦ 4ο Εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα για την καταπολέμηση της αγριοβρώμης στα χειμερινά σιτηρά της χώρας μας	σελ 38
4.1 Αρυλοφαινοξυαλκανοϊκά οξέα	σελ 38
4.2 Διπτυριδιλία	σελ 40
4.3 Ίμιδαζολινόνες	σελ 40
4.4 Οξύμες	σελ 41
4.5 Παράγωγα ουρίας	σελ 43
4.6 Σουλφονουλουρίες	σελ .44
4.7 Οργανικά ζιζανιοκτόνα	σελ 45
ΚΕΦ 5ο Αρχές διατήρησης ανθεκτικών πληθυσμών αγρωστωδών ζιζανίων εντός καλλιεργούμενων σιτηρών	σελ 47
5.1 Καλλιεργητικά μέτρα καταπολέμησης	σελ 47
5.2 Χημική καταπολέμηση	σελ 50
5.3 Παρακολούθηση	σελ 51
5.4 Αρχές διαχείρισης ανθεκτικότητας υφιστάμενης σε πληθυσμούς αγριοβρώμης	σελ 53
5.5 Λήψη μέτρων δράσης για την διαχείριση εκδήλωσης ανθεκτικότητας σε πληθυσμούς αγριοβρώμη	σελ 54
ΚΕΦ 6ο Υλικά – μέθοδοι	σελ 57
ΚΕΦ 7ο Αποτελέσματα – συζήτηση	σελ 63

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### Ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα

#### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη βιοτύπων ζιζανίων με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα να θεωρείτο πλέον ένα από τα σοβαρότερα ζιζανιολογικά προβλήματα. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι οι βιότυποι αυτοί περιορίζουν τη δυνατότητα επιλογής ζιζανιοκτόνων για χημική αντιμετώπιση τους και μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις η απώλεια ενός ζιζανιοκτόνου (εξαιτίας της ανάπτυξης βιοτύπων ζιζανίων με ανθεκτικότητα) σε συνδυασμό με την αναγκαστική επιλογή κάποιου άλλου μπορεί να έχει οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες.

Η αποτελεσματική αντιμετώπιση των ανθεκτικών βιοτύπων των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα προϋποθέτει άριστη γνώση των φυσιολογικών και βιοχημικών μηχανισμών που εξηγούν την ανθεκτικότητα, των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη της, των μεθόδων διάγνωσης και επιβεβαίωσης των ανθεκτικών βιοτύπων, και των εναλλακτικών μέτρων ή μεθόδων αντιμετώπισής τους. Πριν όμως εξεταστούν όλα αυτά είναι απαραίτητο να οριστεί επακριβώς η έννοια του όρου ανθεκτικότητα, επειδή ο όρος αυτός χρησιμοποιείται με διάφορες κατά περίπτωση έννοιες. Στη ζιζανιολογία, ο όρος ανθεκτικότητα (resistance) αναφέρεται στην κληρονομική ιδιότητα μερικών βιοτύπων ενός ζιζανίου να επιβιώνουν μετά την εφαρμογή, ακόμα και μεγαλύτερης από τη συνιστώμενη δόσης, κάποιου ζιζανιοκτόνου στο οποίο ο αρχικός πληθυσμός του ήταν ευαίσθητος.

Η πρώτη διαπίστωση ανάπτυξης ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα έγινε το 1968 στις Η.Π.Α., όπου ένας βιότυπος του ζιζανίου μαρτιάκος (*Senecio vulgaris*) παρουσίασε μειωμένη ευαισθησία στο μέχρι τότε αποτελεσματικό ζιζανιοκτόνο simazine (Shaner, 1997). Αργότερα, βιότυποι του ίδιου ζιζανίου ανέπτυξαν ανθεκτικότητα και σε άλλα ζιζανιοκτόνα της ίδιας ομάδας (χλωροτριαζίνες) όχι μόνο στις Η.Π.Α. αλλά και σε άλλες χώρες.

Οι πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι 53 είδη ζιζανίων (17 αγρωστώδη, 36 πλατύφυλλα) στην Ευρώπη και συνολικά 107 είδη παγκοσμίως έχουν ήδη αναπτύξει ανθεκτικότητα σε διάφορες ομάδες ζιζανιοκτόνων (Altman, 1993' De Prado κ.ά., 1997). Τα 17 από τα 53 ανθεκτικά είδη ζιζανίων της Ευρώπης ανήκουν στην οικογένεια *Poaceae* (*Gramineae*) με κυριότερα τα είδη *Sorghum halepense*, *Echinochloa crus-galli*, *Alopecurus myosuroides*, *Avena fatua*, *Avena sterilis*, *Lolium rigidum*, *Lolium multiflorum*, *Phalaris minor*, *Poa annua*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria viridis* και *Eleusine indica*. Τα 8 από τα 36 ανθεκτικά πλατύφυλλα είδη ζιζανίων ανήκουν στην οικογένεια *Amaranthaceae* (π.χ. *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus lividus*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus palmeri*), τα 4 στην *Chenopodiaceae* (π.χ. *Chenopodium album*, *Chenopodium polyspermum*, *Kochia scoparia*), τα 8 στην *Compositae* (π.χ. *Senecio vulgaris*, *Conyza canadensis*, *Cirsium arvense*, *Lactuca serriola*, *Xanthium strumarium*, *Sonchus oleraceus*), τα 5 στην *Polygonaceae* (π.χ. *Bilderdykia convolvulus*, *Polygonum persicaria*, *Polygonum lapathifolium*), τα 4 στην *Caryophyllaceae* (π.χ. *Stellaria media*), τα 2 στην *Onagraceae* (π.χ. *Epilobium ciliatum*), 1 στην *Alismataceae* (*Alisrna plantago-aquatica*), 1 στην *Papaveraceae* (*Papaver rhoeas*), 1 στη *Solanaceae* (*Solanum nigrum*), 1 στην *Umbelliferae* και 1 είδος στην οικογένεια *Ambrosiaceae* (Giannopolitis και Vassiliou, 1989. De Prado κ.ά., 1997. Elef'therohorinos κ.ά., 2000' Kotoula-Syka κ.ά., 2000' Vasilakoglou κ.ά., 2000).

Τα 53 ανθεκτικά είδη ζιζανίων αντιπροσωπεύονται στις διάφορες χώρες της Ευρώπης από 154 ανθεκτικούς βιοτύπους (42 για τα 17 αγρωστώδη είδη και 112 για τα 36 πλατύφυλλα είδη). Οι 24 από τους 154 ανθεκτικούς βιοτύπους βρέθηκαν στη Γαλλία, 21 στην Ισπανία, 13 στην Ελβετία, 12 στη Γερμανία, 7 στην Ελλάδα (4 βιότυποι *Echinochloa crus-galli* με ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο propanil, *Amaranthus retroflexus* και *Chenopodium album* με ανθεκτικότητα στο metribuzin, και *Lolium rigidum* με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα chlorsulfuron και diclofop) (Giannopolitis και Vassiliou, 1989' Eleftherohorinos κ.ά., 2000' Kotoula-Syka κ.ά., 2000' Vasilakoglou κ.ά., 2000), 1 στην Πορτογαλία, 10 στη Μεγάλη Βρετανία, 7 στην Ιταλία, 9 στο Βέλγιο, 9 στις χώρες Δανία-Ολλανδία, ενώ οι υπόλοιποι 43 ανθεκτικοί βιότυποι σε χώρες της Ανατολικής Ευρώπης (De Prado κ.ά., 1997).

Τα στοιχεία της διεθνούς βιβλιογραφίας δείχνουν ότι τα κυριότερα είδη ζιζανίων άλλων χωρών που έχουν ήδη αναπτύξει ανθεκτικούς βιοτύπους στα ζιζανιοκτόνα περιλαμβάνονται και μεταξύ των συχνότερα απαντώμενων ειδών ζιζανίων στα καλλιεργούμενα φυτά της χώρας μας, ενώ τα ζιζανιοκτόνα στα οποία αναπτύχθηκε η ανθεκτικότητά τους είναι από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα και στην Ελλάδα (Πίνακες 1.1, 1.2) (Devine κ.ά., 1993' Mortimer, 1993' Singh κ.ά., 1996. Brar και Singh, 1997' De Prado κ.ά., 1997' Devine, 1997' Pratley κ.ά., 1999' Rubin, 1997' Ryan και Mills, 1997' Smeda και Vaughn, 1997. Sleda κ.ά., 1997).

Πίνακας 1.1 Τα κυριότερα είδη αγρωστωδών ζιζανίων	
Είδη αγρωστωδών ζιζανίων	Ζιζανιοκτόνα
<i>Lolium rigidum</i>	diclofop, tralkoxydim, chlorsulfuron, sethoxydim, fluazifop, haloxyfop, glyphosate
<i>Avena sterillis</i>	diclofop, tralkoxydim, sethoxydim
<i>Avena fatua</i>	diclofop, fenoxaprop, tralkoxydim, sethoxydim
<i>Alopecurus myosuroides</i>	chlorotoluron, isoproturon, diclofop, clodinafop, fenoxaprop, fluazifop, sethoxydim, tralkoxydim
<i>Phalaris minor</i>	isoproturon, diclofop, fenoxaprop, sethoxydim
<i>Echinochloa crus-galli</i>	propanil, quinclorac
<i>Setaria viridis</i>	trifluralin, sethoxydim, fluazifop, haloxyfop, fenoxaprop, quizalofop, diclofop, tralkoxydim
<i>Sorghum halepense</i>	fluazifop, quizalofop, fenoxaprop, sethoxydim

<b>Πίνακας 1.2 Μερικές από τις σπουδαιότερες ομάδες ζιζανιοκτόνων με τα κυριότερα είδη ζιζανίων που ανέπτυξαν ανθεκτικότητα</b>	
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	<b>Είδη ζιζανίων</b>
Αρυλοξυφαινο- -ξυαλκάνοικα Κυκλοεξανδιόνες	<i>Lolium rigidum, Lolium multiflorum, Avena sterilis, Avena fatua, Alopecurus myosuroides, Phalaris minor, Echinochloa crus-galli, Setaria viridis, Sorghum halepense, Digitaria sanguinalis</i>
Σουλφονουλορίες	<i>Stellaria media, Lactuca serriola, Kochia scoparia, Alisma plantago-aquatica, Papaver rhoeas, Bilderdykia convolvulus, Sonchus oleraceus, Conyza spp., Amaranthus spp., Lolium rigidum</i>
Τριαζίνες	<i>Solanum nigrum, Chenopodium album, Chenopodium polyspermum, Amaranthus hybridus, Senecio vulgaris, Conyza Canadensis, Stellaria media, Sonchus asper, Bilderdykia convolvulus, Polygonum persicaria, Polygonum lapathifolium</i>
Διπυριδίλια	<i>Conyza canadensis, Epilobium ciliatum, Poa annua, Lolium perenne, Solanum nigrum, Hordeum spp</i>
Φαινοξυαλκανοικα	<i>Stellaria media, Cirsium arvense, Papaver rhoeas</i>
Δινιτροανιλίνες	<i>Setaria viridis, Eleusine indica, Amaranthus palmeri</i>

## 1.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Η ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να οφείλεται σε φυσιολογικούς ή/και βιοχημικούς μηχανισμούς των φυτών. Οι σπουδαιότεροι από τους φυσιολογικούς μηχανισμούς είναι 1) η μείωση του ρυθμού απορρόφησης του ζιζανιοκτόνου,

2) η μείωση του ρυθμού μετακίνησης, 3) η αδρανοποίηση (σχηματισμός συμπλόκου, προσρόφηση στα κυτταρικά συστατικά), 4) η τροποποίηση στην ενδοκυτταρική κατανομή. Οι κυριότεροι βιοχημικοί μηχανισμοί των ζιζανίων που εξηγούν την ανθεκτικότητά τους στα ζιζανιοκτόνα είναι 1) η παρουσία ενζύμων που μεταβολίζουν τα ζιζανιοκτόνα, 2) η υπερπαραγωγή ενζύμων που αποτελούν θέσεις δράσης των ζιζανιοκτόνων, 3) η τροποποίηση της θέσης δράσης των ζιζανιοκτόνων (μείωση συγγένειας μεταξύ ενζύμου και ζιζανιοκτόνου ή μείωση της ευαισθησίας του ενζύμου στο ζιζανιοκτόνο) (Dekker και Duke, 1995' Powles κ.ά., 1997). Το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθεκτικών ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα οφείλουν την ανθεκτικότητά τους κυρίως στην τροποποίηση (μετάλλαξη) της θέσης δράσης των ζιζανιοκτόνων και δευτερευόντως σε άλλους μηχανισμούς (Devine κ.ά., 1993' Devine, 1997' Gasquez, 1997' Gronwald, 1997' Saari και Maxwell, 1997. Smeda και Vaughn 1997).

Η ανθεκτικότητα που οφείλεται σε μετάλλαξη της θέσης δράσης δεν εμφανίζεται σε όλες τις ομάδες των ζιζανιοκτόνων που έχουν την ίδια θέση δράσης (μηχανισμός δράσης), ούτε και σε όλα τα ζιζανιοκτόνα της ίδιας ομάδας. Διαφορές ανθεκτικότητας μεταξύ ζιζανιοκτόνων που έχουν ίδια θέση δράσης παρατηρούνται αν αυτά (ζιζανιοκτόνα) έχουν περισσότερες από μία θέσεις δράσης στα ζιζάνια ή όταν διαφέρουν τα σημεία σύνδεσής τους με την ίδια θέση δράσης. Ειδικότερα το τελευταίο παρατηρήθηκε σε ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στις ομάδες των τριαζινών, φαινυλουριών, τριαζινονών, ουρακιλών και φαινυλοκαρβαμιδικών.

Ο μηχανισμός δράσης των ζιζανιοκτόνων αυτών, σύμφωνα με τους Devine Κ.ά. (1993) και Gronwald (1997), είναι η αναστολή της ροής των ηλεκτρονίων στο PS II της φωτοσύνθεσης.



Αυτό συμβαίνει μετά από σύνδεσή τους με την πρωτεΐνη D<sub>1</sub> και ειδικότερα με το σημείο (θέση) σύνδεσής τους με την πλαστοκινόνη Q<sub>b</sub> η οποία, σε κανονικές συνθήκες φωτοσύνθεσης, δέχεται ηλεκτρόνια από τα μόρια της χλωροφύλλης και ανάγεται στη συνέχεια σε ημικινόνη και πλαστοϋδροκινόνη.

Όταν όμως ένα από τα προαναφερθέντα ζιζανιοκτόνα καταλαμβάνει τη θέση της πλαστοκινόνης Q<sub>b</sub> τότε τα μόρια της χλωροφύλλης δεν αποδίδουν τα ηλεκτρόνια αλλά αντιδρούν με το οξυγόνο και παράγεται μία ενεργός μορφή του (O<sub>2</sub><sup>•</sup>), η οποία προκαλεί στη συνέχεια οξειδωτικές αντιδράσεις που οδηγούν στη νέκρωση των φυτών. Μία όμως μετάλλαξη στην πρωτεΐνη D<sub>1</sub> μπορεί να προκαλέσει τροποποίηση στα σημεία σύνδεσής της με ζιζανιοκτόνα της μιας μόνον από τις προαναφερθείσες ομάδες ή διαφορετικό βαθμό τροποποίησης των σημείων σύνδεσής της με ζιζανιοκτόνα όλων των ομάδων. Στην πρώτη περίπτωση, όπου τα σημεία σύνδεσης μεταξύ ζιζανιοκτόνων και πρωτεΐνης D<sub>1</sub> είναι διαφορετικά, η μεταλλαγμένη πρωτεΐνη D<sub>1</sub> προκαλεί ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα μιας ομάδας όχι όμως και σε ζιζανιοκτόνα άλλης ομάδας. Αυτό άλλωστε επιβεβαιώνεται και από τα δεδομένα των Powles και Preston (1995), τα οποία δείχνουν ότι οι ανθεκτικοί βιότυποι των ζιζανίων *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Senecio vulgaris* και *Conyza spp.* στο ζιζανιοκτόνο *atrazine* (τριαζίνες) ήταν ευαίσθητοι στο *diuron* (φαινυλουρίες) (Πίνακας 1.3).

Πίνακας 1.3 Δείκτης ανθεκτικότητας τεσσάρων ζιζανίων σε δυο ομάδες ζιζανιοκτόνων με ίδια θέση δράσης (Powles και Preston, 1995)		
Είδη ζιζανίων	Δείκτης ανθεκτικότητας I <sub>50</sub> (R/S)*	
	Τριαζίνες (atrazine)	Παράγωγα ουρίας ( diuron)
<i>Amaranthus retroflexus</i>	1000	1.4
<i>Chenopodium album</i>	1300	1.2
<i>Senecio vulgaris</i>	890	1.6
<i>Coryza spp.</i>	407	1.1
* Ο λόγος της συγκέντρωσης του ζιζανιοκτόνου που προκαλεί μείωση της ανάπτυξης των φυτών του ανθεκτικού βιότυπου (R ) κατά 50% προς εκείνη που απαιτείται για τον ευαίσθητο βιότυπο (S).		

Αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση, όπου τα σημεία σύνδεσης των διαφόρων ομάδων ζιζανιοκτόνων με την πρωτεΐνη D<sub>1</sub> επικαλύπτονται μερικώς (διαφορετικό βαθμό τροποποίησης), η μεταλλαγμένη πρωτεΐνη D<sub>1</sub> παρέχει διαφορετικό βαθμό ανθεκτικότητας στα διάφορα ζιζανιοκτόνα. Αυτό άλλωστε επιβεβαιώνουν και τα δεδομένα των Devine κ.ά. (1993), τα οποία δείχνουν ότι ορισμένοι βιότυποι ζιζανίων ήταν πιο ανθεκτικοί στα ζιζανιοκτόνα της ομάδας των τριαζινών από ότι σε εκείνα των ομάδων των φαινιλουριών, τριαζινονών, ουρακιλών και φαινυλοκαρβαμιδικών (Πίνακας 1.4). Ειδικότερα για τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας των τριαζινών, ο δείκτης ανθεκτικότητας των βιοτύπων αυτών ήταν 10 μέχρι 1300 φορές μεγαλύτερος από ότι στα ζιζανιοκτόνα της ομάδας των φαινιλουριών.

<b>Πίνακας 1.4 Δείκτης ανθεκτικότητας διαφόρων ζιζανίων σε 5 ομάδες ζιζανιοκτόνων με ίδια θέση δράσης (Devine κ.α., 1993)</b>	
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	<b>Δείκτης ανθεκτικότητας I<sub>50</sub> (R/S)*</b>
Τριαζίνες	100-1300
Τριαζινόνες	10-100
Φαινιλουρίες	1-50
Ουρακίλες	10-125
Φαινυλοκαρβαμιδικά	10-50
* Ο λόγος της συγκέντρωσης του ζιζανιοκτόνου που προκαλεί μείωση της ανάπτυξης των φυτών του ανθεκτικού βιότυπου (R) κατά 50% προς εκείνη που απαιτείται για τον ευαίσθητο βιότυπο	

Οι βιότυποι μερικών ζιζανίων μπορεί να είναι ανθεκτικοί σε περισσότερα από ένα ζιζανιοκτόνα, τα οποία ανήκουν στην ίδια ή σε διαφορετικές ομάδες αλλά έχουν ίδια θέση δράσης. Η ανθεκτικότητα αυτής της μορφής είναι γνωστή ως σταυροανθεκτικότητα (cross resistance) και οφείλεται σε κάποιο μηχανισμό που ελέγχεται από ένα ή περισσότερα γονίδια (Shaner, 1997).

Η σταυροανθεκτικότητα μπορεί να οφείλεται μετάλλαξη (τροποποίηση) της θέσης δράσης (target site cross-resistance) ή σε μειωμένη απορρόφηση, μειωμένη μετακίνηση ή αδρανοποίηση των ζιζανιοκτόνων, επιτάχυνση της διάσπασής (μεταβολισμού) τους, διαφορές στην ενδοκυτταρική κατανομή τους ή σε διαφορές ως προς την ταχύτητα αποκατάστασης της ζημιάς που προκαλείται από τα ζιζανιοκτόνα. Η ανθεκτικότητα που οφείλεται σε μετάλλαξη (τροποποίηση) της θέσης δράσης ενός ζιζανιοκτόνου, μπορεί ταυτόχρονα να παρέχει σταυροανθεκτικότητα και σε άλλα ζιζανιοκτόνα (που δεν είχαν χρησιμοποιηθεί προηγουμένως), τα οποία ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες αλλά έχουν ίδια θέση δράσης.

Για παράδειγμα, μία μετάλλαξη (τροποποίηση) στο ένζυμο ακέτυλο-CoA καρβοξυλάση (ACCase, ένζυμο κλειδί στη διαδικασία βιοσύνθεσης λιπών) κάποιων ζιζανίων συνέβαλε στην ανάπτυξη ταυτόχρονης ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα των ομάδων αρυλοξυφαινοξυαλκανοϊκών και κυκλοεξανδίων (Πίνακας 1.5) (Devine, 1997). Επίσης, μία μετάλλαξη στο ένζυμο οξεικογαλακτική συνθετάση (ALS ή AHAS, ένζυμο απαραίτητο για τη βιοσύνθεση των αμινοξέων βαλίνης, λευκίνης, ισολευκίνης) ορισμένων ζιζανίων προκάλεσε ανάπτυξη ταυτόχρονης ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα των ομάδων σουλφονουριών και ιμαδαζολινονών (Πίνακας 1.6) (Saari και Maxwell, 1997). Τέλος, μία μετάλλαξη της πρωτεΐνης D<sub>1</sub> συνέβαλε στην ανάπτυξη ταυτόχρονης αλλά διαφορετικού βαθμού ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα των ομάδων τριαζινών, φαινυλουριών, τριαζινονών, ουρακιλών και φαινυλοκαρβαμιδικών (Πίνακας 1.4) (Devine κ.ά., 1993' Gronwald, 1997).

<b>Πίνακας 1.5 Δείκτης ανθεκτικότητας 4 ζιζανίων σε 2 ζιζανιοκτόνα διαφορετικών ομάδων με ίδια θέση δράσης (Powles και Preston, 1995)</b>		
<b>Είδη ζιζανίων</b>	<b>Δείκτης ανθεκτικότητας I<sub>50</sub> (R/S)*</b>	
	<b>Αρυλοξυφαινοξυαλκανοϊκα (diclofop)</b>	<b>Κυκλοεξανδιόνες (sethoxydim)</b>
<i>Avena fatua</i>	10	14
<i>Avena sterillis</i>	52	8
<i>Lolium rigidum</i>	85	3
<i>Lolium multiflorum</i>	28	1

\* Ο λόγος της συγκέντρωσης του ζιζανιοκτόνου που προκαλεί μείωση της ανάπτυξης των φυτών του ανθεκτικού βιότυπου (R) κατά 50% προς εκείνη που απαιτείται για τον ευαίσθητο βιότυπο (S)

Ορισμένοι βιότυποι ζιζανίων μπορεί να είναι ταυτόχρονα ανθεκτικοί σε περισσότερα από ένα ζιζανιοκτόνα, τα οποία ανήκουν σε ομάδες με διαφορετική θέση δράσης. Η ανθεκτικότητα αυτής της μορφής είναι γνωστή ως πολλαπλή ανθεκτικότητα (multiple resistance) και οφείλεται σε διάφορους μηχανισμούς που ελέγχονται από πολλά γονίδια (Shaner, 1997' Tardif κ.ά., 1997).

<b>Πίνακας 1.6 Δείκτης ανθεκτικότητας 4 ζιζανίων σε 2 ζιζανιοκτόνα διαφορετικών ομάδων με ίδια θέση δράσης (Powles και Preston, 1995)</b>		
<b>Είδη ζιζανίων</b>	<b>Δείκτης ανθεκτικότητας I<sub>50</sub> (R/S)*</b>	
	<b>Σουλφονουρίες (chlorsulfuron)</b>	<b>Ιμιδαζολιόνες (imazapyr)</b>
<i>Kochia scoparia</i>	18	6
<i>Lolium rigidum</i>	32	8
<i>Sonchus oleraceus</i>	13	3
<i>Stellaria media</i>	13	2

\* Ο λόγος της συγκέντρωσης του ζιζανιοκτόνου που προκαλεί μείωση της ανάπτυξης των φυτών του ανθεκτικού βιότυπου (R) κατά 50% προς εκείνη που απαιτείται για τον ευαίσθητο βιότυπο (S)

### **1.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Το είδος της ανθεκτικότητας (απλή, σταυροανθεκτικότητα, πολλαπλή ανθεκτικότητα και η ταχύτητα ανάπτυξης της επηρεάζεται από παράγοντες του ζιζανίου και του ζιζανιοκτόνου (Κωτούλα-Συκά, 1996). Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που έχουν σχέση με το ζιζάνιο είναι:

- 1) ο αριθμός των αλληλομόρφων γονιδίων που ελέγχουν την ανθεκτικότητα,
- 2) η συχνότητα των αλληλομόρφων γονιδίων ανθεκτικότητας στο φυσικό πληθυσμό,

- 3) ο τρόπος κληρονόμησης των αλληλομόρφων γονιδίων ανθεκτικότητα,
- 4) ο τρόπος επικονίασης των ζιζανίων,
- 5) η ικανότητα των ζιζανίων σε παραγωγή οργάνων αναπαραγωγής,
- 6) η προσαρμοστικότητα των ανθεκτικών έναντι των ευαίσθητων βιοτύπων των ζιζανίων (Gasquez, 1997).

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη ανθεκτικότητας των ζιζανίων και έχουν σχέση με το ζιζανιοκτόνο είναι:

- 1) η δόση εφαρμογής του (ένταση της πίεσης επιλογής),
- 2) η συχνότητα εφαρμογής του (διάρκεια της πίεσης επιλογής),
- 3) η υπολειμματική του διάρκεια (διάρκεια της πίεσης επιλογής),
- 4) ο μηχανισμός δράσης του (απλός = ένα ένζυμο = ένα γονίδιο ή σύνθετος = πολλά γονίδια).

Ο τρόπος επικονίασης και η ικανότητα παραγωγής ενός ζιζανίου σε όργανα αναπαραγωγής είναι οι σημαντικότεροι από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το είδος της ανεκτικότητας, αλλά κυρίως την ταχύτητα ανάπτυξής της.

Τα διεθνή δεδομένα δείχνουν ότι τα αυτογονιμοποιούμενα είδη έχουν μικρότερη πιθανότητα και βραδύτερο ρυθμό ανάπτυξης σταυροανθεκτικότητας ή πολλαπλής ανθεκτικότητας από ότι τα σταυρογονιμοποιούμενα είδη. Αυτό οφείλεται στην αδυναμία των ειδών αυτών (φυτά σπανίως σταυρεπικονιαζόμενα) να μεταφέρουν (με τη γύρη) πολλά γονίδια (τα οποία ελέγχουν περισσότερους από ένα μηχανισμούς ανθεκτικότητας) σε ορισμένους απογόνους τους. Αντίθετα, στα σταυρογονιμοποιούμενα είδη, η σταυρεπικονίαση μεταξύ των ατόμων συντελεί στην ταχεία συσσώρευση γονιδίων με διαφορετικούς μηχανισμούς ανθεκτικότητας σε ορισμένα άτομα και κατ' επέκταση στην επίσπευση του χρόνου εμφάνισης βιοτύπων με σταυροανθεκτικότητα ή πολλαπλή ανθεκτικότητα.

Τα ζιζάνια *Lolium* Spp., *Chenopodium* Spp., *Amaranthus* Spp. και *Kochia scoperia*, τα οποία ανέπτυξαν σε σύντομο χρονικό διάστημα απλή ανθεκτικότητα (σε ένα ζιζανιοκτόνο), σταυροανθεκτικότητα ή πολλαπλή ανθεκτικότητα, ανήκουν στα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά και επιπρόσθετα χαρακτηρίζονται από μεγάλη ικανότητα παραγωγής σε όργανα αναπαραγωγής (Gressel, 1997' Tardif κ.ά., 1997).

Ειδικότερα το *Lolium* spp. έχει ήδη αναπτύξει βιότυπους με πολλαπλή ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στις ομάδες των αρυλοξυφαινοξυαλκανοϊκών, κυκλοεξανδίων, σουλφονουριών, μιδαζολινονών, δινιτροανιλινών, τριαζιनों, παραγώγων ουρίας, χλωροακεταμιδίων, καρβαμιδικών και τριαζινοनों (Tardif κ.ά., 1997).

Η πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικών βιοτύπων ενός ζιζανίου στα ζιζανιοκτόνα είναι μεγαλύτερη όταν:

- 1) ο μηχανισμός ανθεκτικότητας ελέγχεται από ένα γονίδιο
- 2) η συχνότητα εμφάνισης των αλληλομόρφων γονιδίων ανθεκτικότητας στο φυσικό πληθυσμό είναι μεγάλη
- 3) η κληρονόμηση του μηχανισμού ανθεκτικότητας ελέγχεται από κυρίαρχο γονίδιο ή κυτοπλασμικά
- 4) το ζιζάνιο είναι σταυρογονιμοποιούμενο
- 5) η ικανότητα του ζιζανίου για παραγωγή οργάνων αναπαραγωγής είναι μεγάλη
- 6) η προσαρμοστικότητα των ανθεκτικών βιοτύπων του ζιζανίου είναι μεγαλύτερη από εκείνη των ευαίσθητων βιοτύπων
- 7) η πίεση επιλογής εναντίον των βιοτύπων του ζιζανίου είναι συνεχής (επαναλαμβανόμενη εφαρμογή του ίδιου ζιζανιοκτόνου ή ζιζανιοκτόνων με μεγάλη υπολειμματική διάρκεια) και υψηλή (ζιζανιοκτόνο πολύ δραστικό)
- 8) η θέση δράσης του ζιζανιοκτόνου ελέγχεται από ένα μόνο γονίδιο (Gasquez, 1997).

Ειδικότερα το τελευταίο επιβεβαιώνεται και από τα δεδομένα του Gressel (1997), τα οποία δείχνουν ότι τα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στις ομάδες των αρυλοξυφαινοξυαλκανοϊκών, κυκλοεξανδίων, σουλφονουλουριών και μιδαζολινονών, που έχουν απλή θέση δράσης (αναστέλλουν τη δράση ενζύμων), χαρακτηρίζονται από μέτρια μέχρι υψηλή πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικών βιοτύπων των ζιζανίων. Αντίθετα, τα υπόλοιπα ζιζανιοκτόνα, που έχουν μηχανισμό δράσης που ελέγχεται από περισσότερα γονίδια, χαρακτηρίζονται από χαμηλή μέχρι μέτρια πιθανότητα πρόκλησης για ανάπτυξη ανθεκτικών βιοτύπων των ζιζανίων (Πίνακας 1.7). Εξαίρεση, στον κανόνα που προαναφέρθηκε, αποτελεί η περίπτωση του ζιζανιοκτόνου glyphosate, το οποίο χαρακτηρίζεται από χαμηλή πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικών βιοτύπων των ζιζανίων, αν και η θέση δράσης του ελέγχεται από ένα μόνο γονίδιο (αναστέλλει τη δράση του ενζύμου EPSPS, απαραίτητο για τη βιοσύνθεση των αρωματικών αμινοξέων φαινυλαλανίνης, τυροσίνης και τρυπτοφάνης (Devine κ.ά., 1993' Pratley κ.ά., 1999)).

#### **1.4 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Η διάγνωση και επιβεβαίωση της ανάπτυξης ανθεκτικών βιοτύπων ενός ζιζανίου σε ένα ή περισσότερα ζιζανιοκτόνα είναι μία διαδικασία που απαιτεί ειδικές γνώσεις, είναι αρκετά χρονοβόρα, επίπονη και συχνά πολύ δαπανηρή. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η διαπίστωσή της προϋποθέτει συλλογή στοιχείων από τους αγρούς, αλλά και διεξαγωγή πολλών πειραμάτων στον αγρό και στο θερμοκήπιο (ελεγχόμενες συνθήκες).



Η διαδικασία διάγνωσης της ανάπτυξης ανθεκτικών βιοτύπων ενός ζιζανίου σε ένα ή περισσότερα ζιζανιοκτόνα, σύμφωνα με την επιστημονική εταιρεία που έχει συσταθεί για τη μελέτη και αντιμετώπιση των ανθεκτικών βιοτύπων των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα (HRAC, 1992), περιλαμβάνει τη συλλογή στοιχείων δια μέσου της σύνταξης ενός ερωτηματολογίου με τα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποια ήταν η δόση εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου (ήταν η συνιστώμενη);
- Πότε έγινε η εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου (στάδιο ζιζανίου);
- Ποιος ήταν ο όγκος του ψεκαστικού υγρού κατά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου (ήταν ο συνιστώμενος);
- Ποια ήταν η επιφανειοδραστική ουσία που χρησιμοποιήθηκε κατά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου (ήταν η συνιστώμενη);
- Τι είδους ψεκαστικού μηχανήματος χρησιμοποιήθηκε κατά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου (ήταν το συνιστώμενο);
- Τι είδους μηχανήματος χρησιμοποιήθηκε για την ενσωμάτωση του ζιζανιοκτόνου και σε ποιο βάθος εδάφους έγινε η ενσωμάτωση (ήταν τα συνιστώμενα);
- Ποιες ήταν οι κλιματολογικές συνθήκες πριν, κατά ή μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου (ευνοϊκές);
- Πόσα είδη ζιζανίων δεν καταπολεμήθηκαν αποτελεσματικά;
- Σε ποια κατηγορία (ευαίσθητα ή ανθεκτικά, σύμφωνα με την ετικέτα) ανήκουν τα είδη των ζιζανίων που δεν καταπολεμήθηκαν αποτελεσματικά;
- Πότε εμφανιστήκαν τα φυτά των ζιζανίων που δεν καταπολεμήθηκαν αποτελεσματικά (πριν ή μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου);
- Ποιος ήταν ο τρόπος κατανομής των υποτιθέμενων ανθεκτικών φυτών του ζιζανίου στον αγρό μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου;

- Πώς εμφανιστήκαν τα συμπτώματα τοξικότητας στα φυτά του ζιζανίου;

<b>Πίνακας 1.7 Πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικών βιοτύπων ενός ζιζανίου σε σχέση με τη θέση της δράσης των ζιζανιοκτόνων (Gressel, 1997)</b>		
<b>Ζιζανιοκτόνα</b>	<b>Θέση δράσης</b>	<b>Πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας</b>
Αρυλοξυφαινοξυαλκανοικά	ACCase	Μέτρια*
Κυκλοεξανδιόνες	ACCase	Μέτρια
Σουλφονουλουρίες	ALS	Μέτρια – Υψηλή
Ιμιδαζολίνονες	AHAS	Μέτρια- Υψηλή
Τριαζίνες	PS II	Χαμηλή - Μέτρια
Παράγωγα ουρίας	PS II	Χαμηλή -Μέτρια
Ουρακίλες	PS II	Χαμηλή -Μέτρια
Δινιτροανιλίνες	Tubulin	Χαμηλή
Χλωροακεταμίδια	Κυτταροδιαίρεση	Χαμηλή
Θειοκαρβαμιδικά	Βιοσύνθεση λιπών	Χαμηλή
Γλυκίνες (οργανοφωσφορικά)	EPSPS	Χαμηλή
Καρβαμιδικά	Άγνωστη	Χαμηλή
Διπυριδύλια	PSI	Χαμηλή
Φαινοξυαλκανοικά	Δράση αυξίνης	Χαμηλή
*Χρόνος (έτη) που απαιτείται για την ανάπτυξη της ανθεκτικότητας Χαμηλή (10 έτη), μέτρια (5-10 έτη), υψηλή (2-4 έτη)		

Η πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικών βιοτύπων του ζιζανίου στο υπό διερεύνηση ζιζανιοκτόνο είναι μεγάλη αν από τις απαντήσεις στα προηγούμενα ερωτήματα προκύπτει ότι η εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου έγινε στη συνιστώμενη δόση, στον κατάλληλο χρόνο, με τον κατάλληλο όγκο ψεκαστικού υγρού. με την προσθήκη της κατάλληλης επιφανειοδραστικής ουσίας (αν συνιστάται), με το κατάλληλο ψεκαστικό μηχάνημα, η ενσωμάτωσή του (αν συνιστάται) έγινε με το κατάλληλο μηχάνημα και στο συνιστώμενο βάθος. ενώ οι κλιματολογικές συνθήκες ήταν ευνοϊκές πριν, κατά και μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου.

Η πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας αυξάνεται αν 1 το ζιζάνιο που δεν καταπολεμήθηκε αποτελεσματικά ανήκει στα ευαίσθητα είδη (σύμφωνα με την ετικέτα), 2) τα ζιζάνια ήταν στον αγρό κατά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου, 3) ο τρόπος κατανομής των ζιζανίων στον αγρό και τα συμπτώματα τοξικότητας ήταν τέτοια που αποκλείουν την περίπτωση λάθους κατά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου.

Η HRAC (1992), εκτός από τα προαναφερθέντα στοιχεία, συνιστά τη συλλογή και επιπρόσθετων στοιχείων που προκύπτουν από τα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποιο ήταν το ιστορικό εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου ή άλλων ζιζανιοκτόνων με ίδιο μηχανισμό-τρόπο δράσης;
- Ποιο ήταν το ιστορικό της αποτελεσματικότητας του ζιζανιοκτόνου εναντίον των υποτιθέμενων ανθεκτικών βιοτύπων του ζιζανίου κατά τα τελευταία χρόνια;
- Ποια ήταν η αποτελεσματικότητα του ζιζανιοκτόνου εναντίον άλλων ζιζανίων;
- Ποια ήταν η γνώση σχετικά με την ύπαρξη ανθεκτικών βιοτύπων του ζιζανίου σε γειτονικούς αγρούς;

Η πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας ενισχύεται ακόμα περισσότερο αν τα νέα στοιχεία που προέκυψαν από τις απαντήσεις στα προαναφερθέντα ερωτήματα δείχνουν ότι το υπό διερεύνηση ζιζανιοκτόνο είχε χρησιμοποιηθεί για πάρα πολλά χρόνια στην υπό μελέτη περιοχή, και μάλιστα η αποτελεσματικότητά του κατά τα τελευταία χρόνια ήταν μειωμένη μόνον εναντίον του υποτιθέμενου για ανάπτυξη ανθεκτικότητας ζιζανίου.

Η επιβεβαίωση της ανάπτυξης ή μη ανθεκτικότητας γίνεται με συλλογή σπόρων από τα υποτιθέμενα ανθεκτικά ζιζάνια και διεξαγωγή πειραμάτων αποτελεσματικότητας του ζιζανιοκτόνου στο θερμοκήπιο και στον αγρό.

Ειδικότερα, στα πειράματα αυτά αξιολογείται η ευαισθησία των υπό διερεύνηση για πιθανή ανάπτυξη ανθεκτικών βιοτύπων του ζιζανίου σε σύγκριση πάντοτε με έναν ευαίσθητο βιότυπο του ίδιου ζιζανίου και σε διάφορες δόσεις του ζιζανιοκτόνου (μισή, συνιστώμενη, διπλάσια και τετραπλάσια της συνιστώμενης). Επιπρόσθετα, γίνονται και πειράματα μελέτης του μηχανισμού ή των μηχανισμών στους οποίους οφείλεται η ανθεκτικότητα του ζιζανίου, καθώς επίσης και πειράματα προσδιορισμού του αριθμού και του τρόπου κληρονομής των γονιδίων που ελέγχουν τους μηχανισμούς αυτούς.

## **1.5 ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Είναι προφανές, από όσα προαναφέρθηκαν, ότι μερικά από τα πιο κοινά ζιζάνια που απαντώνται στα καλλιεργούμενα φυτά της χώρας μας έχουν ήδη αναπτύξει (σε άλλες χώρες) ανθεκτικούς βιότυπους σε ορισμένα ζιζανιοκτόνα.

Μάλιστα αρκετά από τα ζιζανιοκτόνα αυτά αναπτύχθηκαν πρόσφατα και ανήκουν στις λιγότερο επιβλαβείς στον άνθρωπο και το περιβάλλον ομάδες ζιζανιοκτόνων (Ιμιδαζολινόνες, σουλφονουλουρίες, αρυλοξυφαινοξυαλκανοϊκά, κυκλοεξανδιόνες). Αυτό, όπως είναι φυσικό, επιβάλλει την άμεση λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση των βιοτύπων αυτών, αλλά κυρίως για τη μείωση της πιθανότητας ανάπτυξης νέων βιοτύπων των ίδιων ή άλλων ζιζανίων με ανθεκτικότητα στα ίδια ή σε άλλα ζιζανιοκτόνα.

Η πιθανότητα για ανάπτυξη νέων βιοτύπων ζιζανίων με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να μειωθεί μόνο με προγράμματα που έχουν ως στόχο τη διαχείριση (έλεγχο) και όχι την πλήρη εξάλειψη των ζιζανίων.

Τέτοια προγράμματα εφαρμόζονται ήδη διεθνώς και είναι γνωστά με τους όρους "Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Ζιζανίων (IWM, Integrated Weed Management)" , "Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Εχθρών (IPM, Integrated Pest Management)" , "Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παραγωγής (ICM, Integrated Crop Management)" , "Ολοκληρωμένη Παραγωγή (IP, Integrated Procluction)" , "Αειφορική Γεωργία (SA, Sustainable Agriculture)". Το πιο κοινό και σημαντικό γνώρισμα αυτών των προγραμμάτων είναι το γεγονός ότι η διαχείριση (έλεγχος) των ζιζανίων κατά τη διαδικασία παραγωγής γεωργικών προϊόντων δεν βασίζεται σε μία μόνο μέθοδο αλλά στη συνδυασμένη εφαρμογή των φιλικότερων στον άνθρωπο και το περιβάλλον μεθόδων. Σημαντική συμβολή στη μείωση της πιθανότητας για ανάπτυξη νέων βιοτύπων ζιζανίων με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να έχει Και η εφαρμογή μιγμάτων ζιζανιοκτόνων ή ακόμα και η εναλλαγή ζιζανιοκτόνων με διαφορετικό μηχανισμό δράσης στον ίδιο αγρό.

Η αντιμετώπιση των ανθεκτικών βιοτύπων (όπου και όταν εμφανιστούν) ενός ζιζανίου μπορεί να γίνει, σύμφωνα με τους Gill (1997), Moss (1997) και Powles κ.ά. (1997), με 1) εφαρμογή άλλων ζιζανιοκτόνων με διαφορετικό μηχανισμό δράσης. 2) εφαρμογή άλλης (μη χημικής) μεθόδου, 3) αμειψισπορά (εναλλαγή καλλιεργειών) που επιτρέπει την εφαρμογή άλλων ζιζανιοκτόνων ή και 4) καλλιέργεια γενετικά τροποποιημένων φυτών με ανθεκτικότητα σε ευρέος φάσματος ζιζανιοκτόνα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### Μια επισκόπηση των μηχανισμών ανθεκτικότητας στους αναστολείς του ένζυμου καρβοξυλάση του ακετυλο-συνενζύμου Α (acetyl-coenzyme a carboxylase)

Η ανθεκτικότητα στους αναστολείς του ενζύμου καρβοξυλάση του ακετυλο-συνένζυμου Α (Acetyl-Coenzyme A Carboxylase, ACCase) αναπτύχθηκε σε τουλάχιστον 10 είδη αγρωστωδών ζιζανίων κατά τα τελευταία έτη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ανθεκτικότητα προκαλείται από τροποποίηση του ενζύμου ACCase στους ανθεκτικούς βιότυπους, γεγονός που μειώνει την ευαισθησία στα αρυλοφαινοξυακλανοϊκά ζιζανιοκτόνα [aryloxyphenoxypropionate (AOPP)] καθώς και τα παράγωγα της κυκλοεξανδιόνης ή οξύμες [cyclohexanedione (CHD)]. Η ανάλυση του ACCase από πολλά εξ αυτών των ανθεκτικών βιότυπων ζιζανίων υποδηλώνει την παρουσία διαφόρων μεταλλάξεων, η καθεμία εκ των οποίων 'εκχωρεί' και διαφορετικό σχήμα και επίπεδο ανθεκτικότητας σε διάφορα ζιζανιοκτόνα AOPP και CHD. Σε όλες τις περιπτώσεις που έχουν αναλυθεί έως σήμερα, η ανθεκτικότητα ελέγχεται από ένα μοναδικό κυρίαρχο ή ημι-κυρίαρχο πυρηνικό γονίδιο. Σε διάφορους βιότυπους ζιζανίων, η ανθεκτικότητα προκύπτει από αυξημένη αποικοδόμηση (αποτοξίκωση) των ζιζανιοκτόνων, πρωταρχικά μέσω αυξημένης έκφρασης ή δραστηριότητας των μονοοξυγενασών του κυτοχρώματος P450 cytochrome P450 monooxygenase(s). Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να εκχωρήσει διασταυρούμενη αντοχή σε ζιζανιοκτόνα που ανήκουν σε άλλες χημικές ομάδες με διαφορετικούς τρόπους δράσης.

Τέλος, η πολλαπλή ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα, η ανάπτυξη διαφορετικών μηχανισμών αντοχής, έχει καταγραφεί σε ορισμένους βιότυπους ζιζανίων.

## 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δύο κατηγορίες ζιζανιοκτόνων, τα αρυλοξαινοφυαλκανοϊκά (AOPP) και τα παράγωγα της κυκλοεξανδιόνης ή οξύμες (CHD) αναστέλλουν το πλαστιδιακό ένζυμο καρβοξυλάση του ακετυλο-συνένζυμου Α (plastidic enzyme acetyl-coenzyme A carboxylase ACCase) (Burton et al 1987, Kobek et al, 1988, Rendina et al, 1988). Το ACCase αποτελεί ένζυμο κλειδί στην βιοσύνθεση των λιπαρών οξέων, καταλύοντας την συμπύκνωση του acetyl-CoA με το διττανθρακικό για να σχηματιστεί το malonate στο πρώτο σταθερό βήμα σε αυτό το μεταβολικό μονοπάτι. Οι αναστολείς ACCase χρησιμοποιούνται εκλεκτικά σε καλλιέργειες δικοτυλήδων (πλατύφυλλων) φυτών για την καταπολέμηση πολλών αγρωστωδών ζιζανίων. Η εκλεκτικότητα αυτή βασίζεται στην υψηλή ευαισθησία του ACCase των αγρωστωδών φυτών στα ζιζανιοκτόνα αυτά, σε αντίθεση με την χαμηλή ευαισθησία του ενζύμου ACCase στα δικοτυλήδονα φυτά. Επιπρόσθετα, τα ζιζανιοκτόνα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ορισμένες καλλιέργειες δημητριακών. Στην περίπτωση αυτή, η εκλεκτικότητα βασίζεται σε ενισχυμένη αποικοδόμηση (αποτοξίκωση) των ζιζανιοκτόνων στις καλλιέργειες αγρωστωδών ειδών που εμφανίζουν ανεκτικότητα σε αυτές τις δραστικές ουσίες. Τέλος, αρκετά είδη ζιζανίων (*Festuca rubra* L., *F. ovina* L. και *F. amethystina* L.) είναι ανεκτικά στα ζιζανιοκτόνα AOPP και CHD εξαιτίας της παρουσίας μη ευαίσθητης μορφής του ενζύμου καρβοξυλάση του ακετυλο-συνένζυμου Α (ACCase). Η ανθεκτική μορφή του ACCase στα αγρωστώδη αυτά ζιζάνια δεν έχει χαρακτηριστεί έως σήμερα.

## 2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΝΑΣΤΟΛΕΙΣ ΤΟΥ ΕΝΖΥΜΟΥ ACCase

Από την εισαγωγή τους πριν από 20 σχεδόν χρόνια, τα ζιζανιοκτόνα που αναστέλλουν τη σύνθεση του ενζύμου καρβοξυλάση του ακετυλο-συνένζυμου Α (ACCcase) χρησιμοποιούνται ευρέως για τον έλεγχο πολλών ετήσιων και πολυετών αγρωστωδών ζιζανίων. Η επαναλαμβανόμενη χρήση των αναστολέων ACCcase στους ίδιους αγρούς για πολλά χρόνια οδήγησε στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα αυτά. Έως σήμερα, η αντοχή επιβεβαιώνεται σε τουλάχιστον 10 είδη ζιζανίων στην Ευρώπη, την Βόρεια και Κεντρική Αμερική, την Ευρασία και την Αυστραλία (Πίνακας 1). Αν και δεν υπάρχουν συστηματικές επισκοπήσεις σχετικά με την αντοχή στο ένζυμο ACCcase, μια συστηματική ανάλυση στην Μανιτόμπα, στον Καναδά σε μια περιοχή με ιστορικό επαναλαμβανόμενης χρήσης αναστολέων ACCcase ανέδειξε ότι 20 στους 30 αγρούς στους οποίους πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία κατά τη διάρκεια της έρευνας, περιείχαν ανθεκτικούς βιότυπους του είδους αγριοβρώμης *Avena fatua* L.



Πίνακας 1. Είδη στα οποία έχει αναπτυχθεί ανθεκτικότητα στους αναστολείς ACCase (από Devine, 1997).

Είδος	Τοποθεσίες
<i>Setaria viridis</i> *	Δυτικός Καναδάς
<i>Setaria faberi</i> *	Αιόβα, Ουισκόνσιν, ΗΠΑ
<i>Eleusine indica</i> *	Μαλαισία
<i>Avena fatua</i> *	Καναδάς, ΗΠΑ, Αυστραλία, Ηνωμένο Βασίλειο
<i>Avena sterilis</i> *	Αυστραλία, Ηνωμένο Βασίλειο
<i>Alopecurus myosuroides</i> *	Ηνωμένο Βασίλειο, Ισπανία, Γερμανία, Γαλλία
<i>Lolium rigidum</i> *	Αυστραλία, Ισπανία
<i>Lolium multiflorum</i> *	Όρεγκον - ΗΠΑ, Ηνωμένο Βασίλειο
<i>Digitaria sanguinalis</i> *	Ουισκόνσιν - ΗΠΑ
<i>Sorghum halepense</i> *	Μισισίπι - ΗΠΑ
<i>Echinochloa colona</i> *	Κόστα Ρίκα

\*Η ανθεκτικότητα προέρχεται από μειωμένη ευαισθησία του ενζύμου ACCase σε τουλάχιστον έναν βιότυπο του κάθε είδους.

### 2.3. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΝΑΣΤΟΛΕΙΣ ΤΟΥ ΕΝΖΥΜΟΥ ACCASE

#### Ανθεκτικότητα βάσει μειωμένης ευαισθησίας του ενζύμου ACCase

Στην πλειοψηφία των βιότυπων των ζιζανίων, η ανθεκτικότητα σε αναστολείς του ενζύμου ACCase προκαλείται από μειωμένη ευαισθησία του ενζύμου-στόχου στα ζιζανιοκτόνα αυτά (Devine and Shimabukuro, 1994; Devine and Eberlein, 1997). Αυτό συνήθως καταδεικνύεται από εξαγωγή και μερικό καθαρισμό του ενζύμου ACCase από νεαρό ιστό φύλλων, η οποία ακολουθείται από δοκιμή δραστηριότητας του ενζύμου παρουσία ενός εύρους συγκεντρώσεων του ζιζανιοκτόνου.

Τα αποτελέσματα δόσεων-αντιδράσεων (dose response results) από τις τυπικές δοκιμές του ACCase από ανθεκτικούς και ευαίσθητους βιότυπους των ειδών *Setaria faberi* Herrm. και *Eleusine indica* Gaertn., αναφέρονται στα σχεδιαγράμματα 1 και 2. Μια πληρέστερη περιγραφή της ευαισθησίας του ACCase διαφόρων ανθεκτικών βιότυπων ζιζανίων φαίνεται στον Πίνακα 2. Τα αποτελέσματα του Πίνακα 2 υποδεικνύουν ότι δύο ανθεκτικοί βιότυποι της πράσινης σετάριας (*Setaria viridis*) δεν είναι ισότιμα ανθεκτικοί σε όλα τα ζιζανιοκτόνα. Επιπρόσθετα, είναι ξεκάθαρο ότι οι δύο ανθεκτικοί βιότυποι δεν είναι ίδιοι, αλλά διαφέρουν στο επίπεδο της ανθεκτικότητας που επιδεικνύουν στα συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα. Για παράδειγμα, ο βιότυπος UM8 έχει συγκρίσιμο επίπεδο ανθεκτικότητας σε όλα τα ζιζανιοκτόνα που τέθηκαν υπό δοκιμή (η αναλογία ανθεκτικών/ευαίσθητων R/S ACCase I<sub>50</sub> κυμαίνεται από 30 έως 60), ενώ ο βιότυπος UM131 είναι πολύ ανθεκτικός στη δραστική ουσία sethoxydim, λιγότερο ανθεκτικός στις δραστικές ουσίες fenoxaprop και diclofop methyl και τέλος οριακά ανθεκτικός στο clethodim (Πίνακας 2).

Είναι πιθανό να συμβαίνουν διαφορετικές μεταλλάξεις στο ένζυμο ACCase που προέρχεται από τους δύο ανθεκτικούς βιότυπους, εκχωρώντας διαφορετικά σχέδια (patterns) ανθεκτικότητας σε διαφορετικά ζιζανιοκτόνα-αναστολείς του. Ένας τρίτος βιότυπος του είδους *S. viridis* (UM137) ήταν πανομοιότυπος με τον UM131, αλλά ήταν επίσης ανθεκτικό στα ζιζανιοκτόνα της ομάδας των δινιτροανιλινών (dinitroaniline). Στην περίπτωση αυτή είναι πιθανό η ανθεκτικότητα να αναπτύχθηκε αρχικά στα ζιζανιοκτόνα της ομάδας των δινιτροανιλινών και ότι επακόλουθη επιλογή με αναστολείς του ενζύμου ACCase να οδήγησε στην επιλογή φυτών με δεύτερη μετάλλαξη ανθεκτικότητας.

Επίσης, υψηλού επιπέδου ανθεκτικότητα στην οξύμη sethoxydim έχει ταυτοποιηθεί σε έναν βióτυπο του είδους *S. faberi*. Η ανθεκτικότητα στον βióτυπο αυτό μπορεί επίσης να αποδοθεί σε μειωμένη ευαισθησία του ενζύμου ACCase, παρόμοια με εκείνη που παρατηρείται στον βióτυπο του *S. viridis* (UM 131) (Σχεδιάγραμμα 1, Πίνακας 1). Η καρβοξυλάση του ακετελο-συνένζυμου Α (ACCase) από σειρά καλαμποκιού (*Zea mays* L.) που παρουσιάζει ανθεκτικότητα στο sethoxydim, η οποία είναι διαθέσιμη για γεωργική χρήση στις ΗΠΑ επί του παρόντος) είναι επίσης εξαιρετικά ανθεκτική στο sethoxydim και λιγότερο ανθεκτική σε άλλους αναστολείς ACCase, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι πιθανώς να φέρει παρόμοια μετάλλαξη ανθεκτικότητας (Marshall et al, 1992).

Η ευαισθησία του ενζύμου ACCase διαφόρων άλλων ανθεκτικών βióτυπων ζιζανίων φαίνεται στον Πίνακα 2. Ένας ανθεκτικός βióτυπος του ζιζανίου ελευσίνη (*E. indica*) αναπτύχθηκε στην Μαλαισία μετά από επαναλαμβανόμενη χρήση αναστολέων ACCase (Marshall et al, 1994). Το ACCase από τον βióτυπο αυτό ήταν πολύ ανθεκτικό στο fluazifop, το fenoxarop και το sethoxydim, και μόνο οριακά ανθεκτικό στο clethodim (τέσσερις φορές περίπου).

Δεν είναι ξεκάθαρο εάν αυτό το επίπεδο ανθεκτικότητας προσφέρει (αποδίδει) σημαντική ανθεκτικότητα στο επίπεδο ολόκληρου του φυτού. Η μεταχείριση με 50 g εκτάριο<sup>-1</sup> clethodim σε συνθήκες ελεγχόμενου περιβάλλοντος παρείχε πλήρη έλεγχο των ευαίσθητων και ανθεκτικών βióτυπων. Παρομοίως, η επέμβαση του ανθεκτικού βióτυπου του *S. faberi* με την συνήθη δόση εφαρμογής της δραστικής ουσίας clethodim παρείχε ικανοποιητικό έλεγχο του βióτυπου αυτού. Εν τούτοις, τα αναλυτικά στοιχεία δόσης-αντίδρασης δεν διατίθενται για κανένα από τους δύο ανθεκτικούς βιοτύπους.

Τα δύο είδη του γένους *Avena*, τα *A. fatua* L. και *A. sterilis* L. (που αναφέρονται κοινώς ως αγριοβρώμες) εμφανίζονται ως ζιζάνια γεωργικών καλλιεργειών σε εύκρατα κλίματα. Η ανθεκτικότητα στους αναστολείς του ενζύμου ACCase αναπτύχθηκε και στα δύο είδη στην Αυστραλία, τον Καναδά, τις ΗΠΑ και την Αγγλία, με τη μειωμένη ευαισθησία του ενζύμου ACCase σε διάφορα ζιζανιοκτόνα να αποτελεί τον κυρίαρχο μηχανισμό. Όπως και στα άλλα είδη στα οποία έχει αναπτυχθεί ανθεκτικότητα, οι ανθεκτικοί βιότυποι των ειδών του γένους *Avena* φαίνεται πως φέρουν διαφορετικές μεταλλάξεις του ενζύμου καρβοξυλάση του ακετυλο-συνένζυμου Α, επιφέροντας διαφορετικά επίπεδα ανθεκτικότητας στα αρυλοφαινοξυαλκανοϊκά ζιζανιοκτόνα, καθώς και τα παράγωγα της κυκλοεξανδιόνης (οξύμες) [AOPP και CHD] (Πίνακας 2).

Τα αρχικά αποτελέσματα με ένα βιότυπο ανθεκτικό στα AOPP (fops) και τα CHD (dims) του ζιζανίου *A. fatua* από τον Δυτικό Καναδά έδειξαν ότι η ανθεκτικότητα δεν προέκυψε από μειωμένη ευαισθησία στο ένζυμο ACCase (Devine et al, 1993). Εν τούτοις, η περαιτέρω έρευνα δεν μπόρεσε να αποκαλύψει ένα πειστικό μηχανισμό ανθεκτικότητας.

Πρόσφατα, εκ νέου εμπεριστατωμένη ανάλυση του ενζύμου ACCase, αυτού και άλλων βιότυπων αγριοβρώμης, *A. fatua*, έδειξε ότι η ανθεκτικότητα οφείλεται σε μειωμένη ευαισθησία ενζύμου-στόχου στα ζιζανιοκτόνα (Shukla et al, 1998). Φαίνεται πως οι συνθήκες εξαγωγής ενζύμων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στα αποτελέσματα που προκύπτουν και ότι η βελτιστοποίηση των συνθηκών εξαγωγής μπορεί να αποκαλύψει ανθεκτικές μορφές του ACCase οι οποίες μπορεί να είναι λανθάνουσες ή να τροποποιούνται όταν τα ένζυμα εξάγονται υπό διαφορετικές συνθήκες.

Επίσης, οι βέλτιστες συνθήκες για την εξαγωγή του ACCase φαίνεται πως διαφέρουν ανάλογα με τον βιότυπο. Οι βέλτιστες συνθήκες για έναν βιότυπο δεν αποκάλυψαν έλλειψη ευαισθησία του ενζύμου ACCase σε έναν δεύτερο βιότυπο, αλλά περαιτέρω τροποποίηση των συνθηκών εξαγωγής δεν αποκάλυψε ότι ο δεύτερος βιότυπος περιείχε επίσης ανθεκτική μορφή του ACCase (Shukla et al, 1998). Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν ότι πρέπει να δοθεί προσοχή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων των δοκιμών της καρβοξυλάσης του ακετυλο-συνένζυμου Α, ειδικά όταν τα αποτελέσματα δεν υποδεικνύουν καμία διαφορά ευαισθησίας μεταξύ των ανθεκτικών και των ευαίσθητων βιότυπων.

Πίνακας 2. Περίληψη της ευαισθησίας του ενζύμου ACCase από διαφόρους ανθεκτικούς βιότυπους ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα AOPP και CHR (από Devine, 1997)

R/S I <sub>50</sub> <sup>a</sup>							
Είδη	Βιότυπος	Fenoxaprop	Diclofop	Fluazifop	Sethoxydim	Talkoxydim	Clethodim
<i>Setaria viridis</i>	UM8	48.3	46.7		50.0	31.3	31
	UM131	6.9			423		2.4
<i>S. faberi</i>		3.0			192		5.7
<i>Avena fatua</i>	UM1	9.8	10.1		105	10.1	
	UM33	10.5	1.2		5.0	1.7	
<i>A. sterilis</i>	SAS 1	52		9.2	8.1	5.7	
<i>Lolium rigidum</i>	SLR 3		> 36.5	>2.9	7.8	> 9.5	
	SLR 31		6	55	26	14	
	WLR 96		> 217	> 6.9		6	
	VLR 69		29	4.3	1.2	1.0	
<i>L. multi-florum</i>			27.7		0.9		1.5
<i>Eleusine indica</i>		24.5		> 90	20.4		4.4
<i>Sorghum halepense</i>	Leland		6.7	15	4.7		1.7
<i>Alopecurus myosuroides</i>	Lincs	> 17	5.6	> 58	3.3	> 4.5	

\* ACCase I<sub>50</sub> για κάθε ζιζανιοκτόνο στον ανθεκτικό βιότυπο/ ACCase I<sub>50</sub> του ευαίσθητου βιότυπου

Η εντατική χρήση ζιζανιοκτόνων οδήγησε στην εκτεταμένη επιλογή βιότυπων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα στα είδη *Lolium rigidum* Gaud. και *L. multiflorum* Lam., πολλοί εκ των οποίων είναι ανθεκτικοί σε αναστολείς ACCase. Πολλοί από αυτούς έχουν χαρακτηριστεί, επιδεικνύοντας ότι η μειωμένη ευαισθησία του ενζύμου-στόχου αποτελεί ένα σημαντικό μηχανισμό πρόκλησης ανθεκτικότητας (Πίνακας 2).

Τέλος, έχει αναγνωριστεί ανθεκτικότητα βασιζόμενη στην εξειδικευμένη θέση δράσης-στόχο σε βιότυπους των ειδών αλεπονουρά (*Alopecurus myosuroides* Huds) και βέλιουρα (*Sorghum halepense* Pers.) προερχόμενων από τις ΗΠΑ (Obermeier et al, 1997).

Τα φυτά περιέχουν πολλαπλές μορφές του ACCase που διαφέρουν στην ευαισθησία τους στα ζιζανιοκτόνα. Για παράδειγμα, το καλαμπόκι περιέχει δυο ένζυμα ACCase τα οποία και είναι παρόμοια σε μοριακά μάζα (227 και 219 kD, αντίστοιχα) αλλά διαφέρουν στην σχέση τους για ορισμένα υποστρώματα (Egli et al, 1993). Το ACCase I είναι ευαίσθητο στις οξύμες haloxyfop και sethoxydim, ενώ το ACCase II δεν παρουσιάζει αντίστοιχη ευαισθησία. Παρόμοια, οι ευαίσθητοι βιότυποι του είδους πολύανθη ήρα (*L. multiflorum*) περιέχουν δύο ένζυμα ACCase, ένα εκ των οποίων είναι πολύ ευαίσθητο στο diclofop και το άλλο δεν παρουσιάζει ευαισθησία ( $I_{50}$  αποτιμάται σε 0.2 και > 125 $\mu$ M, αντίστοιχα) (Evenson et al, 1997). Ένας ανθεκτικός βιότυπος του *L. multiflorum* περιείχε επίσης δύο ACCase, αλλά το ACCase I στον ανθεκτικό βιότυπο R ήταν λιγότερο ευαίσθητο στην αναστολή που προκλήθηκε από το diclofop ( $I_{50}$  = 7.0 $\mu$ M). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν σε έναν ανθεκτικό βιότυπο καλλιεργούμενης αγριοβρώμης (*A. sativa*). Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν ότι η ανθεκτικότητα στους αναστολείς του ενζύμου ACCase σε αυτούς τους βιότυπους προκύπτει μέσω μειωμένης ευαισθησίας του ενζύμου ACCase I στα ζιζανιοκτόνα, η οποία αποτελεί την κυρίαρχη πλαστιδική μορφή του ενζύμου.

Μελέτες κληρονομικότητας έδειξαν ότι η ανθεκτικότητα που βασίζεται στα ACCase στα ζιζανιοκτόνα τύπου AOPP (fops) και CHD (dîms) καθορίζεται από ένα μοναδικό ημι-κυρίαρχο τυρηνικό γονίδιο, και ότι η ανθεκτικότητα, σε βióτυπους ζιζανίων που διαφέρουν στο σχήμα ('pattern') της ανθεκτικότητάς τους, σε διάφορα ζιζανιοκτόνα κωδικοποιείται στο ίδιο γονίδιο (Murray et al, 1996; Murray et al, 1996).

Οι μεταλλάξεις που προσδίδουν ανθεκτικότητα στους αναστολείς ACCase που βασίζεται εντοπισμένα στην εξειδικευμένη θέση δράσης των ζιζανιοκτόνων δεν έχουν ακόμα ταυτοποιηθεί. Εν τούτοις, είναι πιθανό οι έρευνες που εκπονούνται επί του παρόντος σε διάφορα εργαστήρια να αποκαλύψουν την ταυτότητα μιας οικογένειας εντοπισμένων μεταλλάξεων, εκ των οποίων η καθεμία να συνεισφέρει έναν συγκεκριμένο ανθεκτικό φαινότυπο. Τα αποτελέσματα πιθανώς να είναι ανάλογα με τις μεταλλάξεις που προκαλούνται στο ένζυμο οξεικογαλακτική συνθετάση (acetolactate synthase), όπου πολλές σημειακές μεταλλάξεις έχουν αναγνωριστεί, καθεμία από τις οποίες συνδέεται με ένα μοναδικό σχήμα εμφάνισης ανθεκτικότητας σε διαφορετικούς αναστολείς ALS (σουλφονουλουρίες, μιδαζολινόνες) (Devine and Eberlein, 1997). Στην περίπτωση του ενζύμου ACCase, φαίνεται πως ανθεκτικές μεταλλάξεις μπορούν να ομαδοποιηθούν ως εξής:

α) υψηλού επιπέδου ανθεκτικότητα στο sethoxydim, χαμηλή σε άλλα ζιζανιοκτόνα (πχ. *Setaria viridis* UM131, *S. faberi* και *A. fatua* UM1 στον Πίνακα 2)

β) υψηλού επιπέδου ανθεκτικότητα στο fluaziflor, χαμηλή σε άλλα ζιζανιοκτόνα (πχ. *L. rigidum* SLR31, *E. indica* και *A. myosuroides* βióτυπος Lincs στον Πίνακα 2)

γ) σχετικά υψηλού επιπέδου ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα AOPP, πολύ χαμηλή ή καθόλου στα ζιζανιοκτόνα CHD (πχ. *A. Fatua* UM33, *L. rigidum* VLR69 και *L. multiflorum* στον Πίνακα 2) και

δ) μία ή περισσότερες επιπρόσθετες μεταλλάξεις οι οποίες προκαλούν ενδιάμεσα επίπεδα ανθεκτικότητας σε διάφορα ζιζανιοκτόνα. Η σύγκριση των ακολουθιών του ACCase εντός και μεταξύ των ομάδων αυτών των ανθεκτικών βιότυπων και των ευαίσθητων βιότυπων θα οδηγήσει σε ταυτοποίηση των μεταλλάξεων οι οποίες επιφέρουν ('αποδίδουν') τα διάφορα σχήματα (patterns) ανθεκτικότητας.

#### **Ανθεκτικότητα βασιζόμενη σε αυξημένο μεταβολισμό των ζιζανιοκτόνων**

Ο αυξημένος μεταβολισμός των ζιζανιοκτόνων αποτελεί μηχανισμό ανθεκτικότητας στους αναστολείς ACCase σε διάφορους βιότυπους ζιζανίων, ειδικότερα στα είδη λεπτή ήρα (*L. rigidum*) και αλεπονουρά (*A. myosuroides*). Η ανθεκτικότητα σε αυτούς τους βιότυπους προκύπτει συχνά μέσω αυξημένης έκφρασης ή δραστηριότητας της/των μονοοξυγενάσης/ων του κυτοχρώματος P450, η οποία συχνά εμπλέκεται στην αρχική φάση του μεταβολισμού των ζιζανιοκτόνων αυτών στα φυτά. Η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα σε αυτούς τους βιότυπους μπορεί να πραγματοποιείται σε συνέργεια με συνεργιστικές ουσίες όπως τα piperonyl butoxide ή 1-aminobenzotriazole, οι οποίες δρουν αναστέλλοντας τη δράση των μονοοξυγονασών του φυτικού κυτοχρώματος (Cyt) P450. Ανάλογα με τις μορφές του cyt P450 που εμπλέκονται, ο μηχανισμός αυτός μπορεί επίσης να προκαλέσει την εκδήλωση ανθεκτικότητας σε δραστικές ουσίες των χημικών ομάδων σουλφονουριών, παραγώγων ουρίας, s-τριαζινών και παραγώγων κυκλοεξανδίων σε έναν και μόνο βιότυπο λεπτής ήρας (*L. rigidum*) (Preston et al, 1996).



Πρόσφατα, έχουν αναγνωρισθεί αρκετοί επιπρόσθετοι βιότυποι ζιζανίων, οι οποίοι είναι ανθεκτικοί σε έναν ή περισσότερους αναστολείς του ενζύμου ACCase και παρουσιάζουν διασταυρούμενη ανθεκτικότητα σε άλλα ζιζανιοκτόνα με διαφορετικούς τρόπους δράσης (πχ. οι βιότυποι των ειδών *A. fatua* και *Echinochloa colona* (L.) Link.).

Αν και δεν έχει προκύψει ακόμα καμία απόδειξη, είναι πιθανό η ανθεκτικότητα στους βιότυπους αυτούς να προκαλείται λόγω αυξημένου μεταβολισμού στις διάφορες χημικές ομάδες ζιζανιοκτόνων.

#### 2.4. ΑΛΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Παλαιότερες έρευνες σχετικά με την ανθεκτικότητα των αναστολέων ACCase σε έναν βιότυπο λεπτής ήρας *L. rigidum* και σε έναν βιότυπο αγριοβρώμης *A. fatua* υπέδειξαν ότι η ανθεκτικότητα οφειλόταν όχι σε μειωμένη ευαισθησία του ενζύμου ACCase ή σε ενισχυμένο μεταβολισμό του ζιζανιοκτόνου αλλά ότι συσχετιζόταν με εμφανείς διαφορές στις επιδράσεις των ζιζανιοκτόνων επί της λειτουργίας της μεμβράνης του πλάσματος (Devine et al, 1993). Η επέμβαση με diclofor εκπόλωσε άμεσα το ηλεκτρογεννητικό δυναμικό της μεμβράνης πλάσματος (Em) σε ανθεκτικούς και ευπαθείς βιότυπους των δύο ειδών, αλλά μόνο οι ανθεκτικοί βιότυποι ήταν σε θέση να ανανεώσουν το Em όταν αφαιρέθηκε το diclofor από το διάλυμα. Περαιτέρω πειράματα με τον ανθεκτικό βιότυπο του είδους *A. fatua* έδειξαν ότι η πρόσληψη των δραστικών ουσιών diclofor και tralkoxydim σε απομονωμένα κυστίδια και πρωτοπλάστες μεμβράνης πλάσματος ήταν 15-20% χαμηλότερη από ότι στον ευαίσθητο βιότυπο. Αντίθετα, η πρόσληψη ήταν ίδια σε απομονωμένους χλωροπλάστες τόσο του ανθεκτικού όσο και του ευαίσθητου βιότυπου. Τα αποτελέσματα αυτά υποδείκνυαν έναν μηχανισμό ανθεκτικότητας σχετιζόμενο με τη μεμβράνη του πλάσματος.

Εν τούτοις, παρά τις σημαντικές προσπάθειες που καταβλήθηκαν, δεν αποκτήθηκε κάποια πειραματική ένδειξη που να αναγνωρίζει ξεκάθαρα έναν τέτοιο μηχανισμό ανθεκτικότητας. Είναι απίθανο η μικρή μείωση στην πρόσληψη ζιζανιοκτόνου να δίδει τα επίπεδα ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνο που παρατηρήθηκαν (6 φορές και 13 φορές για το diclofor και το tralkoxydim αντίστοιχα) στον ανθεκτικό βιότυπο του *A. fatua*.

Επίσης, δεν βρέθηκαν διαφορές στο περιεχόμενο πρωτεϊνών ή λιπιδίων των μεμβρανών πλάσματος. Το diclofor επηρεάζει όντως την διαμεμβρανική κλίση πρωτονίων σε αμφότερους τους ανθεκτικούς και ευπαθείς ιστούς, αλλά η σχέση αυτού με την φυτοτοξικότητά του *in vivo* δεν είναι ξεκάθαρη.

Η επίδραση επί του ηλεκτρογενετικού δυναμικού της μεμβράνης πλάσματος (Em) είναι ενδιαφέρουσα και μπορεί να εμπλέκεται με την ανταγωνιστικότητα μεταξύ του diclofor και των ορμονικών ζιζανιοκτόνων αυξίνης όπως το 2,4-D, αλλά η σημασία του ως μηχανισμός ανθεκτικότητας των ζιζανίων είναι αμφισβητήσιμη. Επίσης, πρόσφατα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν και καταδεικνύουν ότι ο εν λόγω βιότυπος της αγριοβρώμης *A. fatua* διαθέτει ανθεκτική μορφή του ενζύμου ACCase το οποίο δεν ανιχνεύτηκε στις αρχικές δοκιμές, υποδηλώνει ότι η ανθεκτικότητα ορισμένων βιότυπων με τους υποτιθέμενους μηχανισμούς ανθεκτικότητας που βασίζονται στη μεμβράνη του πλάσματος μπορεί επίσης να αποδοθούν σε μειωμένη ευαισθησία του ενζύμου καρβοξυλάση του ακετυλο-συνένζυμου A (ACCase).

## 2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανθεκτικότητα των αναστολέων ACCase αποτελεί ολοένα και αυξανόμενο πρόβλημα σε πολλά είδη, σε πολλά μέρη του κόσμου. Είναι ξεκάθαρο ότι η ανθεκτικότητα αυτή μπορεί να εμφανιστεί σχετικά εύκολα, μετά από έξι έως δέκα χρόνια πίεσης επιλογής. Οι τρέχουσες ενδείξεις είναι ότι η καταλληλότητα δεν μειώνεται από τις μεταλλάξεις που επιφέρουν ανθεκτικότητα και ότι τα ανθεκτικά ζιζάνια δεν βρίσκονται σε επιλεκτικά μειονεκτική θέση όταν αναπτύσσονται σε απουσία ζιζανιοκτόνων (Wiederholt and Stoltenberg, 1996a, 1996b). Κατά συνέπεια μπορούμε να αναμένουμε ότι η συνεχής χρήση αυτών των ζιζανιοκτόνων ως κυρίαρχο μέτρο ελέγχου των ζιζανίων θα δημιουργήσει πολλούς ανθεκτικούς πληθυσμούς ζιζανίων.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η ανθεκτικότητα αποδίδεται σε μεταλλάξεις στις θέσεις που αποτελούν στόχους εξειδικευμένης εφαρμογής, οι οποίες περιορίζουν την ανθεκτικότητα στους αναστολείς ACCase.

Άλλα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση αγρωστωδών ζιζανίων (δινιτροανιλίνες, ακεταμίδια κτλ.) συνεχίζουν να παρέχουν ικανοποιητικό έλεγχο αυτών των βιότυπων. Όμως, οι πολλαπλές μεταλλάξεις σε θέσεις – στόχους έχουν αναπτυχθεί σε αρκετούς βιότυπους περιορίζοντας καθοριστικά τις δυνατότητες/επιλογές που παρέχονται για την χημική καταπολέμηση των ζιζανίων.

Όπου η ανθεκτικότητα οφείλεται σε αυξημένο μεταβολισμό που υφίσταται το ζιζανιοκτόνο, η διασταυρούμενη ανθεκτικότητα με άλλες χημικές ομάδες ζιζανιοκτόνων αποτελεί ανησυχητικό παράγοντα. Στις περιπτώσεις αυτές η ανθεκτικότητα μπορεί να προκύψει σε ομάδες ζιζανιοκτόνων οι οποίες δεν χρησιμοποιήθηκαν ποτέ για την καταπολέμηση του συγκεκριμένου βιότυπου ζιζανίου.

Πάλι, αυτό μπορεί να περιορίσει πάρα πολύ τις επιλογές χημικής καταπολέμησης των ζιζανίων. Η συνετή χρήση αναστολέων του ένζυμου ACCase σε συνδυασμό με άλλες ομάδες ζιζανιοκτόνων και μη χημικές μεθόδους καταπολέμησης, θα είναι σημαντική για την διατήρηση της μακροπρόθεσμης ωφέλιμης χρήσης των ζιζανιοκτόνων. Οι μελλοντικές έρευνες πρέπει να στοχεύσουν στην ανάπτυξη στρατηγικών ελέγχου ζιζανίων (δόσης εφαρμογής, συχνότητα χρήσης, χρήση μειγμάτων των ζιζανιοκτόνων κτλ.) που μεγιστοποιούν την χρήσιμη διάρκεια ζωής αυτών των δραστικών ουσιών για το μακροπρόθεσμο όφελος της προστασίας των καλλιεργειών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### AVENA STERILIS L. (ΑΓΡΙΟΒΡΩΜΗ) ΟΙΚ. GRAMINAE

Είναι το πιο διαδεδομένο ετήσιο ζιζάνιο των χειμερινών σιτηρών στη χώρα μας (Δαμανάκης, 1983). Η *Avena fatua* L., αν και στα ελληνικά συγγράμματα βοτανικής αναφέρεται ως πολύ κοινό είδος σε όλη την Ελλάδα, εντούτοις απαντάται σπανιότατα, όπως έδειξαν οι επισκοπήσεις του Δαμανάκη (1979, 1983).

Η αναγνώριση των δύο παραπάνω ειδών αγριοβρώμης στα πρώτα στάδια ανάπτυξης μέσα σε καλλιέργεια βρώμης, είναι αν όχι αδύνατη τουλάχιστο εξαιρετικά δύσκολη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ειδών αυτών στα πρώτα στάδια ανάπτυξης δε διαφέρουν μεταξύ τους. Η αναγνώριση όμως των ειδών της αγριοβρώμης μέσα σε καλλιέργειες σιταριού, κριθαριού και σίκαλης είναι ευκολότερη από ό, τι μέσα σε καλλιέργεια βρώμης. Η εμφάνιση αγρωστωδών νεαρών φυτών μεταξύ των γραμμών σποράς των χειμερινών σιτηρών μπορεί να σημαίνει παρουσία νεαρών φυτών προηγούμενης καλλιέργειας χειμερινών σιτηρών (φυτά εθελοντές) ή αγριοβρώμης ή κάποιου άλλου αγρωστώδους ζιζανίου. Η προσεκτική εκρίζωση των νεαρών φυτών μαζί με τους σπόρους και η αναγνώρισή τους από τους σπόρους αποτελούν την καλύτερη προσέγγιση στη λύση του προβλήματος. Όταν η αναγνώριση των νεαρών φυτών από τους σπόρους είναι δύσκολη (σπόροι αλλοιωμένοι) τότε τα μορφολογικά γνωρίσματα που βοηθούν στην αναγνώριση της αγριοβρώμης μέσα στα χειμερινά σιτηρά (εκτός βρώμης) είναι:

α) η απουσία ωτιδίων (αυτάκια),

β) η παρουσία ευδιάκριτου λευκοκίτρινου και σχισμένου κατά θέσεις γλωσσιδίου και

γ) η αντίθετη προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού στροφή των ελασμάτων των φύλλων.

Τα φύλλα των χειμερινών σιτηρών (εκτός βρώμης) είναι δεξιόστροφα, φέρουν ωτίδια και γλωσσίδιο.

Η αγριοβρώμη, σε μεγαλύτερο στάδιο ανάπτυξης, έχει καλάμι όρθιο, ισχυρό και ύψος 50-150 cm. Το έλασμα των φύλλων της είναι τραχύ και από τις δύο πλευρές και με εμφανή ράβδωση στη μέση. Η ταξιανθία είναι φόβη, χαλαρή, ανοικτή, με λεπτές διακλαδώσεις. Τα σταχύδια είναι μεγάλα (3,5-4,5 cm μήκος με τα άγανα) και έχουν 2-3 ανθίδια. Ο χιτώνας στα δύο κατώτερα ανθίδια και των δύο ειδών (*A. fatua*, *A. sterilis*) καλύπτεται από τρίχες στο κάτω μισό του και καταλήγει σε άγανο μακρύ, στριφτό, το οποίο κάμπτεται στη μέση. Το τρίτο ανθίδιο, όταν υπάρχει, είναι μικρότερο των άλλων δύο και φέρει άγανο μόνο στην *A. fatua*. Τα τρία ανθίδια της *A. fatua* όταν αποχωριστούν από το σταχύδιο φέρουν ουλή αποκοπής. Αντίθετα, στην *A. sterilis* μόνο το κατώτερο ανθίδιο του σταχυδίου φέρει ουλή αποκοπής, ενώ τα άλλα δύο ανθίδια φέρουν κοντό και άκαμπτο μίσχο. Οι σπόροι της αγριοβρώμης ωριμάζουν και πέφτουν στο έδαφος πριν από τη συγκομιδή των σιτηρών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η απομάκρυνση των σπόρων της να είναι αδύνατη κατά την επέμβαση αυτή ενώ η διασπορά της σε μεγαλύτερη έκταση αναπόφευκτη.

Ένα φυτό αγριοβρώμης παράγει κατά μέσο όρο 400-600 σπόρους, που δεν ωριμάζουν ταυτόχρονα αλλά πάντοτε νωρίτερα από τα χειμερινά σιτηρά. Οι σπόροι, που εύκολα εκτινάσσονται στο έδαφος, φυτρώνουν ακανόνιστα και διατηρούν τη φυτρωτική τους ικανότητα μέχρι και 7 έτη. Έτσι, κάθε φορά φυτρώνουν μερικοί σπόροι και ο αγρός παραμένει μολυσμένος για πολλά έτη.

Τα περισσότερα φυτά της αγριοβρώμης προέρχονται από σπόρους που βρίσκονται σε βάθος εδάφους 0-10 cm. Οι σπόροι της *A. sterilis* φυτρώνουν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από ό,τι της *A. fatua*. Αυτός άλλωστε είναι και ο λόγος που η *A. fatua* θεωρείται ζιζάνιο κυρίως των ανοιξιάτικων ή όψιμων χειμερινών σιτηρών, ενώ η *A. sterilis* ζιζάνιο κυρίως των χειμερινών σιτηρών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### Εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα για την καταπολέμηση της αγριοβρώμης στα χειμερινά σιτηρά στη χώρα μας

#### 4.1. ΑΡΥΛΟΦΑΙΝΟΞΥΑΛΚΑΝΟΪΚΑ ΟΞΕΑ (ESTERS OF ARYLOXY PHENOXY ALKANOIC ACIDS)

Τα ζιζανιοκτόνα αυτά χρησιμοποιούνται μεταφυτρωτικά για καταπολέμηση ετήσιων και πολυετών αγρωστωδών ζιζανίων. Μερικά από αυτά χρησιμοποιούνται σε πλατύφυλλες, ενώ άλλα σε καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών. Απορροφούνται κυρίως από τα φύλλα και μετακινούνται διαμέσου του αποπλάστη και του συμπλάστη στους υπέργειους και υπόγειους μεριστωματικούς ιστούς των φυτών. Η δράση τους εκδηλώνεται λίγες μέρες μετά την εφαρμογή τους με αναστολή της αύξησης των φυτών, ενώ ο θάνατός τους επέρχεται μετά από δύο ή τρεις εβδομάδες. Η αναστολή τα της αύξησης των φυτών συνοδεύεται συχνά από αυξημένη σύνθεση ανθοκυανών (ερυθρόχροα φυτά), χλώρωση ή ακόμα από νέκρωση μεριστωματικών ιστών και φύλλων.

Η δράση τους οφείλεται κυρίως στην ιδιότητά τους να αναστέλλουν τη βιοσύνθεση των λιπών. Τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας αυτής αναστέλλουν τη δράση της καρβοξυλάσης του ακετυλο-συνενζύμου Α που αποτελεί το ένζυμο κλειδί στη διαδικασία βιοσύνθεσης ανώτερων λιπαρών οξέων (Colby et al., 1989). Η εκλεκτικότητά τους οφείλεται στο μεταβολισμό τους από τα ανθεκτικά φυτά ή στην αδυναμία τους να προκαλέσουν αναστολή στη δράση της καρβοξυλάσης του ακετυλο-συνενζύμου Α των ανθεκτικών φυτών (Colby et al., 1989).



**Clodinafop propargyl** (Τοπίκ). Χρησιμοποιείται μεταφυτρωτικά για καταπολέμηση ετήσιων αγρωστωδών ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού. Η εφαρμογή του συνιστάται να γίνεται όταν η καλλιέργεια βρίσκεται στο στάδιο των δύο φύλλων μέχρι το καλάμωμα και όταν οι συνθήκες ανάπτυξης των ζιζανίων είναι ευνοϊκές. Η εκλεκτικότητα του ζιζανιοκτόνου αυτού στο σιτάρι οφείλεται στην παρουσία της προστατευτικής ουσίας *clonquintocet*, η οποία αυξάνει την ικανότητα των φυτών του σιταριού για μεταβολισμό του ζιζανιοκτόνου.

**Diclofop methyl** (Πλοχαν). Χρησιμοποιείται μεταφυτρωτικά για καταπολέμηση ετήσιων αγρωστωδών ζιζανίων στις καλλιέργειες σιταριού, κριθαριού, ζαχαροτεύλων, ψυχανθών, λαχανικών, πατάτας και καπνού. Η εφαρμογή του συνιστάται να γίνεται όταν τα αγρωστώδη ζιζάνια είναι μικρά (1-4 φύλλα) και οι συνθήκες ανάπτυξη στους ευνοϊκές.

Η ταυτόχρονη εφαρμογή του με τα φαινοξυαλκανοϊκά ζιζανιοκτόνα δεν συστήνεται γιατί μειώνει την αποτελεσματικότητά του εναντίον των αγρωστωδών ζιζανίων.

**Fenoxaprop ethyl** (Puma). Χρησιμοποιείται μεταφυτρωτικά για καταπολέμηση ετήσιων αγρωστωδών ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού. Η εφαρμογή του συνιστάται να γίνεται όταν η καλλιέργεια βρίσκεται στο στάδιο των δύο φύλλων μέχρι και την εμφάνιση του δεύτερου κόμβου (γόνατο) και όταν οι συνθήκες ανάπτυξης των ζιζανίων είναι ευνοϊκές. Η εκλεκτικότητα του ζιζανιοκτόνου αυτού στο σιτάρι οφείλεται στην παρουσία της προστατευτικής ουσίας *fenchlorazole*, η οποία αυξάνει την ικανότητα των φυτών του σιταριού για μεταβολισμό του ζιζανιοκτόνου.

## 4.2. ΔΙΠΥΡΙΔΙΔΙΑ (BIPYRIDYLIUMS)

Η κατηγορία αυτά περιλαμβάνει τα ζιζανιοκτόνα difenzoquat, diquat, morfamquat και paraquat. Τα diquat και paraquat είναι ζιζανιοκτόνα επαφής και μη εκλεκτικά, ενώ τα άλλα δύο ζιζανιοκτόνα είναι εκλεκτικά σε ορισμένες καλλιέργειες. Το paraquat και το diquat προκαλούν μαρασμό και ταχεία αποξήρανση του φυλλώματος με το οποίο έρχονται σε επαφή. Το difenzoquat όμως προκαλεί αρχικά χλωρωτικές κηλίδες στα φύλλα των ζιζανίων, στη συνέχεια σοβαρή αναστολή στην αύξησή τους και τελικά επιφέρει τη νέκρωσή τους. Γενικά η εμφάνιση των συμπτωμάτων του difenzoquat γίνεται με βραδύτερο ρυθμό σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ζιζανιοκτόνα. Σε επίπεδο κυττάρων τα paraquat και diquat προκαλούν αποδιοργάνωση των μεμβρανών τους.

**Difenzoquat (Avenge).** Συνιστάται η χρήση του για καταπολέμηση της αγριοβρώμης σε καλλιέργειες βίκου, κριθαριού και μαλακού σιταριού. Η εφαρμογή του θα πρέπει να γίνεται όταν η αγριοβρώμη βρίσκεται στο στάδιο των 3-5 φύλλων, ποτέ όμως όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές (προκαλεί παροδικό κιτρίνισμα των καλλιεργειών). Δεν έχει καμιά απολύτως δράση από εδάφους, όπως και τα άλλα διπυριδία.

## 4.3. ΙΜΙΔΑΖΟΛΙΝΟΝΕΣ (IMIDAZOLINONES)

Τα ζιζανιοκτόνα της κατηγορίας αυτής απορροφούνται από τα φύλλα και τις ρίζες των φυτών και μετακινούνται στους μεριστωματικούς ιστούς δια μέσου του συμπλάστη και του αποπλάστη. Η δράση τους από φυλλώματος εκδηλώνεται εντός λίγων ημερών από την εφαρμογή τους με αναστολή της αύξησης των φυτών, χλώρωση ή ακόμα και με νέκρωση των μεριστωματικών ιστών. Ο θάνατος όμως των φυτών επέρχεται μετά από παρέλευση εβδομάδων.

Η δράση τους από εδάφους εκδηλώνεται λίγες μέρες μετά το φύτευμα των ζιζανίων με αναστολή της αύξησής τους, ενώ ο θάνατός τους επέρχεται πολύ αργότερα.

Η δράση των ζιζανιοκτόνων αυτών οφείλεται στην ικανότητά τους να αναστέλλουν τη δράση του ενζύμου acetohydroxyacid synthase (AHAS), που είναι απαραίτητο για τη σύνθεση των αμινοξέων βαλίνης, λευκίνης και ισολευκίνης. Το ένζυμο αυτό είναι γνωστό και ως οξεικογαλακτική συνθετάση (acetolactate synthase, ALS). Τα ανθεκτικά φυτά δεν εμφανίζουν συμπτώματα τοξικότητας επειδή έχουν την ικανότητα να μεταβολίζουν τα ζιζανιοκτόνα ταχύτατα σε μη τοξικές ουσίες ή να απορροφούν μικρότερες ποσότητές τους.

**Imazamethabenz methyl (Assert).** Χρησιμοποιείται μεταφυτρωτικά για την καταπολέμηση αγρωστωδών (συμπεριλαμβανομένης και της αγριοβρώμης) και ορισμένων πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργειες σιταριού, κριθαριού και σίκαλης. Η εφαρμογή του συνιστάται να γίνεται όταν τα ζιζάνια είναι μικρά (1-4 φύλλα) και οι συνθήκες ανάπτυξής τους είναι ευνοϊκές. Είναι κυρίως ζιζανιοκτόνο φυλλώματος αλλά δεν αποκλείεται η δράση και από εδάφους εναντίον ορισμένων ζιζανίων. Ο χρόνος παραμονής του στο έδαφος συχνά είναι μεγαλύτερος από 12 μήνες, γι' αυτό η εγκατάσταση ευαίσθητων καλλιεργειών, όπως για παράδειγμα ζαχαροτεύτλων, φακής, λαχάνου, κουνουπιδιού και τομάτας δεν είναι δυνατή παρά μόνο 15 μήνες μετά την εφαρμογή του.

#### **4.4. ΟΞΥΜΕΣ (OXYMES)**

Τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας αυτής, γνωστά και ως παράγωγα της κυκλοεξανδιόνης, χρησιμοποιούνται μεταφυτρωτικά για καταπολέμηση ετήσιων και πολυετών αγρωστωδών ζιζανίων.

Ορισμένα από αυτά χρησιμοποιούνται σε πλατύφυλλες καλλιέργειες ενώ άλλα στα χειμερινά σιτηρά. Απορροφούνται από τα φύλλα (κυρίως) και μετακινούνται δια μέσου του συμπλάστη και του αποπλάστη στους υπέργειους και υπόγειους μεριστωματικούς ιστούς των φυτών. Η δράση τους εκδηλώνεται λίγες μέρες μετά την εφαρμογή τους με αναστολή της αύξησης των φυτών, ενώ ο θάνατος επέρχεται μετά από δύο ή τρεις εβδομάδες.

Η αναστολή της αύξησης των φυτών συνοδεύεται συχνά από αυξημένη σύνθεση ανθοκυανών (ερυθρόχροα φυτά), χλώρωση ή ακόμα και από νέκρωση μεριστωματικών ιστών και φύλλων.

Η δράση τους οφείλεται κυρίως στην ιδιότητά τους να αναστέλλουν τη βιοσύνθεση των λιπών. Τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας αυτής αναστέλλουν τη δράση της καρβοξυλάσης του ακετυλο-συνένζυμου Α (Acetyl-CoA carboxylase) που είναι από τα βασικότερα ένζυμα στη βιοσύνθεση των λιπών (Colby et al., 1989). Η εκλεκτικότητά τους οφείλεται ή στον μεταβολισμό τους από τα ανθεκτικά φυτά ή στην αδυναμία τους να αναστείλουν τη δράση της καρβοξυλάσης του ακετυλο-συνένζυμου Α των ανθεκτικών φυτών (Colby et al., 1989).

**Tralkoxydim** (Grasp). Χρησιμοποιείται μεταφυτρωτικά για την καταπολέμηση ετήσιων αγρωστωδών ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού. Η εφαρμογή του συνιστάται να γίνεται όταν τα ζιζάνια βρίσκονται στο στάδιο των δύο φύλλων και μέχρι το τέλος του αδερφώματος. Η ταυτόχρονη εφαρμογή του με το μίγμα των ζιζανιοκτόνων bromoxynil+mecoprop (αποτελεσματικά εναντίον πλατύφυλλων ζιζανίων) διευρύνει το φάσμα καταπολέμησης των ζιζανίων χωρίς να επηρεάζει την εκλεκτικότητά του στην καλλιέργεια του σιταριού.

#### 4.5. ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΟΥΡΙΑΣ (UREAS)

Τα περισσότερα από τα ζιζανιοκτόνα αυτά εφαρμόζονται στο έδαφος από όπου απορροφούνται από τις ρίζες των φυτών και μετακινούνται μέσα σ' αυτά δια μέσου του αποπλάστη. Μερικά όμως από αυτά, με την προσθήκη κατάλληλης επιφανειοδραστικής (τασενεργής) ουσίας, απορροφούνται και από το φύλλωμα των ζιζανίων και στη συνέχεια μετακινούνται μέσα σε αυτά επίσης δια μέσου του αποπλάστη. Τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα των παραγώγων της ουρίας είναι πιο αποτελεσματικά εναντίον των ετήσιων πλατύφυλλων παρά εναντίον των ετήσιων αγρωστώδων ή των πολυετών ζιζανίων. Μερικά όμως από αυτά καταπολεμούν τόσο πλατύφυλλα όσο και αγρωστώδη ζιζάνια.

Τα παράγωγα της ουρίας αναστέλλουν την αντίδραση Hill στη φωτοσύνθεση. Η παραπάνω επίδρασή τους στη φωτοσύνθεση αν και είναι αναμφισβήτητη, δεν φαίνεται να επαρκεί για την εξήγηση του θανάτου των φυτών. Γι' αυτό, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι τα φυτά πεθαίνουν όχι μόνο από έλλειψη προϊόντων φωτοσύνθεσης αλλά και από κάποιο φυτοτοξικό προϊόν που σχηματίζεται από την επίδραση του ζιζανιοκτόνου. Τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας αυτής όταν εφαρμόζονται στο έδαφος προκαλούν αρχικά χλώρωση στα κατώτερα φύλλα των φυτών, στη συνέχεια γενική αναστολή της αύξησής τους και τελικά τη νέκρωσή τους.

**Chlortoluron** (Dicuran, Τολουράν). Χρησιμοποιείται προφυτρωτικά για καταπολέμηση ζιζανίων σε καλλιέργεια μαλακού σιταριού και μεταφυτρωτικά στην ίδια καλλιέργεια και το κριθάρι. Η μεταφυτρωτική εφαρμογή του θα πρέπει να γίνεται από το τρίτο φύλλο των καλλιεργειών αυτών μέχρι το μέσο του αδελφώματος τους και όταν τα ζιζάνια δεν έχουν ξεπεράσει το στάδιο των 4 φύλλων.

*Isoproturon* (Hortaxon). Χρησιμοποιείται προφυτρωτικά μόνο για καλλιέργειες μαλακού σιταριού και κριθαριού. Η χρήση του θα πρέπει να αποφεύγεται όταν τα εδάφη είναι αμμώδη (κίνδυνος φυτοτοξικότητας) ή οργανικά (μειωμένη αποτελεσματικότητα). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεταφυτρωτικά στις ίδιες καλλιέργειες από την αρχή μέχρι το μέσο του αδελφώματος και όταν τα ζιζάνια είναι ακόμα μικρά.

#### 4.6. ΣΟΥΛΦΟΝΥΛΟΥΡΙΕΣ

Χρησιμοποιούνται προφυτρωτικά ή μεταφυτρωτικά για καταπολέμηση ετήσιων και πολυετών ζιζανίων σε διάφορες καλλιέργειες ή σε μη γεωργικές εκτάσεις. Απορροφούνται από τα φύλλα και τις ρίζες των φυτών και μετακινούνται ταχύτατα στους μεριστωματικούς ιστούς δια μέσου του αποπλάστη και του συμπλάστη. Η δράση τους από εδάφους εκδηλώνεται με αναστολή της αύξηση των νεαρών φυτών (στάδιο κοτυληδόνων μέχρι δύο πραγματικών φύλλων), αυξημένη σύνθεση ανθοκυανών (ερυθρόχροα φυτά), χλώρωση καθώς επίσης και με περιορισμένη ανάπτυξη (σε αριθμό και μήκος) των πλάγιων ή δευτερογενών ριζών. Η δράση του από φυλλώματος εκδηλώνεται επίσης με αναστολή της αύξησης των φυτών, αυξημένη σύνθεση ανθοκυανών, αλλά και με αποχρωματισμό των νεύρων των φύλλων ή ακόμα και με νέκρωση των μεριστωματικών ιστών. Τα προαναφερθέντα συμπτώματα της δράσης εμφανίζονται λίγες μέρες μετά τη μετακίνησή τους στους μεριστωματικούς ιστούς, ενώ ο θάνατος των φυτών επέρχεται μετά από 1-4 εβδομάδες.

Ο Beyer και οι συνεργάτες του (1988) αναφέρουν ότι η δράση των ζιζανιοκτόνων αυτής της ομάδας οφείλεται στην ικανότητά τους να αναστέλλουν τη δράση του ενζύμου οξεικογαλακτική συνθετάση (acetolactate synthase, ALS), που είναι απαραίτητο για τη σύνθεση των αμινοξέων βαλίνης, λευκίνης και ισολευκίνης. Το ένζυμο αυτό είναι επίσης γνωστό ως acetohydroxyacid synthase (AHAS).

Όλα τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας αυτής είναι δραστικά σε δόσεις 10-100 φορές μικρότερες από ότι τα περισσότερα από τα ήδη χρησιμοποιούμενα. Οι συνιστώμενες δόσεις τους αν και είναι χαμηλές (1-2 gr δ.ο./στρ.), εντούτοις ο χρόνος παραμονής ορισμένων σουλφονουριών (chlorsulfuron, triasulfuron) στο έδαφος είναι συχνά μεγαλύτερος από 12 μήνες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία εγκατάστασης άλλων καλλιεργειών, εκτός από χειμερινά σιτηρά, την επόμενη καλλιεργητική περίοδο (Peterson and Arnold, 1985).

**Mesosulfuron** (Hussar max). Χρησιμοποιείται μεταφυτρωτικά για την καταπολέμηση της αγριοβρώμης και όλων των σημαντικών αγρωστωδών ζιζανίων σε καλλιέργειες μαλακού και σκληρού σιταριού και κριθαριού. Χρησιμοποιείται σε ετοιμόχρηστο μίγμα με τη δραστική ουσία iodosulfuron (πλατυφυλλοκτόνο) για την διεύρυνση του φάσματος δράσης των ζιζανίων. Το νέο σκεύασμα πήρε πρόσφατα έγκριση για χρήση στην καλλιέργεια χειμερινών σιτηρών στη χώρα μας.

#### **4.7. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ**

Η υποενότητα αυτή περιλαμβάνει τα ορμονικά ζιζανιοκτόνα που δεν ανήκουν σε καμιά από τις προηγούμενες ομάδες.

**Flamprop-m-isopropyl (Suffix).** Χρησιμοποιείται για καταπολέμηση αγριοβρώμης (*Avena spp.*) σε καλλιέργειες σιταριού και κριθαριού.

Εφαρμόζεται όταν τα ζιζάνια και η καλλιέργεια βρίσκονται στο μέσο και μέχρι το τέλος του αδελφώματος. Απορροφάται μόνο από τα φύλλα των ζιζανίων και προκαλεί αναστολή στην επιμήκυνση των κυττάρων τους, που στη συνέχεια οδηγεί στην αναστολή της αύξησης των βλαστών τους και τελικά στη νέκρωσή τους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΑΓΡΩΣΤΩΔΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΕΝΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΣΙΤΗΡΩΝ

Η συνολική στρατηγική αποδίδεται με τη λήψη των ακόλουθων βασικών μέτρων:

- Αξιολόγηση των παραγόντων κινδύνου δημιουργίας ανθεκτικότητας στον κάθε καλλιεργούμενο αγρό
- Ολοκληρωμένη καταπολέμηση με συνδυασμό καλλιεργητικών και χημικών μέσων, ενταγμένη σε μια μακροπρόθεσμη στρατηγική
- Ελαχιστοποίηση της μετακίνησης των σπόρων των ζιζανίων εντός και μεταξύ των καλλιεργούμενων αγρών
- Τακτικός έλεγχος των αγρών και λήψη πρώιμων μέτρων δράσης για την πρόληψη της επέκτασης των κηλίδων των ζιζανίων που δεν εξοντώθηκαν από τις χημικές επεμβάσεις
- Διαχείριση της 'τράπεζας σπόρων' ζιζανίων (έδαφος)

Τα ζιζάνια είναι σχετικά 'δυσκίνητα' συγκριτικά με τις ασθένειες ή τους ζωικούς εχθρούς των καλλιεργειών. Η ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα αναπτύσσεται συνήθως σε μεμονωμένους αγρούς λόγω των προγραμμάτων ελέγχου ζιζανίων που χρησιμοποιούνται.

Η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να προληφθεί ευκολότερα σε συγκεκριμένο καλλιεργούμενο αγρό, σε σύγκριση με την ανθεκτικότητα που εκδηλώνεται στα μυκητοκτόνα ή τα εντομοκτόνα.

#### **5.1. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ**

- Συνιστάται η χρησιμοποίηση καλλιεργητικών μέτρων ώστε να μειωθεί η ανάγκη χρήσης ζιζανιοκτόνων και ο επακόλουθος κίνδυνος ανάπτυξης ανθεκτικότητας.

Διατίθενται πολλές εναλλακτικές δυνατότητες αν και ορισμένες συγκρούονται με την συμβουλευτική ελέγχου εχθρών και ασθενειών ή με την μείωση της έκπλυσης των νιτρικών που οφείλεται στην υπέρμετρη εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων.

- Άροση του χωραφιού για να μειωθεί ο κίνδυνος ανθεκτικότητας. Η άροση μειώνει τον αριθμό των ζιζανίων, ειδικότερα των ειδών που δεν διατηρούνται για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα στο έδαφος, πχ. Η αλεπονουρά και η πολύανθη ήρα.
- Μπορεί επίσης να επαναφέρει παλαιότερους, λιγότερο εκτεθειμένους σε πίεση επιλογής σπόρους στην επιφάνεια του εδάφους για να αυξηθεί η αναλογία ευπαθών φυτών στον συνολικό πληθυσμό των ζιζανίων. Θα πρέπει να εξεταστεί η πιθανότητα άροσης του εδάφους περιοδικά ανά δύο με πέντε χρόνια, εάν δεν είναι εφικτή η πραγματοποίηση άροσης σε ετήσια βάση.
- Εφαρμογή επιφανειακής κατεργασίας του εδάφους προς αποφυγή επαναφοράς στην επιφάνεια σπόρων ζιζανίων που είχαν μεταφερθεί με το όργωμα σε μεγάλο βάθος κατά το προηγούμενο έτος. Αυτός ο τρόπος είναι κατάλληλος μόνο στην περίπτωση που πολύ λίγοι ή καθόλου σπόροι ζιζανίων είχαν καταλήξει στο έδαφος από τα ζιζάνια που αναπτύχθηκαν εντός της καλλιέργειας που μόλις έχει συγκομιστεί.
- Θα πρέπει να αξιολογηθεί η πιθανότητα μηχανικής καταπολέμησης των ζιζανίων

- Είναι απαραίτητη η υιοθέτηση όσο το δυνατό μεγαλύτερης εναλλαγή καλλιεργειών (αμειψισποράς), χρησιμοποιώντας φθινοπωρινές και εαρινές καλλιέργειες, συμπεριλαμβανόμενων και μη δημητριακών/σιτηρών, ώστε να μειωθεί η επικράτηση των περισσότερων ζιζανίων. Η συνολική χρήση ζιζανιοκτόνων μπορεί μειωθεί και να επεκταθεί η χρήση ζιζανιοκτόνων με διαφορετικό (διευρυμένο) τρόπο δράσης.
- Χρησιμοποίηση αγρανάπαυσης αποσκοπώντας στη μείωση των πληθυσμών των ζιζανίων μέσω της πρόληψης της παραγωγής και πολλαπλασιασμού των σπόρων τους..
- Καθυστέρηση της σποράς των χειμερινών σιτηρών για να επιτραπεί η ανάπτυξη υψηλής αναλογίας νεαρών σποροφύτων ζιζανίων τα οποία μπορούν να καταπολεμηθούν πριν την σπορά της καλλιέργειας. Οι μολύνσεις από την αλεπονουρά και από την πολύανθη ήρα μπορούν να μειωθούν αποτελεσματικά εάν υπάρχει επαρκής υγρασία εδάφους για την βλάστηση των σποροφύτων τους. Έντονα μολυσμένοι αγροί από μεγάλους πληθυσμούς ζιζανίων πρέπει να σπέρνονται τελευταίοι.
- Ψεκασμός της καλαμιάς ή της σποροκλίνης με ένα μη εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο για να διασφαλιστεί ότι έχουν καταστραφεί όλα τα σπορόφυτα των ζιζανίων τα οποία έχουν φυτρώσει από το έδαφος πριν από τη σπορά της καλλιέργειας.
- Εγκατάσταση και ανάπτυξη ανταγωνιστικών καλλιεργειών με την χρήση κατάλληλης ποσότητας σπόρων, περισσότερο ανταγωνιστικών ποικιλιών ή στενότερων γραμμών καλλιέργειας, ώστε να επιτευχθεί η καταστολή των πληθυσμών και της ανάπτυξης των ζιζανίων.

- Αποτροπή της κατάληξης των σπόρων των ζιζανίων στο έδαφος μέσω της κοπής ή του ψεκασμού των κηλίδων των ζιζανίων με κάποιο μη εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο. Η εκρίζωση των ζιζανίων με το χέρι είναι εφικτή όταν υφίστανται χαμηλοί πληθυσμοί ζιζανίων ή σε αγρούς όπου εντός της καλλιέργειας αναπτύσσονται ψηλά ζιζάνια, όπως η αγριοβρώμη.
- Αποφυγή της επέκτασης ανθεκτικών σπόρων και φυτών. Αυτό μπορεί να συμβεί μέσω μολυσμένου σπόρου του καλλιεργούμενου είδους, μολυσμένων θεριζοαλωνιστικών μηχανημάτων και γενικότερου καλλιεργητικού εξοπλισμού, με άχυρα ή κοπριά. Όλος ο εξοπλισμός και ρουχισμός πρέπει να καθαρίζεται πριν χρησιμοποιηθεί σε άλλο χωράφι.

## **5.2. ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ (ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ)**

Η αποφυγή ή επιβράδυνση εκδήλωσης των φαινομένων ανθεκτικότητας εντός των πληθυσμών αγρωστωδών ζιζανίων αναφορικά με τη χρήση ζιζανιοκτόνων δραστικών ουσιών περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέτρα:

- Χρησιμοποίηση μιγμάτων δραστικών ουσιών στο βυτίο/ετοιμόχρηστου μίγματος σε σκεύασμα ή εναλλαγή ζιζανιοκτόνων με διαφορετικούς τρόπους δράσης σε μεμονωμένες καλλιέργειες, ή διαδοχικές καλλιέργειες.
- Κατά την χρήση μείγματος δραστικών ουσιών στο βυτίο/ετοιμόχρηστου μίγματος φυτοπροστατευτικών προϊόντων, ή σε ακολουθία, να διασφαλίζεται ότι υπάρχουν δύο ή περισσότερες δραστικές ουσίες με διαφορετικούς τρόπους δράσης κατά των ζιζανίων-στόχων, ειδικά κατά αυτών που έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στις ζώνες καλλιέργειας που παρακολουθούνται.

- Μην βασίζεστε αποκλειστικά στη χρήση προϊόντων ‘fops’ (αρυλοφαινοξυαλκανιϊκά) και ‘dims’ (παράγωγα κυκλοεξανδιόνης) ή αναστολείς του ενζύμου οξεικογαλακτικής συνθετάσης (ALS)
- πχ. σουλφονουλουρίες, ως μοναδικό μέσο ελέγχου των αγρωστωδών ζιζανίων σε διαδοχικές καλλιέργειες. Ο κίνδυνος ταχύτατης ανάπτυξης ανθεκτικότητας εξειδικευμένης στην εντοπισμένη θέση δράσης-στόχο είναι υψηλή.
- Η καταπολέμηση των ζιζανίων πρέπει να γίνεται όταν είναι μικρά και αναπτύσσονται ταχύτατα για να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα του ελέγχου των ανθεκτικών ζιζανίων.

### 5.3. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

Για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της παρουσίας ανθεκτικών πληθυσμών-βιοτύπων εντός των καλλιεργούμενων αγρών θα πρέπει να λαμβάνονται τα κάτωθι μέτρα:

- Να διατηρούνται ακριβή αρχεία των καλλιεργούμενων αγρών. Να διατηρούνται αρχεία των καλλιεργειών που εναλλάσσονται ακολουθώντας το πρόγραμμα της αμειψισποράς, των καλλιεργητικών τεχνικών που εφαρμόζονται, της χρήσης ζιζανιοκτόνων (συμπεριλαμβανομένου του τρόπου δράσης) και τα επίπεδα καταπολέμησης των ζιζανίων που επιτεύχθηκαν.
- Να παρακολουθείται και να καταγράφεται η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των ζιζανιοκτόνων.

- Να γνωρίζετε την ανθεκτικότητα που αναπτύσσεται στην ευρύτερη περιοχή καλλιέργειας
- Να τίθενται υπό δοκιμασία ειδικοί καλλιεργούμενοι αγροί-είτε εκείνοι που είναι γνωστό ότι έχουν παρουσιάσει ανθεκτικότητα ή όπου υπάρχει υψηλός κίνδυνος ανάπτυξης ανθεκτικότητας-κάθε τρία χρόνια. Αυτό θα παρέχει ένα μέτρο της επιτυχίας της στρατηγικής διαχείρισης ανθεκτικότητας που επιλέγεται να εφαρμοστεί.

### Παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα

Αγρονομικός παράγοντας	Χαμηλότερος κίνδυνος	Υψηλότερος κίνδυνος
Σύστημα αμειψισποράς	Καλή εναλλαγή εαρινών και φθινοπωρινών καλλιεργειών	Συνεχόμενη καλλιέργεια χειμερινών σιτηρών
Σύστημα καλλιέργειας	Ετήσιο όργωμα	Συνεχής απουσία οργώματος
Μέθοδος καταπολέμησης	Αποκλειστικά με εφαρμογή καλλιεργητικών μέτρων	Αποκλειστικά με χημική καταπολέμηση (εφαρμογή ζιζανιοκτόνων)
Χρήση ζιζανιοκτόνων καθ' όλη την διάρκεια εναλλαγής των καλλιεργειών	Διαφορετικοί τρόποι δράσης	Ένας και μόνο τρόπος δράσης
Επίπεδο μόλυνσης της καλλιέργειας από ζιζάνια	Χαμηλό	Υψηλό
Συχνότητα εμφάνισης ανθεκτικότητας	Ανύπαρκτη στη γειτονική περιοχή	Αναγνωρισμένη τοπικά σε παρόμοια συστήματα καλλιέργειας

**Πίνακας 5.1** Παράγοντες κινδύνου για την εκδήλωση ανθεκτικότητας αγρωστωδών ζιζανίων σε ζιζανιοκτόνα

#### 5.4. ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΣΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ ΑΓΡΙΟΒΡΩΜΗΣ (*AVENA FATUA*, *AVENA STERILIS SSP. LUDOVICIANA*)

Αναφορικά με τη συχνότητα εμφάνισης ανθεκτικών βιοτύπων αγριοβρώμης στις σημαντικότερες περιοχές καλλιέργειας σιτηρών αλλά και άλλων καλλιεργειών υφίσταται ευρεία εξάπλωση αλλά όχι ιδιαίτερα συχνή.

Θα έπρεπε να υπάρχει πολιτική πρόληψης της εκδήλωσης φαινομένων ανθεκτικότητας στα περισσότερα αγροκτήματα, βασιζόμενη στην εναλλαγή ζιζανιοκτόνων για να αναχαιτιστεί ή να επιβραδυνθεί η εμφάνισή της. Η επιτυχία αυτής της στρατηγικής πρέπει να παρακολουθείται συνεχώς.

Η ανθεκτικότητα εμφανίζεται στο είδος *Avena fatua* όσο και το είδος *Avena sterilis ssp. ludoviciana*. Οι αλλαγές στην καλλιέργεια ή στην ημερομηνία γραμμικής σποράς δεν επιτυγχάνουν πολλά στην μείωση της εμφάνισης των νεαρών ζιζανίων στα είδη αγριοβρώμης. Εν τούτοις, πολλά περιστατικά ανθεκτικότητας εμφανίζονται στο είδος *Avena sterilis ssp. ludoviciana*, τους πληθυσμούς του οποίου μειώνουν οι εαρινές καλλιέργειες.

Ο αυξημένος μεταβολισμός έχει ως αποτέλεσμα την εκδήλωση μερικής ανθεκτικότητας σε δραστικές ουσίες της χημικής ομάδας των αρυλοφαινοξυαλκανοϊκών ζιζανιοκτόνων (ACCase inhibitors, 'fops') καθώς και την διασταυρούμενη αντοχή στη δραστική ουσία tralkoxydim η οποία ανήκει στα παράγωγα της κυκλοεξανδιόνης (Cyclohexandiones/oxymes, 'dims') και σε άλλα ζιζανιοκτόνα, πχ. imazamethabenz-methyl και flamprop-M-isopropyl.

Ορισμένοι πληθυσμοί αγριοβρώμης έχουν ανθεκτικότητα που εκδηλώνεται στην εξειδικευμένη θέση δράσης-στόχο των ζιζανιοκτόνων. Όμως, είναι ανθεκτικά μόνο σε μέλη της χημικής ομάδας των forps και όχι σε δραστικές ουσίες που ανήκουν σε οξύμες (dims) ή άλλους τύπους ζιζανιοκτόνων.

Έως σήμερα, δεν έχει σημειωθεί ανθεκτικότητα της αγριοβρώμης στη δραστική ουσία tri-allate, το παράγωγο ουρίας isoproturon (IPU), το διπυριδύλιο difenzoquat, και τις οξύμες tepraloxyn ή cycloxydim στο Ηνωμένο Βασίλειο.

#### **5.5. ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ ΔΡΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΚΔΗΛΩΣΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ ΑΓΡΙΟΒΡΩΜΗΣ**

Τα μέτρα που συστήνονται για την διαχείριση προβλημάτων ανθεκτικότητας που 'αναδύεται' σε πληθυσμούς αγριοβρώμης είναι συνοπτικά τα ακόλουθα:

- Εναλλαγή ζιζανιοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης.
  
- Εναλλαγή καλλιεργειών για:
  - Να επιτραπεί η αξιοποίηση μεγαλύτερου φάσματος ζιζανιοκτόνων με διαφορετικό τρόπο δράσης
  - Να μειωθούν οι πληθυσμοί της αγριοβρώμης
  
- Χαρτογράφηση/εντοπισμός των κηλίδων όπου φυτρώνει η αγριοβρώμη και αποσαφήνιση ότι τα φυτά που επιβιώνουν δεν αποτελούν απλά «αστοχία» του ψεκασμού που εφαρμόστηκε. Λήψη πρώιμης δράσης για να προληφθεί η επέκταση των κηλίδων αυτών σε όλη την έκταση του καλλιεργούμενου αγρού.



- Να απομακρύνονται εντατικά με το χέρι (ξεβοτάνισμα) ή να ψεκάζονται εντατικά με μη επιλεκτικά ζιζανιοκτόνα για να προλάβετε την επέκτασή τους.
- Μειώστε την εμπιστοσύνη σας στα forps και τα dms χρησιμοποιώντας ζιζανιοκτόνα με εναλλακτικούς τρόπους δράσης.
- Καθυστέρηση εγκατάστασης της νέας καλλιέργειας για όσο δυνατόν περισσότερο μετά την συγκομιδή, ιδανικά για όλη τη διάρκεια του χειμώνα, για να 'επιτραπεί' στα πτηνά και τα θηλαστικά να έχουν χρόνο για να φάνε τους σπόρους της αγριοβρώμης που έπεσαν από τα φυτά στο έδαφος από τα ζιζάνια που αναπτύχθηκαν στην προηγούμενη καλλιέργεια.
- Ελαχιστοποίηση της 'μετακίνησης' των σπόρων των ζιζανίων σε θεριζοαλωνιστικές μηχανές, άχυρα, σπόρους καλλιεργειών και μέσω άλλων μέσων.
- Παρακολούθηση της απόδοσης των ζιζανιοκτόνων και ταυτοποίηση των αιτιών φτωχής αποτελεσματικότητας που επιδεικνύουν, όταν και όπου αυτή εκδηλώνεται.
- Έλεγχος των σπόρων εάν υπάρχει υπόνοια ανθεκτικότητας στον πληθυσμό της αγριοβρώμης.

- Εφαρμογή μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων όταν τα ζιζάνια είναι μικρά (1-3 φύλλα) για να μεγιστοποιηθεί ο έλεγχος των μερικά ανθεκτικών φυτών αγριοβρώμης. Τα φυτά με ανθεκτικότητα σε εξειδικευμένο σημείο δράσης-στόχο (target site resistance), είναι απίθανο να ελεγχθούν από μέλη της ομάδας των αρυλοφαινοξυαλκανοϊκών (fops) σε οποιαδήποτε στάδιο ανάπτυξής τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### 6.1 ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΙ

Η συλλογή των σπόρων της αγριοβρώμης πραγματοποιήθηκε το διάστημα μεταξύ τελών Μαΐου-τελών Ιουνίου από σημαντικές περιοχές καλλιέργειας σιτηρών (μαλακό, σκληρό σιτάρι, κριθάρι) της Κ. Μακεδονίας (Ν. Κιλκίς, Ν. Χαλκιδικής, Ν. Πιερίας, Ν. Πέλλας) (πίνακας 6.1). Ο προσανατολισμός και η επιλογή των περιοχών αυτών για την διενεργηθείσα δειγματοληψία προέκυψε από πληροφορίες για ανεπαρκή καταπολέμηση της αγριοβρώμης και μειωμένη αποτελεσματικότητα των εκλεκτικών αγρωστωδοκτόνων που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση της αγριοβρώμης.

**Πίνακας 6.1.** Νομοί, περιοχές (ζώνες) καλλιέργειας και αριθμηση βιοτύπων που αξιολογήθηκαν στο πείραμα.

Νομός	Περιοχή καλλιέργειας	Βιότυπος
Χαλκιδικής	Αγ. Παντελεήμων	1,5
	Πετράλωνα	Αψέκαστος μάρτυρας
	Ν. Σύλλατα	1
	Ν. Σύλλατα	Αψέκαστος μάρτυρας
Πιερίας	Γανόχωρα	1
	Τρίλοφος	2,3
	Τρίλοφος	Αψέκαστος μάρτυρας
Πέλλας	Γιαννιτσά	1,3
	Γιαννιτσά	Αψέκαστος μάρτυρας
Κιλκίς	Βαθύλακκος	1,2
	Βαθύλακκος	Αψέκαστος μάρτυρας
	Παλιό Αγιονέρι	2,3

Η συλλογή πραγματοποιήθηκε σε αγρούς που παρουσίαζαν 'κηλίδες' φυτών αγριοβρώμης οι οποίες καταλάμβαναν μικρότερη ή μεγαλύτερη έκταση στον αγρό, ενώ στην υπόλοιπη έκταση της καλλιέργειας η καταπολέμηση των ζιζανίων ήταν αποτελεσματική. Από αυτή την εικόνα των 'νησίδων', εντοπισμένων περιοχών εντός της καλλιέργειας προέκυπτε η ένδειξη ότι τα φυτά που παρέμεναν στον αγρό είχαν επιβιώσει της επέμβασης και δημιουργούνταν η υποψία ύπαρξης ανθεκτικότητας στο βιότυπο που αναπτύσσονταν στο συγκεκριμένο αγρό, ιδιαίτερα αν ο σπόρος που παρήγαγε τα φυτά αυτά προέρχονταν από φυτά που είχαν αποτύχει να ελεγχθούν από την επέμβαση των ζιζανιοκτόνων από την προηγούμενη χρονιά.

Η γενικευμένη, ομοιόμορφη παρουσία της αγριοβρώμης σε όλη την έκταση του αγρού, ιδιαίτερα σε πολύ υψηλούς πληθυσμούς, οδηγούσε στο συμπέρασμα ότι δεν πραγματοποιήθηκε επέμβαση ζιζανιοκτόνων για την καταπολέμηση των ζιζανίων. Όταν τα ζιζάνια εμφανίζονταν σε γραμμική διάταξη και δεν είχαν τη μορφή μικρής ή διευρυμένης κηλίδας, πάλι, αποφεύγονταν η συλλογή δειγμάτων γιατί υπήρχε σοβαρό ενδεχόμενο κακής εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου, πρόσκαιρης έμφραξης των μπεκ, κλπ. Η συλλογή των σπόρων γίνονταν με το χέρι και οι σπόροι συγκεντρώνονταν σε πλαστικές σακούλες, με ένδειξη της περιοχής, της τοποθεσίας και του ονοματεπωνύμου του παραγωγού, το ιστορικό του αγρού (ενδεχόμενη αποτυχία ή ανεπαρκής χημική καταπολέμηση και την προηγούμενη χρονιά, δραστικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν κλπ.).

Οι σπόροι μετά τη συλλογή τους μεταφέρονταν σε θερμοκήπιο όπου παρέμειναν για διάστημα περίπου 10 ημερών, ώστε εκτεθειμένοι στις ξηροθερμικές συνθήκες που επικρατούσαν στο εσωτερικό του να αποστερηθούν από την υγρασία που θα μπορούσε ενδεχόμενα να προκαλέσει σήψεις των σπόρων κατά τη διάρκεια αποθήκευσής τους.

Μετά την παρέλευση του διαστήματος αυτού, οι σπόροι αλωνίζονταν για την απομάκρυνση τριχών, λεπύρων και του σκληρού περιβλήματός του ώστε να διευκολυνθεί η βλάστηση και το φύτεωμά τους. Μετά την αρχική επεξεργασία τους ακολουθούσε το πέρασμά τους από το τριόρι, ένα μηχάνημα που απομακρύνει υπολείμματα λέπτυρων, ξένες ύλες, μικρά τμήματα στελεχών ή ταξιανθιών καθώς και σπόρους αγριοβρώμης που δεν είχαν ωριμάσει επαρκώς, δεν είχαν σχηματιστεί πλήρως και δεν είχαν ικανό βάρος έχοντας εισέλθει σε στάδιο ωριμότητας ώστε να καταστούν ικανοί να βλαστήσουν.

Οι σπόροι αφού ολοκληρώθηκε η προετοιμασία τους, τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες για να διευκολυνθεί ο αερισμός τους κατά την αποθήκευση και μεταφέρθηκαν σε θάλαμο στον οποίο η θερμοκρασία διατηρούνταν στους 20 °C περίπου, ώστε να ολοκληρωθούν οι διαδικασίες μεταβολισμού που είναι απαραίτητες για όλα τα καλλιεργούμενα και αυτοφυή αγρωστώδη (εαρινοποίηση σπόρων), οι οποίες οδηγούν σε υψηλά επίπεδα φυτρωτικής ικανότητας των σπόρων.

Οι σπόροι παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου σε συνθήκες ξηρής αποθήκευσης μέχρι τα τέλη Δεκεμβρίου, οπότε πραγματοποιήθηκε η σπορά για την παραγωγή των φυτών αγριοβρώμης που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δύο σπορές του συνόλου των πληθυσμών-βιοτύπων αγριοβρώμης που συλλέχθηκαν στη διάρκεια των αρχών καλοκαιριού. Η 1<sup>η</sup> σπορά πραγματοποιήθηκε στις 22/12 και η 2<sup>η</sup> στις 28/12/2006. Η σπορά πραγματοποιήθηκε σε πλαστικά γλαστράκια διαστάσεων 9x9x10 cm. Ως εδαφικό υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε μίγμα ξανθής τύρφης και ποταμίσιας άμμου σε αναλογία 1:1. Σε κάθε γλαστράκι σπάρθηκαν 15 σπόροι αγριοβρώμης για να διασφαλιστεί το φύτεωμα τουλάχιστον 5 σπόρων που απαιτούσε το πειραματικό πρωτόκολλο.

Οι σπόροι δεν υπέστησαν κάποια ιδιαίτερη μεταχείριση (εμβάπτιση σε θρεπτικά/χημικά διαλύματα) για να αυξηθεί η φυτρωτική τους ικανότητα. Τα φυτά που προέκυψαν από τη σπορά αραιώθηκαν έτσι ώστε σε κάθε γλαστράκι να παραμείνουν και να αναπτύσσονται πέντε νεαρά φυτάρια αγριοβρώμης. Τα γλαστράκια τοποθετήθηκαν σε θερμοκήπιο καλυμμένο με πλαστικό υλικό κάλυψης, εκτεθειμένα στο φυσικό φως και στις επικρατούσες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα και των αρχών της άνοιξης. Τα φυτά μετά το αραιώμα που υπέστησαν ποτίζονταν ανά δύο ημέρες και λιπαίνονταν σε εβδομαδιαία βάση με την εφαρμογή σύνθετου λιπάσματος 20-20-20 με την προσθήκη ιχνοστοιχείων, ώστε να εξασφαλιστεί η ταχεία και φυσιολογική ανάπτυξή τους.

Η επέμβαση πραγματοποιήθηκε όταν τα φυτά απέκτησαν τέσσερα φύλλα, λίγο πριν από την έναρξη σχηματισμού αδελφιών, στάδιο στο οποίο πραγματοποιούνται συνήθως οι επεμβάσεις στους αγρούς των καλλιεργούμενων σιτηρών από τους παραγωγούς. Για την επέμβαση χρησιμοποιήθηκε χειροκίνητος ψεκαστήρας ακριβείας, οποίος εφαρμόζε 30 l/στρέμμα σε πίεση 250kPa.

Οι δοκιμές περιελάμβαναν την έκθεση των φυταρίων σε εφαρμογή τριών δραστικών ουσιών, το diclofop-methyl (Illoxan), το imazamethabenz methyl (Assert) και το iodosulfuron+mesosulfuron (Hussar max). Τα δύο πρώτα χρησιμοποιούνται για 10-15 χρόνια από το έτος έγκρισης της χρήσης τους για την αντιμετώπιση της αγριοβρώμης και των υπόλοιπων αγρωστωδών ζιζανίων (ήρα, φάλαρη, μίλιο, αλεπονουρά) σε καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών. Το τρίτο σκεύασμα αποτελεί ετοιμόχρηστο μίγμα δύο δραστικών ουσιών των iodosulfuron και mesosulfuron και πρόσφατα απέκτησε άδεια χρήσης για τις καλλιέργειες των χειμερινών σιτηρών στη χώρα μας. Η πρώτη είναι αποτελεσματική εναντίον πλατύφυλλων ζιζανίων, ενώ το mesosulfuron είναι δραστικό εναντίον της αγριοβρώμης και των λοιπών αγρωστωδών ζιζανίων.

Τα diclofop-methyl και imazamethabenz methyl εφαρμόστηκαν σε δύο δόσεις (συνιστώμενη και τετραπλάσια της συνιστώμενης δόσης) για να διαπιστωθεί αν έχουν οικοδομηθεί σχετικά υψηλά επίπεδα ανθεκτικότητας, που επιτρέπουν την επιβίωση των ζιζανίων σε δόσεις αρκετά υψηλότερες από τις συνιστώμενες.

Το μίγμα iodosulfuron+mesosulfuron εφαρμόστηκε μόνο στη συνιστώμενη δόση για να διαπιστωθεί το ενδεχόμενο ύπαρξης διασταυρωτής-πολλαπλής ανθεκτικότητας στους πληθυσμούς-βιοτύπους της αγριοβρώμης που συλλέχθηκαν, καθώς η σουλφονουρία mesosulfuron έχει διαφορετικό τρόπο δράσης από τα αρυλοφαινοξυαλκανοϊκά οξέα και παραπλήσιο με τις ιμιδαζολιόνες (πίνακας, 6.2.). Επίσης, εφαρμόστηκε ταυτόχρονα η επιφανειοδραστική ουσία biopower (σε ποσοστό 3%).

**Πίνακας 6.2.** Ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα

Δραστική ουσία	Εμπορικό σκεύασμα	Δοσολογία
diclofop-methyl	Illoxan	x (25 g/3 lit)
diclofop-methyl	Illoxan	4x (100 g/3 lit)
imazamethabenz methyl	Assert	x (18 g/3 lit)
imazamethabenz methyl	Assert	4x (72 g/3 lit)
Mesosulfuron+iodosulfu	Hussar max	X (2.5 g/3 lit )
Control		Αψέκαστος μάρτυρας

Σε κάθε επέμβαση (δραστική ουσία και δόση εφαρμογής) αντιστοιχούσαν τρία γλαστράκια (σύνολο 15 φυτά αγριοβρώμης για κάθε επέμβαση). Επίσης, διατηρήθηκαν τρία τουλάχιστον γλαστράκια ως αψέκαστοι μάρτυρες.

Τα φυτά αγριοβρώμης που αναπτύσσονταν εντός αυτών δεν δέχθηκαν επέμβαση με καμιά δραστική ουσία και αναπτύχθηκαν ανεπηρέαστα ώστε να επιτραπεί η σύγκριση με τα φυτά που εκτέθηκαν στην επέμβαση των ζιζανιοκτόνων.

Μετά την πραγματοποίηση της επέμβασης τα φυτά της αγριοβρώμης συνέχισαν να δέχονται τις συνήθεις μεταχειρίσεις (πότισμα, λίπανση), ώστε να αποκλειστούν συμπτώματα χλωρώσεων-νεκρώσεων και κακής ανάπτυξης τα οποία οφείλονται σε ανεπαρκή εφοδιασμό σε θρεπτικά στοιχεία ή ακανόνιστα/ανεπαρκή ποτίσματα τα οποία θα καθιστούσαν δύσκολη την τελική αξιολόγηση της δράσης των ζιζανιοκτόνων επί των φυτών. Τα φυτά αξιολογούνταν σε εβδομαδιαία βάση με βαθμολόγηση της ανάπτυξης που παρουσίαζαν και την απουσία χλωρώσεων και επακόλουθων νεκρώσεων, συνέπεια της δράσης των ζιζανιοκτόνων, σε συσχέτιση με τον αψέκαστο μάρτυρα.

Συγκεκριμένα, προέκυπτε για την πεντάδα των φυτών που αναπτύσσονταν σε κάθε γλαστράκι ένα ποσοστό ανάπτυξης σε σύγκριση με τα φυτά του κάθε πληθυσμού-βιότυπου που δεν είχαν δεχθεί επέμβαση και αναπτύσσονταν απόλυτα φυσιολογικά. Η τελική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε μετά από την παρέλευση ενός μηνός από την επέμβαση που δέχθηκαν τα φυτά. Τα φυτά αποκόπτονταν στο λαιμό και ακολουθούσε η ζύγιση του νωπού βάρους του υπέργειου τμήματός τους.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### 7.1 Αποτελέσματα-συζήτηση

Οι επεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν και στα δύο πειράματα στο στάδιο ανάπτυξης του ζιζανίου στο οποίο πραγματοποιούνται οι επεμβάσεις στους αγρούς καλλιέργειας των σιτηρών. Επίσης, τηρήθηκαν αυστηρά οι συνιστώμενες δόσεις εφαρμογής για τις δραστικές ουσίες diclofop-methyl (αρυλοφαινοξυαλκανοϊκό οξύ), imazamethabenz-methyl (ιμιδαζολινόνη) και mesosulfuron (σουλφονουλουρία). Όπου συστήνεται από την κατασκευάστρια εταιρία η προσθήκη επιφανειοδραστικής ουσίας για ενίσχυση της αποτελεσματικότητας εφαρμογής (όπως στην περίπτωση του mesosulfuron), αυτό τηρήθηκε όπως ορίζουν οι αρχές της ορθής γεωργικής πρακτικής. Η επέμβαση που πραγματοποιήθηκε κατέδειξε την ικανότητα των δραστικών ουσιών να εξοντώσουν τα φυτά των βιοτύπων αγριοβρώμης που συλλέχθηκαν και αξιολογήθηκαν στην εργασία αυτή. Επομένως, δεν διαπιστώθηκε η ύπαρξη ανθεκτικότητας στους πληθυσμούς αγριοβρώμης που αξιολογήθηκαν, τουλάχιστον από τις περιοχές που επιλέχθηκαν για την πραγματοποίηση της δειγματοληψίας.

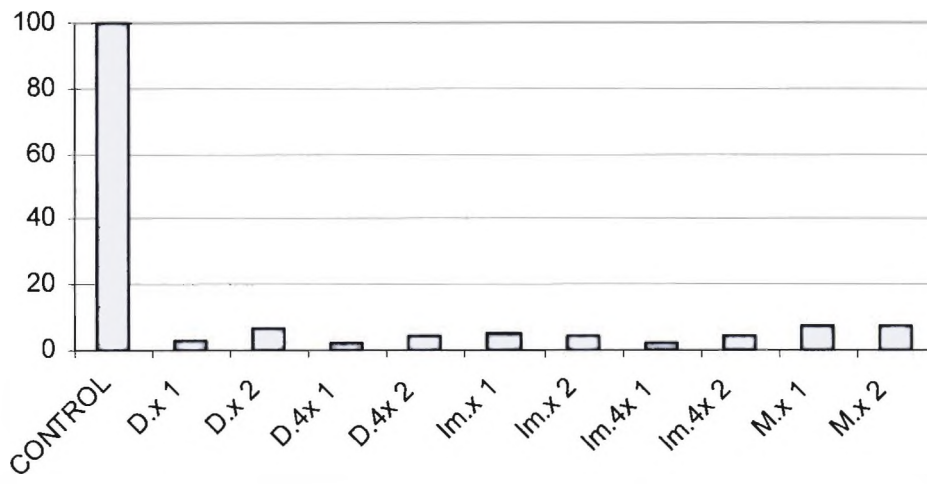
Η έκθεση των φυτών αγριοβρώμης στις παραπάνω δραστικές προκάλεσε την εμφάνιση τυπικών συμπτωμάτων τοξικότητας (χλώρωση, κιτρινοκαστανός μεταχρωματισμός των φυτικών ιστών, προοδευτική και τέλος καθολική νέκρωση των φυτών). Η εμφάνιση των συμπτωμάτων άρχισε περίπου 2,5 εβδομάδες μετά την επέμβαση, εντάθηκε στο επόμενο χρονικό διάστημα, ολοκληρώθηκε δε μετά από ένα περίπου μήνα από την πραγματοποίηση της επέμβασης.

Αυτό συμφωνεί με την αναμενόμενη συμπεριφορά των ζιζανιοκτόνων αυτών στα ευαίσθητα αγρωστώδη όπου η ανταγωνιστική συμπεριφορά των ζιζανίων σε βάρος του καλλιεργούμενου είδους διακόπτεται λίγες ημέρες μετά την εφαρμογή, αλλά η οριστική νέκρωση των φυτών μπορεί να απαιτήσει διάστημα έως και ένα μήνα (Ελευθεροχωρινός, 1996). Στο τέλος της περιόδου αυτής πραγματοποιήθηκαν και οι μετρήσεις που αφορούσαν το νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών.

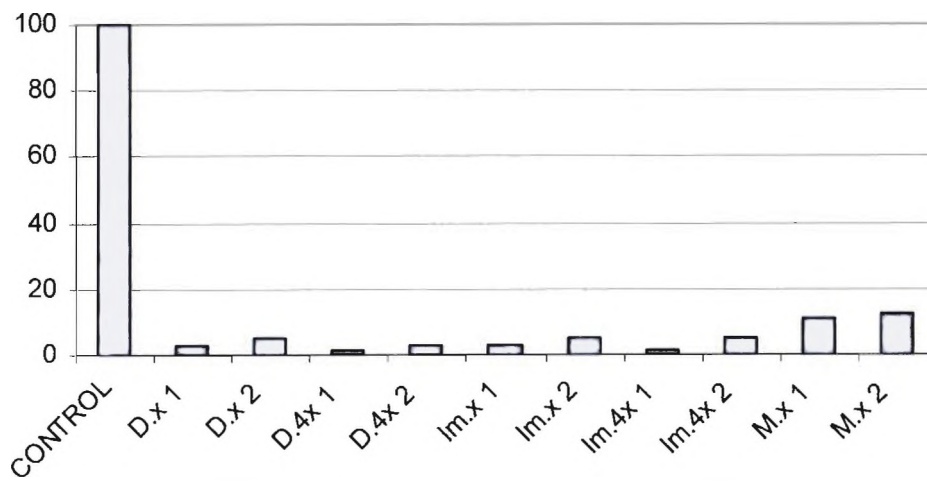
Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων περιελάμβανε την ακόλουθη διαδικασία: αρχικά υπολογίστηκε το άθροισμα του νωπού βάρους των 5 φυτών αγριοβρώμης που αναπτύσσονταν σε κάθε γλαστράκι. Ακολούθως, το άθροισμα αυτό διαιρέθηκε με το μέσο όρο του αθροίσματος των νωπών βαρών στα τρία γλαστράκια του απέκαστου μάρτυρα και το πηλίκο εκφράστηκε σε εκατοστιαία αναλογία. Έτσι, προέκυψε μια τιμή για κάθε γλαστράκι (5 φυτά) και ακολούθως ο μέσος όρος των τριών γλαστρών (15 φυτών) για τη συγκεκριμένη δραστική ουσία και τη συγκεκριμένη δόση εφαρμογής. Αυτός ο μέσος όρος εξέφραζε την επί τοις εκατό μείωση του νωπού βάρους των φυτών που εκτέθηκαν κατά περίπτωση σε διαφορετική δραστική ουσία και δόση εφαρμογής σε σχέση με τον απέκαστο μάρτυρα ο οποίος δεν υπέστη καμιά μείωση του νωπού του βάρους.

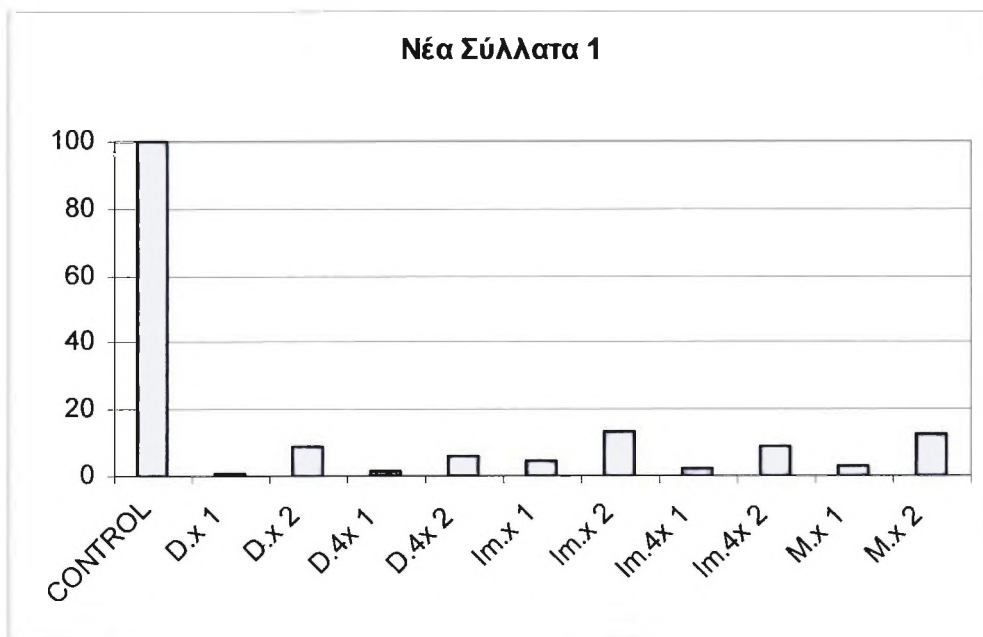
Ακολούθως, παρατίθενται γραφήματα που απεικονίζουν την αντίδραση των φυτών αγριοβρώμης από διάφορες περιοχές καλλιέργειας, στις επεμβάσεις που δέχθηκαν από τα εξειδικευμένα αγρωστωδοκτόνα (Dx= diclofop-methyl, Im= imazamethabenz methyl, M= mesosulfuron methyl; Οι τιμές 1,2 αφορούν τα δύο διαφορετικά πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, 1 και 2; Οι ενδείξεις x και 4x υποδηλώνουν τη συνιστώμενη και την τετραπλάσια της συνιστώμενης δόση εφαρμογής).

**Άγιος Παντελεήμων 1**



**Άγιος Παντελεήμων 5**

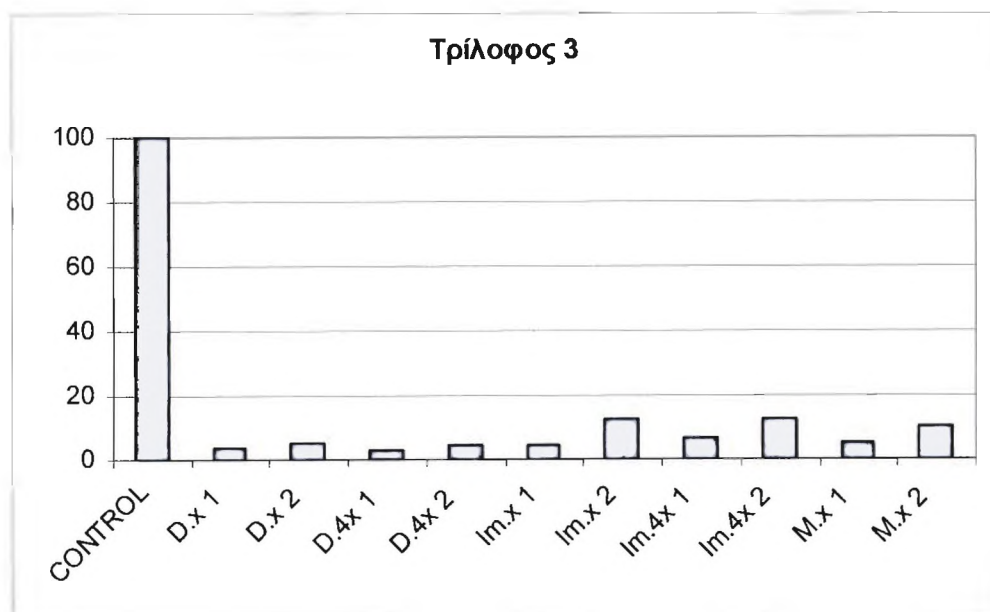


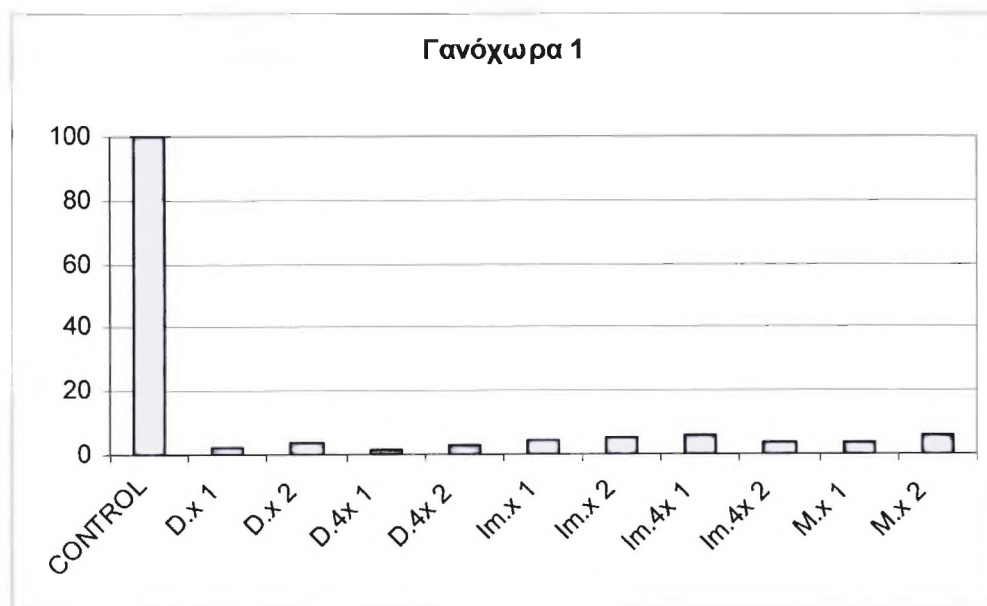


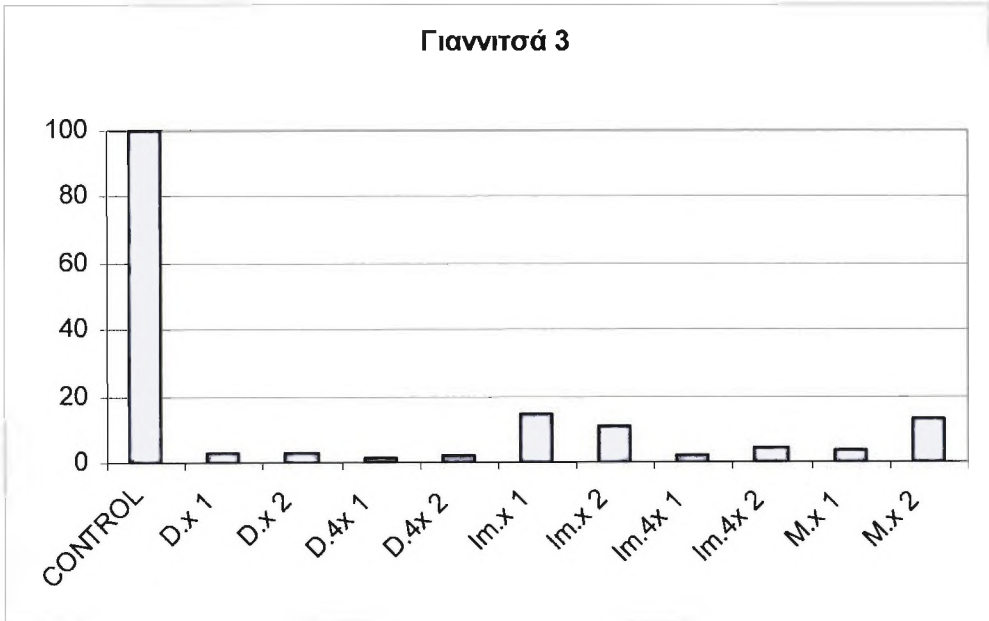
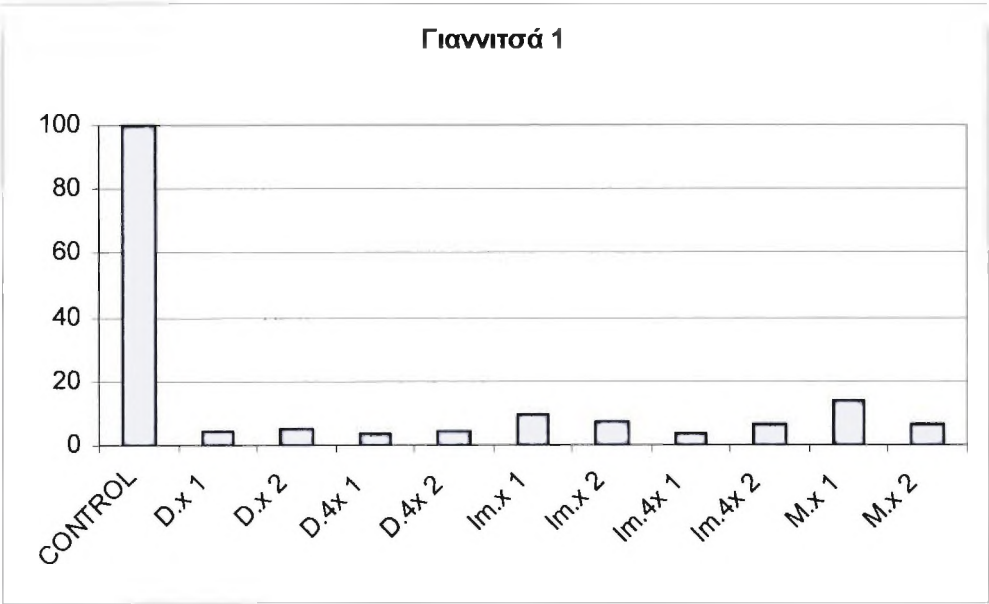
### Νέα Σύλλατα αφέκαστο

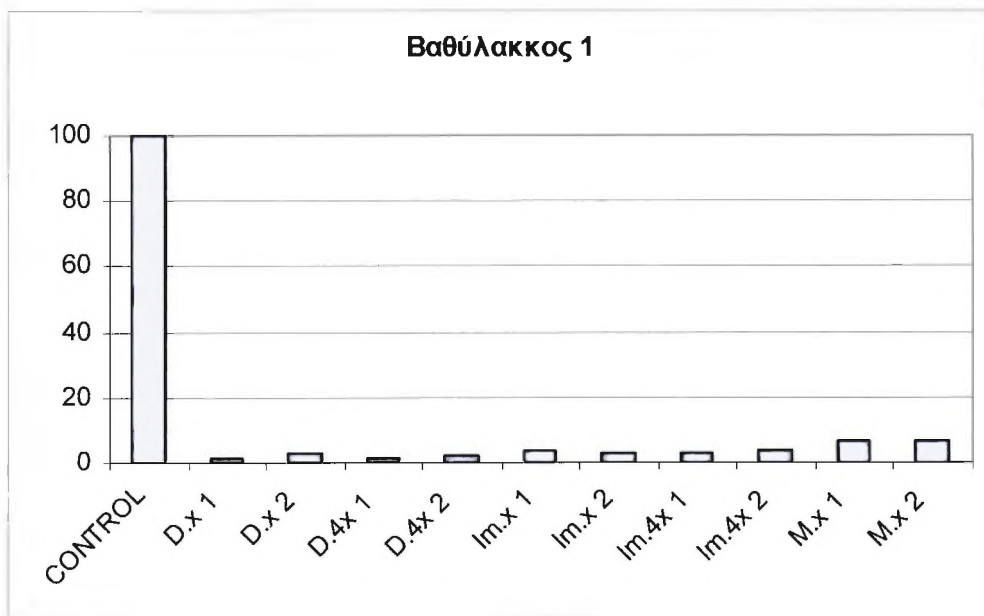
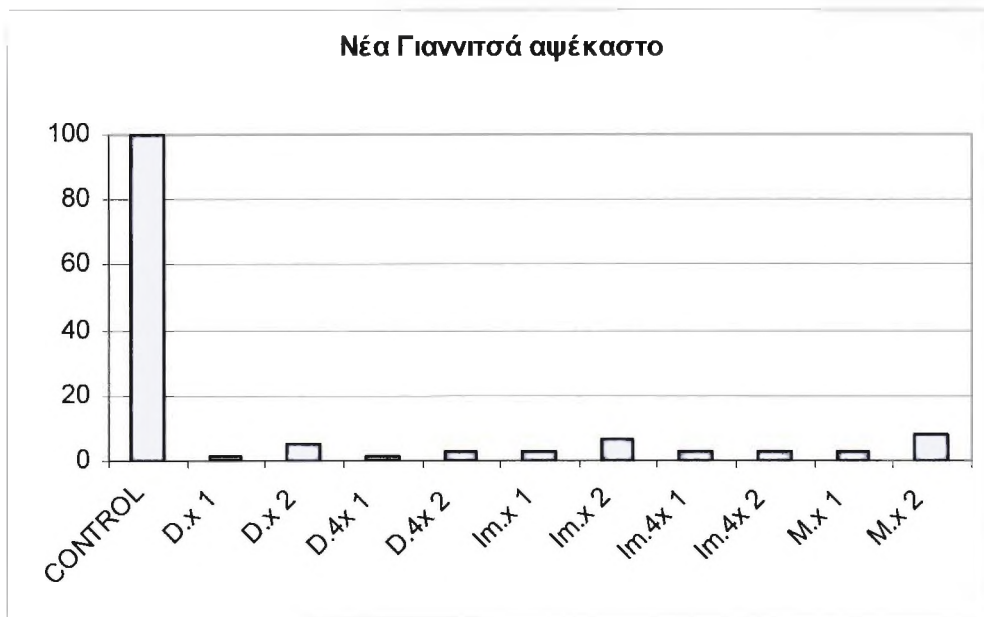


### Τρίλοφος 3

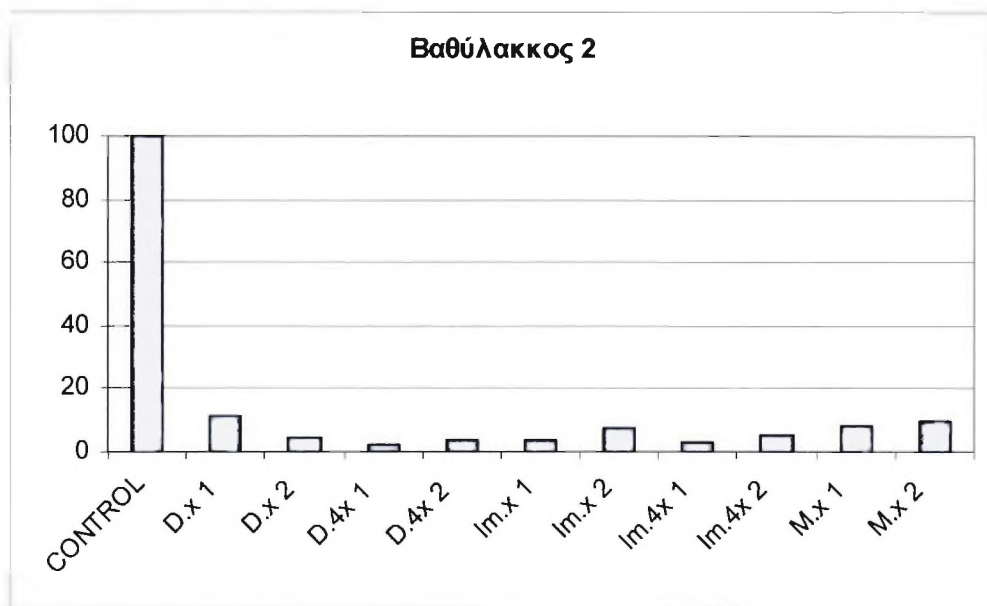


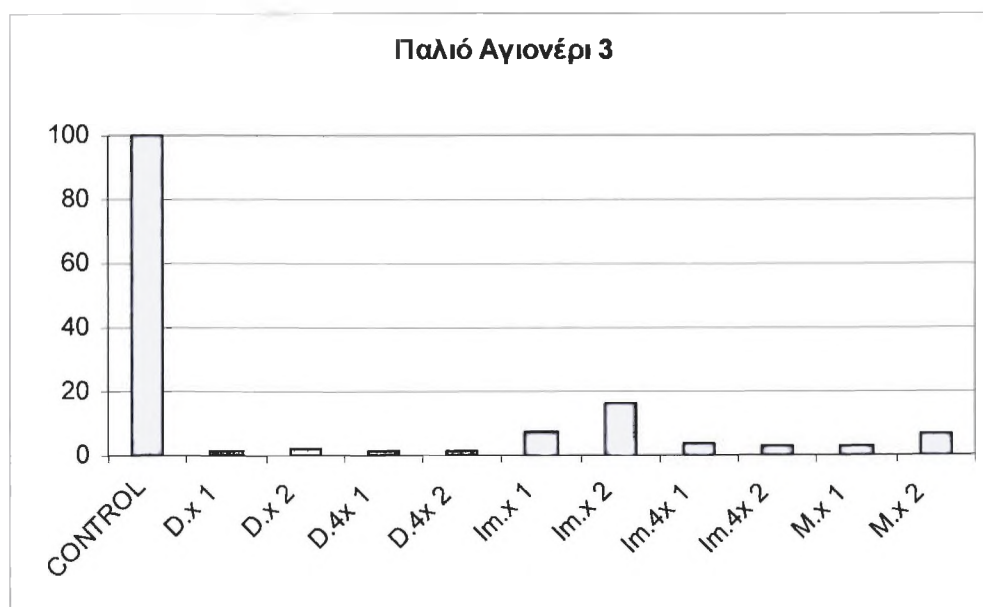












Ακολούθως, παρατίθενται εικόνες όπου εμφανίζεται η υψηλή δραστηριότητα των δόσεων των ζιζανιοκτόνων ουσιών σε βάρος των φυτών αγριοβρώμης, σε σύγκριση με τον αψέκαστο μάρτυρα.



Έντονα συμπτώματα νέκρωσης φυτών αγριοβρώμης από τις δόσεις των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν (βιότυπος 1 από Γανόχωρα Κατερίνης). Στο βάθος διακρίνονται τα ανέπαφα φυτά του αψέκαστου μάρτυρα



Έντονα συμπτώματα νέκρωσης φυτών αγριοβρώμης από τις δόσεις των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν (βιότυπος 2 από Βαθύλακκο Κιλκίς)



Έντονα συμπτώματα νέκρωσης φυτών αγριοβρώμης από τις δόσεις των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν (βιότυπος 5 από Αγ. Παντελεήμονα Χαλκιδικής)



Νέκρωση φυτών αγριοβρώμης από αφέκαστο βιότυπο-μάρτυρα περιοχής  
Ν. Σύλλατα Χαλκιδικής



Έντονα συμπτώματα νέκρωσης φυτών αγριοβρώμης από τις δόσεις των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν (βιότυπος 3 από Τρίλοφο Κατερίνης)

Τα στοιχεία που προέκυψαν από την προκαταρκτική αυτή εργασία καταδεικνύουν ότι δεν υφίσταται πρόβλημα ανθεκτικότητας στους πληθυσμούς αγριοβρώμης που συλλέχθηκαν και αξιολογήθηκαν, προερχόμενοι από σημαντικές περιοχές καλλιέργειας χειμερινών σιτηρών της χώρας μας. Η επιβίωση των φυτών στον αγρό μπορεί να αποδοθεί πιθανώς σε κακές επεμβάσεις που είτε πραγματοποιούνται άκαιρα, σε ακατάλληλο στάδιο βλαστικής ανάπτυξης των ζιζανίων (οπότε αυτά έχουν διέλθει το ευπαθές στάδιο που επιτρέπει την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους) είτε οφείλονται σε κακή εφαρμογή (μη-επαρκή ανάδευση του ψεκαστικού υγρού στο βυτίο, με αποτέλεσμα κάποια τμήματα αγρού να δέχονται πολύ χαμηλές ποσότητες ζιζανιοκτόνου) ή ακόμα και μη διέλευση του ψεκαστικού εξοπλισμού από κάποιες θέσεις (σημεία) εντός των καλλιεργούμενων αγρών. Επίσης, ακατάλληλες (μη ευνοϊκές) καιρικές συνθήκες μπορεί να έχουν κάποια συμμετοχή στην αναποτελεσματική εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων εναντίον της αγριοβρώμης. Η επικράτηση ψυχρού καιρού και ιδιαίτερα ξηροθερμικών συνθηκών μειώνει την πρόσληψη και μετακίνηση των δραστικών ουσιών, ώστε να προσεγγίσουν τα ακραία μεριστώματα των φυτών και να εκδηλώσουν αποτελεσματικά τη δράση τους.

Η αποτελεσματικότητα των επεμβάσεων είναι συνάρτηση της ακριβούς και προσεκτικής επέμβασης με αποφυγή λαθών κατά την ανάμειξη και παρασκευή του ψεκαστικού αγρού, την χρησιμοποίηση του ενδεδειγμένου ψεκαστικού εξοπλισμού (μπεκ τύπου σκούπας -ριπιδίου-, σωστή και σταθερή απόσταση της μπάρας ψεκασμού από την επιφάνεια του εδάφους ώστε να υπάρχει σταθερή παροχή ψεκαστικού υγρού και ίδια ποσότητα δραστικής ουσίας που να καταλήγει επί των ζιζανίων, κατάλληλη πίεση λειτουργίας -2,5 έως 3 atm-).



Επίσης, επηρεάζεται αποφασιστικά από την εφαρμογή κατάλληλων δόσεων ζιζανιοκτόνων, αυτών που προτείνουν οι κατασκευάστριες εταιρίες ενώ η ταυτόχρονη εφαρμογή δύο ή περισσότερων δραστικών ουσιών πρέπει να γίνεται με προσοχή γιατί μπορεί να προκύψει ανταγωνιστική δράση μεταξύ των δραστικών ουσιών, επιφέροντας σημαντική μείωση της αποτελεσματικότητας της επέμβασης.

Η εφαρμογή υψηλότερων δόσεων από τις συνιστώμενες επίσης αντενδεικνύεται, γιατί εκθέτει τους πληθυσμούς των ζιζανίων σε ιδιαίτερα υψηλή πίεση επιλογής και αν προκύψει πρόβλημα ανθεκτικότητας η διαχείρισή του καθίσταται ακόμα δυσκολότερη, εφόσον τα ζιζάνια καταστούν ικανά να επιβιώσουν από σημαντικά αυξημένες δόσεις εφαρμογής. Επίσης, λόγοι οικονομίας (υπέρμετρη αύξηση του κόστους καλλιέργειας) και περιβαλλοντικής ασφάλειας (μείωση της εισροής υπερβολικών ποσοτήτων τοξικών ουσιών και κίνδυνος ρύπανσης εδαφών, υπόγειων/επιφανειακών υδάτων, έκθεση οργανισμών μη-στόχων (non-target organisms και υψηλή θνησιμότητα αυτών) επιβάλλουν την αυστηρή τήρηση των δόσεων που καθορίζονται από τις εταιρίες και αναγράφονται επί των σκευασμάτων.

Εν κατακλείδι, η ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμησή τους αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα και ταυτόχρονα προκλήσεις που αντιμετωπίζει η σύγχρονη γεωργία. Ήδη, αναρίθμητα ζιζάνια σε πολλές από τις σημαντικότερες καλλιέργειες, στις περισσότερες περιοχές του κόσμου έχουν εκδηλώσει ανθεκτικότητα σε μια ή περισσότερες ομάδες ζιζανιοκτόνων.

Το γεγονός αυτό οδηγεί σε αναπόφευκτη εγκατάλειψη πολύτιμων δραστικών ουσιών που έχουν καταστεί πλέον αναποτελεσματικές, ανεπαρκείς να αντιμετωπίσουν τους ανθεκτικούς βιότυπους ζιζανίων και με δεδομένη τη δυσκολία εξεύρεσης νέων χημικών ομάδων ζιζανιοκτόνων που να 'στοχεύουν' σε νέες θέσεις δράσης, διαφορετικές από τις ήδη υπάρχουσες, καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την καταπολέμηση των ανθεκτικών ή μη ευαίσθητων ζιζανίων. Αυτή η εξέλιξη επιβάλλει την προσεκτική διαχείριση της ήδη εκδηλωμένης ανθεκτικότητας και την λήψη κατάλληλων μέτρων ώστε να επιτευχθεί η καθυστέρηση αν όχι η αποτροπή εκδήλωσης ανθεκτικότητας σε είδη ζιζανίων, καλλιέργειες και περιοχές όπου η ανθεκτικότητα δεν αποτελεί ήδη πραγματικότητα.

Στη χώρα μας υπάρχει ήδη επιβεβαιωμένη ανθεκτικότητα της μουχρίτσας (*Echinochloa crus-galli*) στην καλλιέργεια ρυζιού στο ζιζανιοκτόνο propanil, των ζιζανίων τραχύ βλήτο (*Amaranthus retroflexus*) και λουβουδιά (*Chenopodium album*) στην καλλιέργεια πατάτας στο ζιζανιοκτόνο metribuzin, της παπαρούνας (*Papaver rhoeas*) στην καλλιέργεια χειμερινών σιτηρών στο ζιζανιοκτόνο thifensulfuron και σε άλλες σουλφονουλουρίες. Ήδη έχει διαπιστωθεί ανθεκτικότητα της ήρας (*Lolium sp.*) και του βέλιουρα (*Sorghum halepense*) σε εξειδικευμένα αγρωστωδοκτόνα σκευάσματα (Ελευθεροχωρινός, προσωπική επικοινωνία, αδημοσίευτα στοιχεία). Επομένως, είναι σημαντικό να τηρούνται με ακρίβεια όλες οι αρχές διαχείρισης της ανθεκτικότητας των ζιζανίων ενταγμένες μέσα στο σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης της καλλιέργειας-παραγωγής (Integrated Crop Management).

## ΒΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Beyer, E.M., Duffy, M.J., Hay, J.V. and Schlueter, D.D. 1988. Sulfonylureas. pp.118-183. In Kearney P.C. and D.D. Kaufmann (ed.). Herbicides, Chemistry, degradation, and mode of action. Volume 3. Marcel Dekker, Inc. New York, Basel.

Burton, J.D., Gronwald, J.W., Somers, D.A., Connelly, J.A., Gergenbach, B. G. & Wyse, D.L. 1978. Inhibition of plant acetyl-CoA carboxylase by the herbicides sethoxydim and haloxyfop. Biochem. Biophys. Res. Comm. 148: 1039-44.

Colby, S.R., Hill, E.R., Kitchen, L.M., Lym, R.G., McAvoy, W.J. and Prasad, R. 1989. Herbicide Handbook (6<sup>th</sup> Ed). Weed Science Society of America. Illinois. 301 p.

Δαμανάκης, Μ.Ε. 1979. Επισκόπηση των κυριότερων ζιζανίων των καλλεργειών της χώρας μας κατά το έτος 1975. Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο. Σελ. 45.

Δαμανάκης, Μ.Ε. 1983. Τα ζιζάνια των σιταγρών της Ελλάδας-Επισκόπηση 1982-83. Ζιζανιολογία 1: 85-90.

Egli, M.A., Gergenbach, B.G., Gronwald, J.W., Somers, D.A.L. 1993. Characterization of maize acetyl-coenzyme A carboxylase, Plant Physiol. 101: 499-506.

Ελευθεροχωρινός, Η.Γ. 1996. ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑ, Εκδ. ΑγρόΤυπος ΑΕ, Αθήνα, σελ. 27-30, 217-286.

Ελευθεροχωρινός, Η.Γ. 2002. ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑ 2<sup>η</sup> Έκδοση Ζιζάνια Ζιζανιοκτόνα Περιβάλλον Αρχές Και μέθοδοι διαχείρισης, ΑγρόΤυπος ΑΕ, Αθήνα, σελ. 349-364

Evenson, K. J., Gronwald, J. W. & Wyse, D. L. 1997. Isoforms of acetyl-coenzyme A carboxylase in *Lolium multiflorum*. Pestic. Biochem. Physiol. 35.

Devine, M.D., Hall, J.C., Romano, M.L., Marles, M.A.S., Thomson, L.W. & Shimabukuro, R.H. 1993. Diclofop and fenoxaprop resistance in wild oat is associated with an altered effect on the plasma membrane electrogenic potential. Pestic. Biochem. Physiol. 45: 167-77

Devine, M.D. & Shimabukuro, R.H. 1994. Resistance to acetyl coenzyme A carboxylase inhibitors. In *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*, ed. S.B. Powles & J. A.M. Holtum, Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 141-69.

Devine, M. D. & Eberlein, C. V. 1997. Physiological, biochemical and molecular aspects of herbicide resistance based on altered target sites. In *Herbicide Activity: Toxicology, Biochemistry and Molecular Biology*, ed. R. M. Roe, J. D. Burton and R. J. Kuhr, I.O.S. Press, Amsterdam, pp. 159-85.

Kobek, K., Focke, M. & Lichtenthaler, H.K. 1988. Fatty acid biosynthesis and acetyl-CoA carboxylase as a target of diclofop, fenoxaprop and other arylophenoxypropionic acid herbicides. *Z. Naturforsch.* 43c: 47-54.

Marshall, L.C., Somers, D.A., Dotray, P.D., Gengenbach, B.G., Wyse, D.L. & Gronwald, J.W. 1992. Allelic mutations in acetyl-coenzyme A carboxylase confer herbicide tolerance in maize, *Theor. Appl. Genet* 83: 435-442.

Marshall, G., Kirkwood, R.C. & Leach, G.E. 1994. Comparative studies on graminicide-resistant and susceptible biotypes of *Eleusine indica*, *Weed Res.* 34: 177-85.

Murray, B.G., Morrison, I. N. & Brule-Babel, A. L. 1995. Inheritance of acetyl-CoA carboxylase inhibitor resistance in wild oat (*Avena fatua*), *Weed Sci.* 43: 233-38.

Murray, B. G., Brule-Babel, A.L. & Morrison, I.N. 1996. Two distinct alleles encode for acetyl-CoA carboxylase resistance in wild oat (*Avena fatua*), *Weed Sci.* 44: 476-81.

Obermeier, M.R., Barrett, M., Witt, W.W. & Green, J.D. 1997. ACCase inhibitor resistance observed in johnsongrass [*Sorghum halepense* (L.) Pers.] Abstr., *Weed Sci. Soc. Amer.* 37: 64.

Peterson, M.A. and Arnold, W.E. 1985. Response of rotational crops to soil residues of chlorsulfonyl. *Weed Sci.* 34: 131-36.

Preston, C., Tardif, F.J., Christopher, J.T. & Powles, S.B. 1996. Multiple resistance to dissimilar herbicide chemistries in a biotype of *Lolium rigidum* due to enhanced activity of several herbicide degrading enzymes, *Pestic. Biochem. Physiol.* 54: 123-34.

Shukla, A., Leach, G.E. & Devine, M.D. 1998. High level resistance to setoxydim conferred by an alteration in the target site enzyme, acetyl-CoA carboxylase, in *Setaria viridis* and *Setaria faberi*, Plant Physiol. Biochem, 234-240.

Shukla, A., Dupont, S. & Devine, M.D. 1998. Resistance to ACCase-inhibitor herbicides in wild oat: evidence for target site-based resistance in two biotypes from Canada. Pestic. Biochem. Physiol.

Rendina, A.R., Felts, J.M., Beaudoin, J.D., Craig-Kennard, A.C., Look, L.L., Paraskos, S.L. & Hanegah, J.A. 1988. Kinetic characterization, stereoselectivity and species selectivity of the inhibition of plant acetyl-CoA carboxylase by the arylophenoxypropionic acid grass herbicides. Arch. Biochem. Biophys. 265: 219-25.

Wienderholt, R.J. & Stoltenberg, D.E. 1996. Similar fitness between large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) accessions resistant or susceptible to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors. Weed Technol. 10: 42-49.

Wienderholt, R.J. & Stoltenberg, D.E. 1996. Absence of differential fitness between giant foxtail (*Setaria faberi*) accessions resistant and susceptible to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors. Weed Sci. 44: 18-24.