

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ &
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΙΟΤΥΠΩΝ ΤΟΥ ΖΙΖΑΝΙΟΥ ΒΡΟΜΟΣ
(*Bromus spp.*) ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ
ΔΙΑΦΟΡΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΡΟΥΒΑΛΗ Α. ΛΑΜΠΡΙΝΗ

ΑΘΗΝΑ 2018

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ &
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΙΟΤΥΠΩΝ ΤΟΥ ΖΙΖΑΝΙΟΥ ΒΡΟΜΟΣ
(*Bromus spp.*) ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ
ΔΙΑΦΟΡΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΡΟΥΒΑΛΗ Α. ΛΑΜΠΡΙΝΗ

ΑΘΗΝΑ 2018

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ &
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΙΟΤΥΠΩΝ ΤΟΥ ΖΙΖΑΝΙΟΥ ΒΡΟΜΟΣ
(*Bromus spp.*) ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ
ΔΙΑΦΟΡΑ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΡΟΥΒΑΛΗ Α. ΛΑΜΠΡΙΝΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Επίκουρος Καθηγητής Τραυλός Ηλίας

ΜΕΛΗ: Καθηγητής Μπιλάλης Δημήτριος,

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Παπαστυλιανού Παναγιώτα

Ευχαριστίες

Πριν αναφερθώ στην πτυχιακή μου εργασία θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον εισηγητή της εργασίας Επίκουρο Καθηγητή κ. Ηλία Τραυλό για την ανάθεση του θέματος, το σχεδιασμό και την επίβλεψη των πειραματικών εργασιών, την πολύτιμη και συνεχή βοήθεια που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια διεξαγωγής και συγγραφής αυτής αλλά και την υπομονή και κατανόηση. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου και μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δημήτριο Μπιλάλη και την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Παναγιώτα Παπαστυλιανού για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν όλα αυτά τα χρόνια. Όλοι μαζί έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην πορεία των σπουδών μου.

Περίληψη

Ο βρόμος (*Bromus sp.*) είναι ένα ετήσιο χειμερινό ζιζάνιο, ιδιαίτερα επιβλαβές για τις καλλιέργειες των χειμερινών σιτηρών. Το ζιζάνιο συναντάται σε όλο σχεδόν τον κόσμο, ενώ ιδιαίτερα υψηλή είναι και η συχνότητά του στην Ελλάδα. Η αποτελεσματική αντιμετώπιση του βρόμου αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα για τους καλλιεργητές σιτηρών, καθώς σε κάποιες περιπτώσεις το ζιζάνιο έχει αναπτύξει υψηλή ανθεκτικότητα έναντι ορισμένων ευρέως χρησιμοποιούμενων ζιζανιοκτόνων. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της ανθεκτικότητας βιοτύπων βρόμου σε ορισμένα ζιζανιοκτόνα και ο μεταξύ τους ανταγωνισμός. Για το σκοπό αυτό συλλέχθηκαν φυτά από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα Glyphosate x, Glyphosate 2x, Glufosinate x, Fenoxarprop x, Clodinafop x, Mesosulfuron+Iodosulfuron x, Amidosulfuron+Mesosulfuron+Iodosulfuron.

Τα ζιζανιοκτόνα που ήταν πιο αποτελεσματικά έναντι των βιοτύπων βρόμου είναι τα καθολικά ζιζανιοκτόνα glyphosate και glufosinate και τα μίγματα ζιζανιοκτόνων σουλφονυλουρίας mesosulfuron + iodosulfuron και amidosulfuron + mesosulfuron + iodosulfuron.

Αντίθετα το fenoxarprop και το clodinafop δεν ήταν αποτελεσματικά στην καταπολέμηση των πληθυσμών, καθώς οι περισσότεροι πληθυσμοί παρουσίασαν ανθεκτικότητα.

Οι πληθυσμοί με το μεγαλύτερο ποσοστό ανθεκτικότητας σε όλα τα ζιζανιοκτόνα είναι οι Θ1(*B. hordeaceus*), Θ5(*B. sterilis*) και Θ9 (*B. sterilis*) και αμέσως μετά οι Θ4, Θ8 (*B. sterilis*) και Θ10 (*B. hordeaceus*).

Οι πληθυσμοί Θ3 (*B. sterilis*) και Θ11 (*B. hordeaceus*) ήταν οι πιο ευαίσθητοι σε όλες τις επεμβάσεις.

Οι βιότυποι Θ5 και Θ10 εκτός από ανθεκτικοί ήταν και οι πιο ανταγωνιστικοί βιότυποι, καθώς στο μέρος του πειράματος που αφορούσε τον ανταγωνισμό υπερείχαν από τους άλλους βιότυπους.

Λέξεις κλειδιά: *Bromus spp.*, ανθεκτικότητα, ανταγωνισμός, ζιζανιοκτόνα

Summary

Brome (*Bromus* sp.) Is an annual winter weed, particularly harmful to the crops of winter grain. The weed is found around the world, and its frequency is particularly high in Greece. Effective moulting is a major problem for grain growers, as in some cases the weed has developed high resistance to some widely used herbicides. The purpose of this study is to investigate the resistance of biotype loops to certain herbicides and the competition between them. To this end, plants from different regions of Greece were harvested. The herbicides used were Glyphosate x, Glyphosate 2x, Glufosinate x, Fenoxaprop x, Clodinafop x, Mesosulfuron + Iodosulfuron x, Amidosulfuron + Mesosulfuron + Iodosulfuron.

Herbicides that were most effective against broadleaf biotypes are the universal glyphosate and glufosinate herbicides and the mesosulfuron + iodosulfuron and amidosulfuron + mesosulfuron + iodosulfuron sulphonylurea herbicide mixtures.

In contrast, fenoxaprop and clodinafop were not effective in fighting populations, as most populations showed resistance.

The populations with the highest degree of resistance to all herbicides are Th1 (*B. hordeaceus*), Th5 (*B. sterilis*) and Th9 (*B. sterilis*) and immediately afterwards Th4, Th8 (*B. sterilis*) and Th10 (*B. hordeaceus*).

The Th3 (*B. sterilis*) and Th11 (*B. hordeaceus*) populations were the most sensitive in all interventions.

Biotypes Th5 and Th10 other than resistant were also the most competitive biotypes, as they competed with the other biotypes in the part of the experiment.

Key words: *Bromus spp.*, resistance, fitness cost, herbicides

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
Εισαγωγή	9
1.1 Τα σιτηρά	9
1.2 Τα ζιζάνια ως εχθροί των φυτών	15
1.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τον ανταγωνισμό των ζιζανίων με τα καλλιεργούμενα φυτά	17
1.2.2 Είδος ζιζανίου	17
1.2.3 Κατάταξη ζιζανίων	18
1.2.4 Έλεγχος ζιζανίων στα σιτηρά	20
1.3 Ανθεκτικότητα του ζιζανίων σε ζιζανιοκτόνα	27
1.3.1 Μηχανισμοί ανθεκτικότητας των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα	29
1.3.1.1 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς του PS II	30
1.3.1.2 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς του PS I	31
1.3.1.3 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης καρροτενοειδών (ένζυμο PDS)	31
1.3.1.4 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης χλωροφύλλης (ένζυμο PPG-0)	31
1.3.1.5 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης αμινοξέων με διακλαδισμένη αλυσίδα (ένζυμο ALS ή AHAS)	32
1.3.1.6 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης αρωματικών αμινοξέων (ένζυμο EPSPS)	33
1.3.1.7 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης λιπαρών οξέων (ένζυμο ACCase)	33
1.3.1.8 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης μεγάλου μήκους αλυσίδας λιπαρών οξέων (VLCFAs)	34
1.3.1.9 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς μίτωσης	34
1.3.1.10 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα με δράση αυξίνης	35
1.3.2 Σταυρανθεκτικότητα και πολλαπλή ανθεκτικότητα	35
1.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη ανθεκτικότητας των ζιζανίων	39
1.3.4 Επιπτώσεις από την ανάπτυξη ανθεκτικότητας	40
1.3.5 Πρόληψη και διαχείριση της ανθεκτικότητας	40
1.3.6 Μέτρα αντιμετώπισης της ανθεκτικότητας	41

1.4 Ανταγωνισμός.....	42
1.5 Περιγραφή των ειδών <i>Bromus</i>	42
1.5.2 <i>Bromus sterilis</i>	45
1.6 Σκοπός της μελέτης.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	48
Υλικά και Μέθοδοι	48
2.1 Γενικά.....	48
2.2 Περιγραφή του πειράματος.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	59
Αποτελέσματα.....	59
3.1 Στατιστική Ανάλυση των αποτελεσμάτων.....	59
3.2 Αποτελέσματα.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	85
Συζήτηση –Συμπεράσματα	85
4.1. Συζήτηση.....	85
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Τα σιτηρά

Τα σιτηρά ανήκουν στην οικογένεια Poaceae (παλαιότερα Graminae), είναι φυτά μονοκοτυλήδονα, καλλιεργούνται σε όλες τις χώρες του κόσμου και παρουσιάζουν παγκόσμια οικονομική σημασία και πολύ υψηλή διατροφική αξία. Από τις αρχαιολογικές έρευνες προκύπτει ότι το σιτάρι και το κριθάρι στον παλαιό κόσμο και το καλαμπόκι στο νέο κόσμο είχαν αναγνωρισθεί ως πολύ σπουδαία φυτά από τα αρχαία χρόνια. Είναι πιθανόν τα φυτά αυτά να αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη για τη μετάβαση του ανθρώπου από τις τροφοσυλλεκτικές κοινωνίες στις αγροτικές κοινωνίες που σταδιακά οργανώνονταν. Ιδιαίτερα για το σιτάρι και το κριθάρι αναφέρεται ότι καλλιεργήθηκαν στη Μέση Ανατολή 10.000 χρόνια πριν. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι οι σπουδαιότεροι αρχαίοι αρχαίοι πολιτισμοί ήκμασαν σε περιοχές όπου καλλιεργούνταν από κάποιο σιτηρό. Τα οχτώ καρποδοτικά σιτηρά, δηλαδή το σιτάρι, το κριθάρι, το καλαμπόκι, το ρύζι, η βρώμη, η σίκαλη, το σόργο και το κεχρί παρέχουν το 56% του συνόλου των θερμίδων που λαμβάνονται από τις τροφές και το 50% της πρωτεΐνης που καταναλώνεται παγκοσμίως. Δύο εξ αυτών, και συγκεκριμένα το σιτάρι και το ρύζι, συμβάλλουν άμεσα στη διατροφή του ανθρώπου. Το καλαμπόκι συμβάλλει κι άμεσα, κυρίως όμως έμμεσα στη διατροφή του ανθρώπου καθώς αποτελεί το σημαντικότερο προϊόν στη διατροφή των ζώων. Το 75% του συνόλου των σπόρων των σιτηρών παράγεται από το σιτάρι, το ρύζι και το καλαμπόκι, ενώ το 25% από τα υπόλοιπα είδη. Σε πολύ περιορισμένη κλίμακα τα σιτηρά χρησιμοποιούνται και στη διατροφή των ζώων ως χονδροειδής ζωτροφή (κυρίως ως βόσκηση και ενσιρωμένη τροφή). Με όσα αναφέρθηκαν καταδεικνύεται η μεγάλη παγκόσμια σπουδαιότητα των σιτηρών και δικαιολογείται η σημαντική ερευνητική προσπάθεια που γίνεται για την επίτευξη της αύξησης της απόδοσης και τη βελτίωση της καλλιεργητικής τεχνικής με σκοπό την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών για τη διατροφή του πληθυσμού της γης. Με την πάροδο του χρόνου η μορφή των καλλιεργούμενων σιτηρών άλλαξε με την επιλογή που έγινε σταδιακά, αρχικά εμπειρικά, ως προς ορισμένα

χαρακτηριστικά, π.χ. γενότυπους που δεν τίναζαν τους σπόρους εύκολα και συστηματικά αργότερα εφαρμόζοντας τους νόμους της Γενετικής που παρουσιάστηκαν από το Mendel κατά το δεύτερο ήμισυ του 19^{ου} αιώνα. Τα σιτηρά καλλιεργούνται σε όλες τις χώρες του κόσμου και έχουν παγκόσμια οικονομική σημασία.

Κατά το 2006 καλλιεργήθηκαν 6.619 στρέμματα σιτηρών σε όλο τον κόσμο με συνολική παραγωγή 2.197 εκατομμύρια τόνους (FAOSTAT, 2006). Η κατανομή κατά είδος καλλιέργειας παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1. Παγκόσμια παραγωγή και καλλιεργηθείσες εκτάσεις των σπουδαιότερων καρποδοτικών σιτηρών κατά το 2006 (FAOSTAT, 2006).

Είδος	Καλλιεργηθείσα έκταση (Εκατομ. Στρ.)	Παραγωγή (Εκατομ. tn)	Μέση απόδοση Kg/στρ.
Σιτάρι	2161	606	280
Ρύζι	1543	634	411
Καλαμπόκι	1444	695	482
Κριθάρι	555	138	250
Σόργο	415	56	136
Κεχρί	328	32	97
Βρώμη	113	23	205
Βρίζα	60	13	221
Σύνολο	6619	2197	-

Η παγκοσμίως καλλιεργούμενη έκταση με σιτηρά, παρουσίασε μικρές μεταβολές κατά τις τελευταίες δεκαετίες (Πίνακας 1.2). Αντίθετα η παραγωγή υπερδιπλασιάστηκε. Η παρατηρηθείσα αύξηση της παραγωγής ήταν αποτέλεσμα της χρησιμοποίησης πιο παραγωγικών ποικιλιών, της βελτίωσης της τεχνικής καλλιέργειας και της αύξησης των χρησιμοποιούμενων εισροών (π.χ. λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά προϊόντα). Επιπλέον η προοπτική αύξησης των καλλιεργούμενων

εκτάσεων στο προσεχές μέλλον είναι περιορισμένη. Η αύξηση της παραγωγής για την κάλυψη των αναγκών του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού της γης θα προκύψει κυρίως από την αύξηση των αποδόσεων στις αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες συνεχίζουν να είναι χαμηλές. Η αύξηση των αποδόσεων σε αυτές τις χώρες θα επιτευχθεί αφενός με τη χρήση βελτιωμένων ποικιλιών κι αφετέρου με την αύξηση των εισροών στην καλλιέργεια.

Πίνακας 1.2. Μεταβολή της παγκοσμίως καλλιεργούμενης έκτασης με σιτηρά και της παραγωγής μεταξύ 1961-2006 (FAOSTAT, 2006).

Έτος	Καλλιεργηθείσα έκταση (Έκατομ. Στρ.)	Παραγωγή (Έκατομ. tn)
1961	6491	878
1971	6880	1300
1981	7274	1632
1991	7140	1890
2001	6744	2109
2004	6768	2280
2006	6739	2221

Συγκριτικά πλεονεκτήματα σιτηρών:

- 1) Αποδοτικότητα:** Τα σιτηρά μπορούν να αποδώσουν τόσο με μειωμένες εισροές όσο και σε συνθήκες υψηλών εισροών και πλήρους εκμηχάνισης. Σε εκτατικές συνθήκες είναι παραγωγικότερα συγκριτικά με τα άλλα καλλιεργούμενα φυτά. Τα σιτηρά παγκοσμίως έχουν πολύ μεγαλύτερες αποδόσεις από τα καρποδοτικά ψυχανθή και τα ελαιοδοτικά φυτά.
- 2) Ασφάλεια παραγωγής:** Τα σιτηρά είναι δυνατό να αναπτυχθούν σε περιοχές με μεγάλες διαφορές ως προς τις εδαφολογικές συνθήκες που επικρατούν. Ακόμη έχουν το πλεονέκτημα να καλλιεργούνται και σε περιβάλλοντα όπου άλλες κύριες καλλιέργειες για την παραγωγή τροφών δεν είναι δυνατό να επιβιώσουν.

- 3) Πηγή τροφίμων:** Τα προϊόντα των σιτηρών αποτελούν τη βάση της διατροφής του πληθυσμού παγκοσμίως. Ο βαθμός εξάρτησης της διατροφής από κάποιο είδος διαφέρει στις διάφορες περιοχές ανάλογα με τις διατροφικές συνήθειες των πληθυσμών. Για παράδειγμα το ρύζι αποτελεί τη βάση της διατροφής στην Ασία, το σιτάρι στην Ευρώπη και το καλαμπόκι στην Αφρική. Οι σπόροι των σιτηρών μπορούν να καταναλωθούν αυτούσιοι ή μετά από άλεση με τη μορφή διαφόρων σκευασμάτων όπως ψωμί, ζυμαρικά, προϊόντα ζαχαροπλαστικής. Επιπλέον, πλήθος άλλων προϊόντων όπως η μύρα, το ούισκι και άλλα έχουν ως πρώτη ύλη κάποιο σιτηρό.
- 4) Εύκολη αποθήκευση και διαχείριση:** Οι σπόροι των σιτηρών είναι συμπυκνωμένη μορφή τροφής με μικρή περιεκτικότητα σε υγρασία και επομένως απαιτεί μικρό χώρο αποθήκευσης. Είναι ανθεκτικοί στις χαμηλές θερμοκρασίες και την ξηρασία, είναι σκληροί και η διαχείρισή τους με μηχανήματα συλλογής και αποθήκευσης γίνεται εύκολα, χωρίς σημαντικές ζημιές. Μπορούν να αποθηκευτούν ασφαλώς σε κατάλληλες συνθήκες υγρασίας (συνήθως 14%) για αρκετό χρονικό διάστημα, η τυποποίησή τους είναι εύκολη για αυτό και κυριαρχούν στο εμπόριο.
- 5) Ποιότητα τροφής:** Τα σιτηρά ως τροφή παρουσιάζουν μεγάλη αποδοχή εκ μέρους των καταναλωτών και είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία με αποτέλεσμα η διατροφή να κυριαρχείται από αυτά. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε υδατάνθρακες θεωρούνται αξιόλογη πηγή ενέργειας για τον οργανισμό. Το άμυλο των σιτηρών παρουσιάζει μεγάλη πεπτικότητα, ενώ η περιεκτικότητα των σπόρων των σιτηρών σε πρωτεΐνες είναι πολύ μικρότερη συγκριτικά με εκείνη των ψυχανθών.
- 6) Ζωοτροφή:** Οι σπόροι των σιτηρών χρησιμοποιούνται στη διατροφή εσταυλισμένων ζώων σε μείγματα με πρωτεϊνούχες τροφές για τη σύσταση ορθολογικών σιτηρεσίων. Πέρα από τους σπόρους τα σιτηρά παρέχονται και ως χλωρά τροφή στα ζώα, όπως για παράδειγμα με τη βόσκηση των χειμερινών σιτηρών και την ενσίρωση του καλαμποκιού και του σόργου.
- 7) Προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας των καταναλωτών:** Παρά το γεγονός ότι τα σιτηρά προσβάλλονται από διάφορους εχθρούς και ασθένειες, δε γίνεται εκτεταμένη χρήση αγροχημικών για την αντιμετώπισή τους προκειμένου να αποφευχθεί το υψηλό κόστος παραγωγής. Ακόμα με την εκμετάλλευση της γενετικής παραλλακτικότητας που βρέθηκε στα σιτηρά, δημιουργήθηκαν ανθεκτικές ποικιλίες, γεγονός που επίσης συντελεί στη μείωση της χρήσης αγροχημικών, άρα εγκυμονεί και λιγότερους κινδύνους για την υγεία των καταναλωτών.

Σπουδαιότητα και εξάπλωση των σιτηρών στην Ελλάδα

Τα σιτηρά σπέρνονται σε όλη την Ελλάδα ακόμη και στα νησιά. Υπάρχουν όμως ορισμένες περιοχές στις οποίες η σιτοκαλλιέργεια έχει μεγάλη διάδοση. Στην πρώτη θέση παραγωγής σιταριού βρίσκονται οι εκτεταμένες πεδιάδες στη Λάρισα, τη Θεσσαλονίκη, την Καρδίτσα και τα Τρίκαλα. Ακολουθούν οι πεδιάδες της Βοιωτίας, Φθιώτιδας και Φωκίδας, η κοιλάδα του Έβρου, η περιφέρεια Σερρών και άλλες περιοχές σκορπισμένες σε όλα τα σημεία της χώρας. Όσον αφορά το κριθάρι εκτός από τη Λάρισα και τη Θεσσαλονίκη μεγάλες ποσότητες σπέρνονται και στην περιοχή των Σερρών, στο νομό Έβρου και τη Βοιωτία. Η βρώμη καλλιεργείται κυρίως στις πεδιάδες της Θεσσαλονίκης και της Λάρισας, στη Χαλκιδική, στην περιφέρεια Ηρακλείου Κρήτης κλπ. Τέλος η σίκαλη είναι φυσικά διαδεδομένη σε ορεινές περιοχές, όπως στη Φλώρινα, την Κοζάνη, τα ορεινά του νομού Έβρου, Σερρών και Θεσσαλονίκης.

Στη χώρα μας, η καλλιεργούμενη με σιτηρά έκταση, από 15 εκατομμύρια στρέμματα το 1940 αυξήθηκε μόλις στα 15,5 εκατομ. στρ. το 1970. Στη συνέχεια μειώθηκε στα 12,6 εκ. στρ. το 2004 και τέλος στα 9,5 το 2006 (Πίνακας 1.3). Η μείωση των καλλιεργούμενων με σιτηρά εκτάσεων στη χώρα μας κατά την περίοδο 2004 με 2006 (Πίνακας 1.3) οφείλεται στην αναμόρφωση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ) καθώς και τον τρόπο χορήγησης των ενισχύσεων εκ μέρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης στους παραγωγούς. Με τη παρατηρηθείσα όμως αύξηση των τιμών των σιτηρών παγκοσμίως κατά το 2007 και τη χρησιμοποίησή τους για την παραγωγή βιοκαυσίμων, προβλέπεται η εκ νέου αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων στα επίπεδα περίπου του 2004. Ωστόσο, τα περιθώρια για περαιτέρω αύξηση των καλλιεργούμενων με σιτηρά εκτάσεων είναι περιορισμένα. Σε αντίθεση με τις καλλιεργούμενες εκτάσεις, η παραγωγή αυξήθηκε σημαντικά από 1,39 εκ. τόνους το 1940 σε 3,56 το 1970 και σε 5,86 εκατομμύρια τόνους το 2004. Η αύξηση αυτή που παρατηρήθηκε στην παραγωγή είναι αποτέλεσμα της αύξησης των αποδόσεων. Η χρησιμοποίηση βελτιωμένων καλλιεργειών, οι αυξημένες καλλιεργητικές φροντίδες, η χρησιμοποίηση λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων (καταπολέμηση

εχθρών, ασθενειών και ζιζανίων) ήταν οι παράγοντες που οδήγησαν στην αύξηση των αποδόσεων.

Η έκταση που καταλαμβάνουν τα σιτηρά στη χώρα μας αντιστοιχεί στο 60% περίπου των εκτάσεων που καλλιεργούνται με φυτά μεγάλης καλλιέργειας ή αροτραίες καλλιέργειες (ΕΣΥΕ 2004, FAOSTAT, 2006). Η κατανομή κατά είδος και η μέση απόδοση κατά τα έτη 2004 και 2006 παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3. Καλλιεργηθείσες εκτάσεις, παραγωγή και μέση απόδοση των καρποδοτικών σιτηρών κατά τα έτη 2004 και 2006 (FAOSTAT, 2006).

Είδος	Καλλιεργηθείσα έκταση, χιλ. στρ.		Παραγωγή χιλ. tn		Μέση απόδοση Kg/στρ.	
	2004	2006	2004	2006	2004	2006
Σιτάρι	8450	6100	2092	1380	248	226
Καλαμπόκι	2429	1900	2455	1710	1011	900
Κριθάρι	940	750	234	188	249	250
Βρώμη	407	450	83	96	203	200
Ρύζι	237	220	188	201	795	912
Βρίζα	142	130	34	23	237	180
Σόργο	0,6	0,3	0,1	0,04	165	141
Σύνολο	12606	9500	5086	3591	-	-

Τα σιτηρά διακρίνονται σε χειμερινά σιτηρά ή σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων (Υποοικ.: *Festucoideae*) και εαρινά σιτηρά ή σιτηρά των θερμών κλιμάτων (Υποοικ.: *Panicoideae*), ανάλογα με την αντοχή τους στις χαμηλές θερμοκρασίες και την εποχή σποράς. Το σιτάρι, το κριθάρι, η σίκαλη, η βρώμη και το τριτικάλε αποτελούν τα χειμερινά είδη, τα οποία σπέρνονται το Φθινόπωρο. Το καλαμπόκι, το ρύζι, το σόργο και το κεχρί αποτελούν τα εαρινά σιτηρά, τα οποία σπέρνονται την άνοιξη.

1.2 Τα ζιζάνια ως εχθροί των φυτών

Με τον όρο ζιζάνιο εννοούμε «κάθε φυτό που αναπτύσσεται εκεί όπου και όταν δεν είναι επιθυμητό». Άρα, με βάση τον ορισμό αυτό, όλα τα καλλιεργούμενα ή αυτοφυή, μπορούν να θεωρηθούν ζιζάνια όταν αναπτύσσονται σε χώρους και χρονικά διαστήματα όπου ο άνθρωπος επιθυμεί άλλα φυτά ή δεν επιθυμεί κανένα φυτό (δρόμοι, γραμμές τρένων, βιομηχανικοί χώροι κ.ά.). Αυτό βέβαια σημαίνει ότι ο όρος ζιζάνιο δεν έχει απόλυτη, αλλά σχετική έννοια, και ως εκ τούτου όλα τα ζιζάνια έξω από το χώρο και το χρόνο όπου θεωρούνται ανεπιθύμητα φυτά, μπορεί να είναι φυτά με ευεργετικές επιδράσεις. Αυτό όντως συμβαίνει με την παρουσία ορισμένων αυτοφυών ή καλλιεργούμενων φυτών σε οπωρώνες κι αμπελώνες που είναι εγκατεστημένοι σε επικλινή εδάφη. Η παρουσία τέτοιων φυτών κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού είναι ανεπιθύμητη εξαιτίας του ανταγωνισμού με τα δένδρα και τα πρέμνα του αμπελώνα σε θρεπτικά στοιχεία, νερό και φως, αλλά και διότι δυσκολεύουν τις καλλιεργητικές φροντίδες. Αντίθετα, η παρουσία αυτών των φυτών κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι επιθυμητή και θεωρούνται φυτά με ευεργετικές επιδράσεις επειδή προστατεύουν το έδαφος των καλλιεργειών αυτών από διάβρωση, αλλά και διότι η ενσωμάτωσή τους κατά την άνοιξη βελτιώνει τη δομή του εδάφους και το εμπλουτίζει με θρεπτικά στοιχεία.

Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι τα ζιζάνια δεν είναι πάντα και παντού ανεπιθύμητα φυτά, αλλά χαρακτηρίζονται ως ζιζάνια όταν προκαλούν μία ή περισσότερες από τις άμεσες ή έμμεσες ανεπιθύμητες επιδράσεις στα καλλιεργούμενα φυτά, στον άνθρωπο ή και στα ζώα:

- 1) **Ανταγωνισμός με τα καλλιεργούμενα φυτά για θρεπτικά στοιχεία, νερό και φως.** Αποτέλεσμα είναι η μείωση της απόδοσης και η υποβάθμιση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.
- 2) **Αλληλοπαθητική επίδραση.** Τοξικές ουσίες που εκκρίνονται από το ριζικό σύστημα των ζιζανίων στο έδαφος.
- 3) **Παρασιτισμός καλλιεργούμενων φυτών.**
- 4) **Ξενιστές επιβλαβών εντόμων και παθογόνων μικροοργανισμών των καλλιεργούμενων φυτών.**

- 5) Δυσχέρειες κατά την εγκατάσταση των καλλιεργούμενων φυτών κατά την εκτέλεση των μετέπειτα καλλιεργητικών φροντίδων.
- 6) Οψίμιση της παραγωγής των προϊόντων και δυσχέρειες κατά τη συγκομιδή τους.
- 7) Υποβάθμιση της ποιότητας των βοσκοτόπων. Δηλαδή εξάπλωση ενός ζιζανίου με αγκάθια που αποτρέπει τη βόσκηση των ζώων ή ενός ζιζανίου με μικρή θρεπτική αξία.
- 8) Δηλητηριάσεις σε ζώα και ανθρώπους.
- 9) Μείωση της ταχύτητας της ροής του νερού σε αρδευτικά και στραγγιστικά κανάλια.
- 10) Μείωση της ορατότητας σε στροφές και διασταυρώσεις δρόμων.
- 11) Αύξηση της πιθανότητας της πυρκαγιάς.
- 12) Μείωση της αποτελεσματικής χρήσης των βιομηχανικών χώρων.
- 13) Προβλήματα στις γραμμές των τρένων και υποβάθμιση της αισθητικής αξίας των χώρων αναψυχής.

Η αδυναμία των περισσότερων φυτών να θεωρούνται ως ζιζάνια και να προκαλούν ανεπιθύμητες επιδράσεις παντού και πάντοτε οφείλεται στο γεγονός ότι δεν διαθέτουν αποτελεσματικούς μηχανισμούς επιβίωσης και χαρακτηριστικά που θεωρούνται απαραίτητα για το σκοπό αυτό. Ειδικότερα, τα περισσότερα φυτά δεν είναι ζιζάνια παντού και πάντοτε επειδή: α) παράγουν μικρό αριθμό οργάνων αναπαραγωγής, β) έχουν όργανα αναπαραγωγής που χαρακτηρίζονται από μικρή βιωσιμότητα, μικρή διάρκεια ληθάργου και δυσκολία κατά τη διασπορά, γ) έχουν στενή προσαρμοστική ικανότητα, δ) έχουν μικρή ανταγωνιστική-αλληλοπαθητική ικανότητα, ε) δεν επωφελούνται από τις περιποιήσεις του ανθρώπου και στ) εξαλείφονται εύκολα μετά την εγκατάστασή τους (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Οι ζημιές που προκαλούν τα ζιζάνια δεν περιορίζονται μόνο στα καλλιεργούμενα φυτά αλλά επεκτείνονται και στα φυσικά λιβάδια ή στους βοσκοτόπους, στον άνθρωπο και στα ζώα. Βέβαια οι ζημιές που προκαλούν τα ζιζάνια στα καλλιεργούμενα φυτά έχουν τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα, επειδή σχετίζονται με τη μείωση των αποδόσεων και την υποβάθμιση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων (Ελευθεροχωρινός, 2008).

1.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τον ανταγωνισμό των ζιζανίων με τα καλλιεργούμενα φυτά

Τα ζιζάνια ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά για θρεπτικά στοιχεία, φως και νερό. Βέβαια, πρακτική σημασία δεν έχει ο παράγοντας για τον οποίο ανταγωνίζονται τα ζιζάνια, αλλά κυρίως το μέγεθος της ζημιάς (μείωση της απόδοσης και υποβάθμιση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων) που προκαλούν στα καλλιεργούμενα φυτά.

Αυτό που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής για τον ανταγωνισμό καλλιεργουμένων φυτών και ζιζανίων είναι το γεγονός ότι το μέγεθος της ζημιάς των καλλιεργούμενων φυτών εξαιτίας του ανταγωνισμού των ζιζανίων επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και σχετίζονται με το ζιζάνιο: 1) είδος, 2) πυκνότητα, 3) ομοιομορφία στην κατανομή στον αγρό, 4) χρόνος εμφάνισης και παραμονής εντός του καλλιεργούμενου φυτού. Παράγοντες που σχετίζονται με το καλλιεργούμενο φυτό: 1) είδος, 2) ποικιλία ή υβρίδιο, 3) πυκνότητα καθώς επίσης και το περιβάλλον (τύπος εδάφους, λίπανση και άρδευση) (Ελευθεροχωρινός, 2008).

1.2.2 Είδος ζιζανίου

Η διαφορά στη μείωση της απόδοσης ενός καλλιεργούμενου φυτού από τα διάφορα είδη ζιζανίων, όταν οι άλλοι παράγοντες ανταγωνισμού είναι σταθεροί, οφείλεται κυρίως σε διαφορές μορφολογικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών, οι οποίες έχουν ως συνέπεια τη διαφοροποίηση της ανταγωνιστικής ικανότητας των ζιζανίων εναντίον του καλλιεργούμενου φυτού. Τα χαρακτηριστικά που βελτιώνουν την ανταγωνιστική ικανότητα ενός ζιζανίου είναι: 1) ο ταχύτερος ρυθμός φυτρώματος των σπόρων, 2) η ταχύτερη και πλούσια ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, 3) ο ταχύτερος ρυθμός απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων και νερού, 4) η ταχύτερη ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας, 5) ο μεγαλύτερος δείκτης φυλλικής επιφάνειας, 6) ο υψηλότερος ρυθμός φωτοσύνθεσης, 7) η αντοχή στη μείωση της έντασης και της διάρκειας φωτός, 8) η μεγαλύτερη βιομάζα, 9) το μεγαλύτερο ύψος και 10) η

μικρότερη εξάρτηση της αύξησης και της ανάπτυξής του από τις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Υποστηρίζεται ότι η διαφορά στην ανταγωνιστική ικανότητα μεταξύ των ζιζανίων είναι αποτέλεσμα, εκτός από τη διαφορά της αντίδρασης των ζιζανίων στην ένταση του φωτός, στη θερμοκρασία, στην υγρασία και στο οξυγόνο. Σύμφωνα με τις ίδιες πηγές τα φυτά C₄ (τα πρώτα προϊόντα φωτοσύνθεσης είναι οργανικά οξέα με τέσσερα άτομα άνθρακα) είναι πιο ανταγωνιστικά από τα φυτά C₃ (το πρώτο προϊόν της φωτοσύνθεσης είναι οργανικό οξύ με τρία άτομα άνθρακα), επειδή τα φυτά C₄ χαρακτηρίζονται από υψηλότερους ρυθμούς δέσμευσης του CO₂ και παραγωγής προϊόντων φωτοσύνθεσης υπό κανονικές συνθήκες, αλλά και αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση του CO₂ υπό αντίξοες συνθήκες. Αυτό είναι αποτέλεσμα της ικανότητας των C₄ φυτών να επιτυγχάνουν το μέγιστο της φωτοσύνθεσης σε θερμοκρασία 30-34 °C και στο άριστο της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, τα C₄ φυτά σε κανονικές συνθήκες έχουν το διπλάσιο ρυθμό φωτοσύνθεσης και διπλάσιο ρυθμό αύξησης απ'ότι τα φυτά C₃ και παράγουν διπλάσια ή τριπλάσια ποσότητα ξηράς ουσίας ανά μονάδα χρησιμοποιούμενου νερού. Επιπροσθέτως, τα C₄ φυτά δεν έχουν φωτοαναπνοή και ως εκ τούτου δεν έχουν απώλειες ενδιάμεσων προϊόντων φωτοσύνθεσης λόγω αυτού του μηχανισμού. Αυτό σημαίνει ότι η δέσμευση του CO₂ από αυτά τα φυτά αυξάνεται με την αύξηση της έντασης του φωτός και την άνοδο της θερμοκρασίας και δεν αναστέλλεται από την αύξηση της συγκέντρωσης του O₂. Όλα τα παραπάνω καθιστούν τα παραπάνω φυτά πιο ανταγωνιστικά και λιγότερο επηρεαζόμενα από τις αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος (Ελευθεροχωρινός, 2008).

1.2.3 Κατάταξη ζιζανίων

Η κατάταξη των ζιζανίων γίνεται με πολλούς τρόπους: α) ανάλογα με τον τύπο ανάπτυξης σε ποώδη, θαμνώδη και δενδρώδη, β) ανάλογα με τη μορφολογία των φύλλων τους σε στενόφυλλα και πλατύφυλλα, γ) σύμφωνα με το οικολογικό περιβάλλον, όπου και αναπτύσσεται διακρίνονται σε ζιζάνια καλλιεργειών, βοσκών, δασών και ζιζάνια υδατοσυλλογών, δ) ανάλογα με τα βοτανικά τους χαρακτηριστικά κατατάσσονται σε οικογένειες, είδη, υποείδη, βιότυποι ή πληθυσμοί και ε) ανάλογα

με τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου, χωρίζονται σε ετήσια, διετή και πολυετή (Λόλας, 1990; Ελευθεροχωρινός, 2008).

Ετήσια ζιζάνια

Ετήσια είναι τα ζιζάνια που συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο σε χρονική διάρκεια μικρότερη του ενός έτους. Τα ζιζάνια αυτά χωρίζονται σε χειμερινά και θερινά. Τα χειμερινά ζιζάνια φυτρώνουν το φθινόπωρο ή το χειμώνα και συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο (παράγουν σπόρο) μέχρι την άνοιξη ή τις αρχές θέρους. Είδη όπως η αγριοβρώμη (*Avena sterilis*), ήρα (*Lolium rigidum*), μεγαλόκαρπη και μικρόκαρπη κολλιτσίδα (*Gallium aparine* και *G. spurium*, αντίστοιχα) ανήκουν στη κατηγορία αυτή. Τα θερινά ζιζάνια φυτρώνουν την άνοιξη και συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο μέχρι το φθινόπωρο. Ορισμένα ζιζάνια που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι το τραχύ βλήτο (*Amarathus retroflexus*), τάτουλας (*Datura stramonium*) και μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*) (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Διετή ζιζάνια

Διετή είναι τα ζιζάνια που συμπληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο σε δύο έτη. Τα ζιζάνια αυτά αναπτύσσονται σε ροζέτα κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους, ενώ στο δεύτερο έτος ανθίζουν, παράγουν σπόρο και πεθαίνουν (Ελευθεροχωρινός, 2008).

Πολυετή ζιζάνια

Πολυετή είναι τα ζιζάνια που έχουν βιολογικό κύκλο μεγαλύτερο από δύο έτη. Τα περισσότερα από αυτά αναπαράγονται με σπόρο και όργανα αγενούς αναπαραγωγής (Ελευθεροχωρινός, 2008).

1.2.4 Έλεγχος ζιζανίων στα σιτηρά

Τα σημαντικότερα ζιζάνια των σιτηρών

Είναι προφανές ότι τα ζιζάνια αποτελούν σημαντικό πρόβλημα για τις καλλιέργειες των σιτηρών καθώς υποβαθμίζουν την ποιότητα και την ποσότητα των παραγόμενων προϊόντων εάν δεν ελεγχθούν έγκαιρα. Επιπλέον, η προσπάθεια να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά αυξάνει κατά πολύ το κόστος παραγωγής. Η ζημιά που προκαλούν τα ζιζάνια οφείλεται κυρίως στον ανταγωνισμό με τα καλλιεργούμενα φυτά για χώρο, φως, νερό και θρεπτικά στοιχεία. Το μέγεθος του προβλήματος επηρεάζεται κυρίως από το είδος, την ομοιομορφία κατανομής, την πυκνότητα και το χρόνο εμφάνισης και παραμονής των ζιζανίων. Επίσης, η έκταση της ζημιάς επηρεάζεται από το είδος, την ποικιλία ή το υβρίδιο του καλλιεργούμενου φυτού, αλλά και από τον τύπο του εδάφους, τη λίπανση και την άρδευση (Ελευθεροχωρινός, 1995).

Στις καλλιέργειες των σιτηρών παρουσιάζονται ζιζάνια πλατύφυλλα και αγρωστώδη. Τα κυριότερα αγρωστώδη ζιζάνια που εμφανίζονται στις καλλιέργειες των χειμερινών σιτηρών της χώρας μας είναι η αγριοβρώμη (*Avena sterilis L.*), η ήρα (*Lolium rigidum Gaud.*), η φάλαρη (*Phalaris spp.*), η αλεπονουρά (*Alopecurus myosuroides Hunds.*), το μίλιο (*Milium vernal Bieb.*). Τα σπουδαιότερα πλατύφυλλα ζιζάνια είναι η κολλητσίδα (*Gallium spp.*), η παπαρούνα (*Papaver rhoeas L.*), το άγριο σινάπι (*Sinapis arvensis L.*) και η βερόνικα (*Veronica spp.*) (Γιαννοπολίτης και Ελευθεροχωρινός, 1991).

Μέθοδοι αντιμετώπισης

Ο έλεγχος των ζιζανίων γίνεται με τους ακόλουθους τρόπους:

A) Προληπτικά μέτρα:

Τα πιο συνηθισμένα προληπτικά μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπιση των ζιζανίων είναι η χρησιμοποίηση σπόρου σποράς, κοπριάς και κάθε άλλου υλικού απαλλαγμένου από σπόρους ή όργανα της αγερούς αναπαραγωγής των ζιζανίων καθώς επίσης και ο επιμελής καθαρισμός των μηχανημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μολυσμένες από ζιζάνια περιοχές, προτού να χρησιμοποιηθούν σε μη μολυσμένες περιοχές. Αυτά τα μέτρα αντιμετώπισης κρίνονται αποτελεσματικά

κυρίως σε περιπτώσεις ζιζανίων που η διασπορά τους επηρεάζεται από τις δραστηριότητες του ανθρώπου. Αντίθετα, τα μέτρα αυτά δεν επιφέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση ζιζανίων, τα οποία έχουν την ικανότητα να διασπείρονται με τη βοήθεια του ανέμου, του νερού άρδευσης ή των ζώων.

B) Βοτάνισμα

Αποτελεί την αρχαιότερη και απλούστερη μέθοδο καταπολέμησης των ζιζανίων. Ουσιαστικά πρόκειται για αφαίρεση των ζιζανίων με το χέρι και σα μέθοδος αντιμετώπισης τείνει να εγκαταλειφθεί αφού είναι μια εργασία επίπονη και χρονοβόρα. Επιπλέον, χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος και είναι αδύνατο να εφαρμοσθεί σε μη γραμμικές καλλιέργειες. Η εφαρμογή του βοτανίσματος αποφεύγεται σε περιπτώσεις καταπολέμησης πολυετών ζιζανίων σε γραμμικές καλλιέργειες, καθώς υπάρχει ο κίνδυνος μαζί με τα υπόγεια αναπαραγωγικά όργανα των ζιζανίων να απομακρυνθούν ταυτόχρονα και τα φυτά των καλλιεργειών.

Γ) Μηχανική μέθοδος

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής η καταπολέμηση των ζιζανίων γίνεται με εργαλεία κατεργασίας του εδάφους (άροτρο, καλλιεργητή, δισκοσβάρνα, φρέζα, σκαλιστήρι, φρεζοσκαλιστήρι) ή με χορτοκοπτικές μηχανές. Συγκριτικά με το βοτάνισμα η μέθοδος αυτή είναι λιγότερο επίπονη και χρονοβόρα, αλλά η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από το είδος του χρησιμοποιούμενου εργαλείου, την εποχή εφαρμογής, το είδος του ζιζανίου και το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητά τους είναι προφανές ότι τα μηχανικά μέσα έχουν συμβάλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση των ζιζανίων. Ωστόσο, η χρήση τους ως μεθόδου περιορισμού των ζιζανίων δεν είναι ούτε η καλύτερη αλλά ούτε και η οικονομικότερη γιατί χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος αγοράς και λειτουργίας, η χρήση τους εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και είναι αδύνατο να αντιμετωπίσουν τα ζιζάνια παντού και πάντα. Ένα ακόμη μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η επανειλημμένη χρήση τους συχνά προκαλεί συμπίεση και οδηγεί στη δημιουργία αδιαπέρατου στρώματος σε ορισμένα εδάφη, ενώ σε άλλα (επικλινή) επιταχύνει τη διάβρωσή τους.

Δ) Καλλιεργητικά μέτρα

Η αμειψισπορά (εναλλαγή καλλιεργειών) αποτελεί ένα από τα πιο σπουδαία καλλιεργητικά μέτρα αντιμετώπισης των ζιζανίων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία του μέτρου αυτού είναι οι εναλλασσόμενες καλλιέργειες να έχουν διαφορετικό βιολογικό κύκλο (χειμερινές, ανοιξιότικες), προκειμένου να δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής και άλλων μέτρων αντιμετώπισης ζιζανίων και χρησιμοποίησης αποτελεσματικών ζιζανιοκτόνων. Το σημαντικό πλεονέκτημα της αμειψισποράς είναι ότι η δυνατότητα που παρέχει για εναλλαγή του χρησιμοποιούμενου ζιζανιοκτόνου, αποτρέπει τη δημιουργία ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα. Άλλα καλλιεργητικά μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για τον περιορισμό των ανεπιθύμητων φυτών είναι η ρύθμιση του χρόνου σποράς, η πυκνή σπορά, η χρησιμοποίηση ανταγωνιστικών ως προς τα ζιζάνια ποικιλιών και γενικά καλλιεργητική πρακτική που οδηγεί στην ανάπτυξη υγιών και εύρωστων φυτών με ανταγωνιστικότητα ως προς τα ζιζάνια (Ελευθεροχωρινός, 2002). Ωστόσο, τα καλλιεργητικά μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπιση των ζιζανίων δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά αφού συμβάλλουν στο μερικό μόνο έλεγχο τους. Επίσης, η αποτελεσματικότητα των καλλιεργητικών τεχνικών που εφαρμόζονται εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής, οι οποίες μεταβάλλονται από έτος σε έτος.

Ε) Καύση των ζιζανίων:

Το κάψιμο της ανεπιθύμητης βλάστησης είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια. Γενικότερα, η καύση των ζιζανίων σε γραμμικές καλλιέργειες με ειδικούς καυστήρες που φέρονται σε ελκυστήρες και κατευθύνουν τη φλόγα μεταξύ των γραμμών έχει μικρή εφαρμογή διεθνώς, ειδικότερα στη χώρα μας δε χρησιμοποιείται καθόλου. Οι σημαντικότεροι λόγοι που οδηγούν σε αποφυγή της συγκεκριμένης μεθόδου είναι το υψηλό κόστος αγοράς και λειτουργίας των καυστήρων, η αδυναμία αντιμετώπισης των ζιζανίων που βρίσκονται στο στάδιο έναρξης του φυτρώματος ή της βλάστησής τους αλλά και η μειωμένη αποτελεσματικότητα εναντίον των πολυετών ζιζανίων. Η χρήση της μεθόδου κρίνεται ως αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σε πολύ μικρά ζιζάνια. Η θερμοκρασία της φλόγας (περίπου 1000 °C) δεν καίει πλήρως τα ζιζάνια, αλλά νεκρώνει τα κύτταρα των νεαρών φύλλων και των βλαστών τους, γιατί ο χρόνος έκθεσής τους στη φλόγα είναι πολύ μικρός. Επιπλέον, η μέθοδος εγκυμονεί κινδύνους και για τα

καλλιεργούμενα φυτά, διότι αν οι βλαστοί τους δεν περιβάλλονται από φλοιό, θα έχουν την ίδια τύχη με τα ζιζάνια.

ΣΤ) Κάλυψη του εδάφους:

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται από μικρό αριθμό καλλιεργητών και σε καλλιέργειες υψηλής προσόδου (κηπευτικά). Κατά την εφαρμογή της το έδαφος καλύπτεται με αδρανή υλικά (πριονίδι, φλοιός κωνοφόρων, άχυρο ή αδιαφανή φύλλα πλαστικών). Σκοπός της συγκεκριμένης τεχνικής είναι η μείωση των απωλειών υγρασίας του εδάφους και η άνοδος της θερμοκρασίας του, παράγοντες που συντελούν στην πρόωμη ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών. Ταυτόχρονα, τα υλικά με τα οποία καλύπτεται το έδαφος αποτρέπουν και την ανάπτυξη ορισμένων ζιζανίων μέσω της μηχανικής αντίστασης που ασκούν και των συνθηκών σκότους που δημιουργούν. Το υψηλό κόστος εφαρμογής της μεθόδου (αγορά και εφαρμογή του πλαστικού) καθώς και η μειωμένη αποτελεσματικότητά της έναντι των πολυετών ζιζανίων είναι οι λόγοι της περιορισμένης εφαρμογής της.

Z) Κατάκλυση ή αποστράγγιση:

Η αποτελεσματικότητα αυτού του τρόπου αντιμετώπισης βασίζεται στον τρόπο διαχείρισης του νερού ανάλογα με την κατάταξη των ζιζανίων σε υδροχαρή και μη υδροχαρή, με κριτήριο τις υδατικές τους ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα, η κατάκλυση χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ανοξικών συνθηκών στα μη υδροχαρή ζιζάνια και η αποστράγγιση (σε κανάλια άρδευσης ή λιμνάζουσες περιοχές) χρησιμοποιείται με σκοπό τη στέρηση του νερού από τα υδροχαρή ζιζάνια, τα οποία τελικά νεκρώνονται. Η χρησιμοποίηση της μεθόδου για την αντιμετώπιση των ζιζανίων δεν είναι πρόσφατη καθώς έχει παρατηρηθεί και στο παρελθόν να εφαρμόζεται με επιτυχία.

H) Ηλιοαπολύμανση του εδάφους:

Μία από τις πιο αποτελεσματικές μεθόδους αντιμετώπισης των ζιζανίων είναι η απολύμανση του εδάφους με ηλιακή ακτινοβολία (soil solarization). Κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνικής το έδαφος καλύπτεται από διαφανή ή αδιαφανή πλαστικά σε περίοδο έντονης και διαρκούς ηλιακής ακτινοβολίας (Travlos et al., 2009). Το έδαφος κατά την κάλυψη συνίσταται να είναι ψιλοχλωματισμένο και υγρό, ενώ η διάρκεια της κάλυψης θα πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από τέσσερις εβδομάδες. Το συγκριτικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι καταπολεμά τα ζιζάνια

στο στάδιο των σπόρων, δηλαδή σε ένα στάδιο κατά το οποίο τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα εδάφους (με εξαίρεση το βρωμιούχο μεθύλιο), αδυνατούν να επιτύχουν. Οι απόψεις δίστανται σχετικά με το μηχανισμό δράσης της μεθόδου, καθώς ορισμένοι υποστηρίζουν ότι οι σπόροι νεκρώνονται εξαιτίας της άμεσης επίδρασης της υψηλής θερμοκρασίας του εδάφους (50-60 °C), ενώ άλλοι πιστεύουν πως η υψηλή θερμοκρασία σε συνδυασμό με την ικανοποιητική υγρασία του εδάφους αποτελούν τους παράγοντες που οδηγούν στην ανάπτυξη μερικών μικροοργανισμών. Στη συνέχεια, οι μικροοργανισμοί αυτοί προσβάλλουν τους ευαίσθητους σπόρους των ζιζανίων, αποτρέπουν τη βλάστησή τους και κατ' επέκταση την ανάπτυξη της ανεπιθύμητης βλάστησης.

Θ) Βιολογική μέθοδος:

Είναι η μέθοδος αντιμετώπισης των ζιζανίων με διάφορους οργανισμούς. Η μέθοδος επιλέγεται αντί για την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων, είναι εξαιρετικά δύσκολη και δαπανηρή. Τα είδη βιολογικής καταπολέμησης ζιζανίων με βάση το είδος των οργανισμών και τον τρόπο εφαρμογής τους είναι τα εξής:

1) Κλασσική μέθοδος

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την εισαγωγή ή απελευθέρωση φυσικών εχθρών ή παρασίτων (έντομα, μύκητες, ακάρεα, βακτήρια, νηματώδεις, πτηνά) με στόχο τη σημαντική μείωση του πληθυσμού ενός ζιζανίου. Για την εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνικής απαιτείται προηγούμενη, πολυετής έρευνα που στοχεύει στην εξεύρεση και τη μαζική παραγωγή του φυσικού εχθρού ή του κατάλληλου παρασίτου που συγκεντρώνει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, δηλαδή α) παρουσιάζει ταχύ ρυθμό αναπαραγωγής και προσβάλλει μόνο το ζιζάνιο, β) δε συνοδεύεται από δικά του παράσιτα και γ) δεν προκαλεί αναστάτωση στην οικολογική ισορροπία της περιοχής.

Η μέθοδος αυτή συγκεντρώνει τα εξής πλεονεκτήματα: είναι πολύ επιλεκτική, δηλαδή καταπολεμά μόνο το ζιζάνιο που αποτελεί πρόβλημα για τα καλλιεργούμενα φυτά, παρουσιάζει μακροχρόνια και συνήθως σταθερή αποτελεσματικότητα, είναι πολύ οικονομική και το σημαντικότερο είναι πως δεν έχει αρνητική επίδραση σε άλλους μικροοργανισμούς, ζωικούς οργανισμούς, καλλιεργούμενα ή αυτοφυή ωφέλιμα φυτά.

Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι πως δεν καταπολεμά πλήρως τα ζιζάνια, απλά μειώνει τον πληθυσμό και την ικανότητα τους να ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα

φυτά σε ανεκτά επίπεδα και επιπλέον απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο μέχρι την εκδήλωση των αποτελεσμάτων της.

2) Μέθοδος με βιοζιζανιοκτόνα

Η διαφορά της μεθόδου αυτής από την κλασική βιολογική μέθοδο είναι πως χρησιμοποιεί μόνο μικροοργανισμούς (μύκητες, βακτήρια) που εφαρμόζονται με ψεκαστικά μηχανήματα και η εμφάνιση της δράσης τους (ομοιόμορφη νέκρωση ή αναστολή της αύξησης του ζιζανίου) είναι παρόμοια με εκείνη των ζιζανιοκτόνων. Αυτοί είναι και οι λόγοι που οδήγησαν στο χαρακτηρισμό των συγκεκριμένων βιοσκευασμάτων ως «βιοζιζανιοκτόνα» (bioherbicides). Οι μικροοργανισμοί που επιλέγονται για την παραγωγή των βιοζιζανιοκτόνων, θα πρέπει πέρα από την ικανότητά τους να προσβάλλουν και να περιορίζουν την ανάπτυξη μόνο του ζιζανίου για το οποίο προορίζονται, να συγκεντρώνουν και τα εξής πλεονεκτήματα: α) η μαζική τους παραγωγή να μην είναι δαπανηρή, β) τα όργανα αναπαραγωγής τους να έχουν μεγάλη βιωσιμότητα, γ) να είναι ανθεκτικοί στους διάφορους χειρισμούς κατά την εμπορία και διακίνησή τους και δ) να εμφανίζουν αποτελεσματικότητα σε μεγάλο εύρος συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας. Ωστόσο, η συγκεκριμένη τεχνική δεν εφαρμόζεται σε ευρεία κλίμακα και ο αριθμός των βιοζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται είναι μικρός διότι η μαζική παραγωγή τέτοιου είδους σκευασμάτων είναι δύσκολη και η σταθερότητά τους αμφίβολη.

3) Βιολογική μέθοδος καταπολέμησης των ζιζανίων με ανώτερα φυτά (αλληλοπάθεια)

Κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου τα ζιζάνια καταπολεμώνται από καλλιεργούμενα φυτά, τα οποία έχουν την ικανότητα να εκκρίνουν στο χώρο ανάπτυξής τους διάφορες χημικές ουσίες που αναστέλλουν το φύτερωμα ή την αύξηση των διαφόρων ζιζανίων. Επιπλέον, είναι σημαντικό να τονιστεί το γεγονός ότι όχι μόνο τα ζωντανά φυτά αλλά και τα νεκρά υπολείμματα αυτών προκαλούν μείωση στο φύτερωμα των σπόρων και στην ανάπτυξη των επιζήμιων φυτών.

I) Χημική μέθοδος:

Είναι η μέθοδος αντιμετώπισης των ζιζανίων με χημικά μέσα και αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα επιστημονικά επιτεύγματα καθώς συντέλεσε στη βελτίωση των καλλιεργητικών φροντίδων και στη μείωση του κόστους παραγωγής των αγροτικών προϊόντων. Η χημική καταπολέμηση είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη καθώς

πλεονεκτεί έναντι των μεθόδων που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να εφαρμοστεί για την αντιμετώπιση των ζιζανίων σε μη γραμμικές καλλιέργειες (χειμερινά σιτηρά), εξασφαλίζει την έγκαιρη καταπολέμηση των ζιζανίων (προφυτρωτική εφαρμογή) με αποτέλεσμα την εξάλειψη του ανταγωνισμού που αναπτύσσεται με τα καλλιεργούμενα φυτά κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους, τα οποία είναι και τα πιο καθοριστικά για την απόδοση της καλλιέργειας. Επιπλέον, εμφανίζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα έναντι των πολυετών ζιζανίων και τέλος δεν καταστρέφει τη δομή του εδάφους (Moreland, 1980; Ashton and Crafts, 1981; Kishore and Shah, 1988; and Gruys, 1997).

Φυσικά, πέρα από τα πλεονεκτήματα η καταπολέμηση των ζιζανίων με χημικά ζιζανιοκτόνα παρουσιάζει και μειονεκτήματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων είναι μειωμένη καθώς επηρεάζεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τον τύπο του εδάφους, το είδος και το στάδιο της ανάπτυξης των ζιζανίων. Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα που προκαλεί η συνεχής και μη ορθολογική χρήση τους είναι πως αυξάνει την πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικών στην καταπολέμηση βιοτύπων ζιζανίων και οδηγεί στη ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων.

Τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται για τη χημική καταπολέμηση των ζιζανίων διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- 1) Χημικώς συντιθέμενα ζιζανιοκτόνα
Περιέχουν ανόργανες ή οργανικές ενώσεις που ανακαλύφθηκαν και συντέθηκαν στο εργαστήριο.
- 2) Φυσικά ζιζανιοκτόνα
Περιέχουν φυσικές τοξίνες που προέρχονται από ανώτερα φυτά ή μικροοργανισμούς. Η κατασκευή τους άρχισε πριν από 20 χρόνια και ήταν αποτέλεσμα της προσπάθειας σύνθεσης ζιζανιοκτόνων με εναλλακτικό τρόπο δράσης από αυτό των χημικών ζιζανιοκτόνων.
- 3) Ζιζανιοκτόνα παράγωγα φυσικών τοξινών
Τα ζιζανιοκτόνα αυτά έχουν παρόμοιο τρόπο δράσης με αυτό των φυσικών τοξινών.

Κ) Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των ζιζανίων:

Πρόκειται για μια ακόμη μέθοδο καταπολέμησης των ζιζανίων που χρησιμοποιεί το συνδυασμό τεχνικών οι οποίες αλληλοσυμπληρώνονται. Οι πρώτες προσπάθειες εφαρμογής προγραμμάτων ολοκληρωμένης αντιμετώπισης ζιζανίων ξεκίνησαν πολλά χρόνια πριν. Στη χρήση τέτοιων συνδυαστικών τεχνικών οδήγησε η διαπίστωση ότι η αποτελεσματική αντιμετώπιση των ζιζανίων δε μπορεί να επιτευχθεί με μια μόνο τεχνική. Ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης καταρτίζεται με βάση τις διαθέσιμες μεθόδους και γνώσεις, αξιολογείται μετά την εφαρμογή του και εν συνεχεία βελτιώνεται προκειμένου να επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα στις επόμενες εφαρμογές. Ουσιαστικά το πρόγραμμα ολοκληρωμένης αντιμετώπισης δεν αντικαθιστά καμιά μέθοδο αντιμετώπισης ζιζανίων από τις προαναφερθείσες αλλά στηρίζεται στο συνδυασμό αυτών προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα.

1.3 Ανθεκτικότητα του ζιζανίου σε ζιζανιοκτόνα

Ο όρος **ανθεκτικότητα**, κατά την επικρατέστερη άποψη διεθνώς αναφέρεται «στην επιλεγμένη κληρονομική ικανότητα μερικών βιοτύπων ενός ζιζανίου να επιβιώνουν μετά από εφαρμογή της συνιστώμενης δόσης ενός ζιζανιοκτόνου, στο οποίο ο αρχικός πληθυσμός του ζιζανίου ήταν ευαίσθητος» (De Prado και Franco, 2004; Travlos, 2013). Επομένως, σύμφωνα με τον ορισμό αυτό οι ανθεκτικοί βιότυποι του ζιζανίου προϋπάρχουν με τους ευαίσθητους βιότυπους στον αρχικό πληθυσμό και επιλέγονται ως αντίδραση του ζιζανίου (με ταυτόχρονη μείωση της παραλλακτικότητας) στην επαναλαμβανόμενη εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου (πίεση επιλογής). Η ευαισθησία του αρχικού πληθυσμού του ζιζανίου (όπου αναπτύχθηκαν ανθεκτικοί βιότυποι) αποδεικνύεται από την ετικέτα της πρώτης έγκρισης του ζιζανιοκτόνου, όπου το ζιζάνιο χαρακτηρίζεται ως ευαίσθητο, αλλά κυρίως και από το γεγονός ότι το ζιζάνιο αυτό παραμένει ευαίσθητο σε εφαρμογές του ίδιου ζιζανιοκτόνου σε γειτνιάζοντες ή/και μη γειτνιάζοντες αγρούς της ίδιας περιοχής ή σε αγρούς άλλων περιοχών. Επίσης, η υπόθεση της ύπαρξης των ανθεκτικών βιοτύπων στον αρχικό πληθυσμό του ευαίσθητου ζιζανίου και όχι της ανάπτυξής τους ως αποτέλεσμα της πρόκλησης μεταλλάξεων από το ζιζανιοκτόνο επαληθεύεται από τον τρόπο εμφάνισης της ανθεκτικότητας του ζιζανίου. Συγκεκριμένα η ανθεκτικότητα εμφανίζεται σε ένα είδος ζιζανίου και σε ορισμένες περιοχές (δηλαδή εκεί όπου

υπάρχουν ανθεκτικοί βιότυποι και επιλέγονται) παρά το γεγονός ότι και άλλοι ευαίσθητοι πληθυσμοί του ζιζανίου (σε άλλες περιοχές) εκτίθενται ταυτοχρόνως στην ίδια πίεση επιλογής του ζιζανιοκτόνου. Η μη εμφάνιση ανθεκτικότητας σε άλλους πληθυσμούς του ζιζανίου εξηγείται μόνον εάν γίνει αποδεκτό ότι οι πληθυσμοί αυτοί δεν είχαν εξ αρχής ανθεκτικούς βιότυπους (σε ικανοποιητική συχνότητα) για να επιλεγούν από το ζιζανιοκτόνο ή ο μηχανισμός κληρονομής της ανθεκτικότητας είναι τέτοιος που δε διευκόλυνε την ανάπτυξη (επιλογή από το ζιζανιοκτόνο) της ανθεκτικότητας και ως εκ τούτου την εμφάνισή της. Γενικώς, ο μηχανισμός κληρονομής της ανθεκτικότητας ενός βιοτύπου του ζιζανίου σε ένα ζιζανιοκτόνο ελέγχεται συνήθως από ένα γονίδιο.

Ο όρος **αντοχή** αναφέρεται «την αρχική διαβαθμισμένη ή κλιμακούμενη (λόγω παραλλακτικότητας) μη ευαισθησία ενός ζιζανίου στη συνιστώμενη δόση ενός ζιζανιοκτόνου» (Devine κ.ά.,1993). Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, ο αρχικός πληθυσμός του ζιζανίου δεν ήταν ευαίσθητος στη συνιστώμενη δόση του ζιζανιοκτόνου, για αυτό και το ζιζάνιο, στην ετικέτα της πρώτης έγκρισης του ζιζανιοκτόνου, κατατάσσεται στα μη ευαίσθητα ζιζάνια. Βέβαια, ο πληθυσμός του ζιζανίου με φυσική αντοχή, σε αντίθεση με τον επιλεγμένο από το ζιζανιοκτόνο ανθεκτικό βιότυπο του ζιζανίου, συχνά αντιμετωπίζεται με αύξηση της δόσης εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου (Holt και LeBaron, 1990). Τα όσα προαναφέρθηκαν δείχνουν ότι η ανθεκτικότητα και η αντοχή περιγράφουν το ίδιο φαινόμενο (ευαισθησία ενός ζιζανίου σε ζιζανιοκτόνο) αλλά με διαφορές στην ένταση (De Prado και Franco,2004). Ειδικότερα, η ανθεκτικότητα έχει μεγαλύτερη ένταση από εκείνη της αντοχής, για αυτό και, όπως προαναφέρθηκε, οι ανθεκτικοί βιότυποι συχνά δεν αντιμετωπίζονται ακόμη και με εκατονταπλάσιες από τη συνιστώμενη δόσεις του ζιζανιοκτόνου, ενώ τα περισσότερα ζιζάνια που έχουν φυσική αντοχή είναι δυνατόν να αντιμετωπισθούν με αύξηση της δόσης εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου. Η άποψη αυτή δεν διαφέρει από εκείνη των Holt και LeBaron (1990), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η αντοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ως μικρής έντασης ανθεκτικότητα, η οποία, σε αντίθεση με την ανθεκτικότητα, εξαρτάται από τη δόση εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου.

Η **σταυρανθεκτικότητα** ορίζεται ως η «ανθεκτικότητα ενός ζιζανίου σε περισσότερα από ένα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στην ίδια ή σε διαφορετικές οικογένειες με ίδιο μηχανισμό δράσης ή μεταβολισμού» (Hear,2008; Rubin, 1997). Ανθεκτικότητα

αυτής της μορφής ελέγχεται από ένα γονίδιο. Τέλος, η **πολλαπλή ανθεκτικότητα** αναφέρεται στην «ανθεκτικότητα ενός ζιζανίου σε περισσότερα από ένα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν σε οικογένειες με διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης ή μεταβολισμού» (Hear,2008; Rubin, 1997). Η ανθεκτικότητα αυτής της μορφής ελέγχεται από πολλά γονίδια.

Η αντιμετώπιση των ανθεκτικών βιοτύπων των ζιζανίων αλλά και η μείωση της πιθανότητας για ανάπτυξη νέων βιοτύπων με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα δεν είναι εύκολη επειδή προϋποθέτει άριστη γνώση των φυσιολογικών και βιοχημικών μηχανισμών που εξηγούν την ανθεκτικότητα, των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξή της, των μεθόδων διάγνωσης και επιβεβαίωσης των ανθεκτικών βιοτύπων, αλλά και των μέτρων ή των μεθόδων αντιμετώπισης αυτών των βιοτύπων. Οι φυσιολογικοί και βιοχημικοί μηχανισμοί ανθεκτικότητας των ζιζανίων, καθώς επίσης οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη βιοτύπων με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα, αλλά και οι μέθοδοι διάγνωσης και αντιμετώπισης αυτών των βιοτύπων αναφέρονται αμέσως παρακάτω.

1.3.1 Μηχανισμοί ανθεκτικότητας των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα

Η ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να οφείλεται σε φυσιολογικούς ή/και βιοχημικούς μηχανισμούς των φυτών. Οι κυριότεροι **φυσιολογικοί μηχανισμοί** των ζιζανίων που συμβάλλουν την ανθεκτικότητά τους στα ζιζανιοκτόνα είναι 1) η μείωση του ρυθμού απορρόφησης του ζιζανιοκτόνου, 2) η μείωση του ρυθμού μετακίνησης, και 3) η τροποποίηση στην ενδοκυτταρική κατανομή. Οι **βιοχημικοί μηχανισμοί** των ζιζανίων που εξηγούν την ανθεκτικότητά τους στα ζιζανιοκτόνα σχετίζονται με 1) την ικανότητά τους να μεταβολίζουν τα ζιζανιοκτόνα μέσω α) διεργασιών μετατροπής-αποδόμησης (οξειδωση, υδροξυλίωση, υδρόλυση, αναγωγή) των μορίων τους, β) σχηματισμού συμπλόκων με συστατικά των κυττάρων (γλουταθειόνη, σάκχαρα, αμινοξέα κ.ά.), και γ) εναπόθεσής τους στα κυτταρικά τοιχώματα και στα χυμοτόπια, 2) την υπερπαραγωγή του ενζύμου που αποτελεί θέση δράσης του ζιζανιοκτόνου, και 3) την τροποποίηση της θέσης δράσης του ζιζανιοκτόνου (Dekker και Duke, 1995; Powels κ.ά., 1997; Preston και Mallory-Smith, 2001; Preston, 2004; Hatzios και Burgos, 2004; De Prado και Franco, 2004; Powels και Preston, 2006). Ειδικότερα για τις διεργασίες μετατροπής- αποδόμησης,

οι De Prado και Franco (2004) αναφέρουν ότι η οξειδωση και η υδροξυλίωση των ζιζανιοκτόνων καταλύονται εντός των φυτών από τα ένζυμα μονοοξυγονάσες (CytP_{45O}), η υδρόλυση από τις υδρολάσες (εστεράσες, αμιδάσες, νιτριλάσες, φωσφατάσες) και η αναγωγή από τις αναγωγάσες (απαμινάσες, νιτροαναγωγάσες). Τέλος, ο σχηματισμός συμπλόκων των ζιζανιοκτόνων (συνήθως ακολουθεί τις προαναφερθείσες διεργασίες μεταβολισμού) με γλουταθειόνη, σάκχαρα ή αμινοξέα καταλύεται από τα αντίστοιχα ένζυμα γλουταθειόνη-S-τρανσφεράση (GST), γλυκοζυλτρανσφεράση (GT) και τρανσαμινάση. Τα διεθνή δεδομένα σχετικά με την ανθεκτικότητα των ζιζανίων είναι ανησυχητικά αφού τα 185 είδη (111 δικοτυλήδονα και 74 μονοκοτυλήδονα) από τα 300 περίπου είδη ζιζανίων που απαντώνται στις διάφορες χώρες του κόσμου έχουν αναπτύξει ήδη ανθεκτικότητα τουλάχιστον σε μία ή περισσότερες οικογένειες ζιζανιοκτόνων που έχουν ίδιο μηχανισμό δράσης (Hear, 2008). Βέβαια, τα περισσότερα από αυτά τα είδη ζιζανίων (134), σύμφωνα με τις ίδιες πηγές, είναι ήδη ανθεκτικά σε περισσότερες οικογένειες ζιζανιοκτόνων που έχουν διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης.

1.3.1.1 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς του PS II

Η χρήση ζιζανιοκτόνων της ομάδας αυτής για περισσότερα από 50 έτη συνέβαλε στην ανάπτυξη 313 ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων. Ειδικότερα, οι 257 βιότυποι που ανήκουν σε 67 είδη ζιζανίων είναι ανθεκτικοί στα ζιζανιοκτόνα των τριαζινών, τριαζινονών, ουρακιλών και φαινυλοκαρβαμιδικών, οι 55 βιότυποι που ανήκουν σε 21 είδη ζιζανίων είναι ανθεκτικοί στα ζιζανιοκτόνα των παραγώγων ουρίας και των αμιδίων φυλλώματος, ενώ ένας (1) βιότυπος ενός είδους ζιζανίου είναι ανθεκτικός στο bromoxynil (νιτρίλια). Διευκρινίζεται ότι το συνολικό άθροισμα των ανθεκτικών ειδών στα προαναφερθέντα ζιζανιοκτόνα είναι 74 και όχι 89 (67 τριαζινών + 21 παραγώγων ουρίας + 1 νιτρίλια), επειδή κάποια είδη ζιζανίων είναι ταυτοχρόνως ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα των τριαζινών και των παραγώγων της ουρίας. Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των περισσότερων από τους προαναφερθείσες ανθεκτικούς βιότυπους οφείλεται σε τροποποίηση της θέσης δράσης των ζιζανιοκτόνων (πρωτεΐνη D1) και μόνο σε βιότυπους έξι (6) ειδών ζιζανίων η ανθεκτικότητα οφείλεται σε ικανότητα των φυτών για μεταβολισμό των ζιζανιοκτόνων (Hear, 2008).

Η ανθεκτικότητα ορισμένων βιοτύπων του ζιζανίου *Lolium rigidum* στα ζιζανιοκτόνα atrazine και simazine (τριαζίνες) δεν οφείλεται στην τροποποίηση της θέσης δράσης (πρωτεΐνη D1) αλλά στην ικανότητα των φυτών να μεταβολίζουν τα ζιζανιοκτόνα μέσω σχηματισμού συμπλόκου με γλουταθειόνη (η αντίδραση καταλύεται από το ένζυμο γλουταθειόνη-S-τρανσφεράση, GST).

1.3.1.2 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς του PS I

Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των 24 ανθεκτικών ζιζανίων (39 βιότυποι) στα ζιζανιοκτόνα paraquat και diquat (αναστέλλουν τη ροή των ηλεκτρονίων στο PS I) δεν είναι επακριβώς γνωστός (Hear, 2008), αλλά για την ερμηνεία του έχουν προταθεί ως πιθανά αίτια 1) η μειωμένη απορρόφηση και κυρίως η περιορισμένη μετακίνηση των ζιζανιοκτόνων στη θέση δράσης, 2) ο μεταβολισμός των ζιζανιοκτόνων, 3) η τροποποίηση της θέσης δράσης των ζιζανιοκτόνων, 4) η εξουδετέρωση των παραγόμενων μορίων υπεροξειδίου υδρογόνου (H₂O₂) και υπεροξειδίου (O₂) από τις ελεύθερες ρίζες των ζιζανιοκτόνων και 5) η τροποποίηση της ενδοκυτταρικής κατανομής των ζιζανιοκτόνων και ειδικότερα η μεταφορά τους στα κυτταρικά τοιχώματα, στο κυτταρόπλασμα ή τα χυμοτόπια και όχι στους χλωροπλάστες (χώρος δράσης τους) (Devine κ.ά., 1993; Preston, 1994; Preston και Mallory-Smith, 2001; Κωνσταντινίδου, 2003; Hear, 2008).

1.3.1.3 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης καροτενοειδών (ένζυμο PDS)

Η χρήση των ζιζανιοκτόνων της ομάδας αυτής (πυριδαζιόνες, πυριδινοκαρβοξαμίδια, διφαινυλικοί αιθέρες) συνέβαλε στην ανάπτυξη διαφόρων ανθεκτικών βιοτύπων που ανήκουν σε έξι (6) είδη ζιζανίων (Hear, 2008), αλλά πιθανότατα οφείλεται σε τροποποίηση του ενζύμου (θέση δράσης) αποκορεσμού του φυτοενίου (PDS), το οποίο κωδικοποιείται εντός του πυρήνα από το γονίδιο pds και είναι το ένζυμο κλειδί κατά τη βιοσύνθεση των καροτενοειδών (α- και β- καροτενίων) και σε αντικατάσταση του αμινοξέος αργινίνη (Arg) στη θέση 304 από το αμινοξύ σερίνη (Ser) και σε αντικατάσταση του αμινοξέος αργινίνη (Arg) από ιστιδίδη (His) (Puri κ.ά., 2007).

1.3.1.4 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης χλωροφύλλης (ένζυμο PPG-0)

Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα της ομάδας αυτής (διφαινυλικοί αιθέρες, οξαδιόλες, τριαζολινόνες, φαινυλοπυραζόλες, φαινυλοφθαλιμίδια, θειαδιαζόλες, οξαζολιδινδιόνες, πυριμιδινδιόνες) δεν έχει επακριβώς προσδιοριστεί (Hear, 2008). Βέβαια, για την ερμηνεία του μηχανισμού ανθεκτικότητας των ζιζανίων έχουν προταθεί ως πιθανά αίτια 1) η μειωμένη απορρόφηση ή η περιορισμένη μετακίνηση των ζιζανιοκτόνων στη θέση δράσης, 2) ο μεταβολισμός των ζιζανιοκτόνων, 3) η αποδιέγερση των παραγόμενων τοξικών μορίων ενεργού μορφής οξυγόνου (O₂), 4) η τροποποίηση στην ενδοκυτταρική κατανομή των ζιζανιοκτόνων, 5) η μη ευαισθησία του ενζύμου (θέση δράσης των ζιζανιοκτόνων) οξειδάση του πρωτοπορφυρινογόνου (PPG-O, ένζυμο κλειδί κατά τη βιοσύνθεση της χλωροφύλλης) των χλωροπλαστών, 6) η ταχεία καταστροφή του συσσωρευμένου πρωτοπορφυτινογόνου ή της πρωτοπορφυρίνης στο κυτταρόπλασμα, 7) η αδρανοποίηση του ενζύμου υπεροξειδάση (μετατρέπει το πρωτοπορφυρινογόνο σε πρωτοπρφυρίνη) στο κυτταρόπλασμα, 8) η υπερέκφραση του γονιδίου της οξειδάσης του πρωτοπορφυρινογόνου των χλωροπλαστών ή των μιτοχονδρίων (Shourp και Al-Khatib, 2005).

1.3.1.5 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης αμινοξέων με διακλαδισμένη αλυσίδα (ένζυμο ALS ή AHAS)

Η χρήση των ζιζανιοκτόνων της ομάδας αυτής (σουλφονουλουρίες, ιμιδαζολινόνες, πυριμιδυλβενζοϊκά, τριαζολοπυριμιδίνες, σουλφονυλαμινοκαρβονυλτριαζολινόνες) για περισσότερο από 25 έτη συνέβαλε στην ανάπτυξη 284 ανθεκτικών βιοτύπων που ανήκουν σε 95 είδη αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων (Hear, 2008). Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των περισσότερων βιοτύπων οφείλεται σε τροποποίηση του ενζύμου (θέση δράσης) ALS ή AHAS (συνθετάση του οξικογαλακτικού οξέος ή οξικογαλακτική συνθετάση), το οποίο κωδικοποιείται εντός του πυρήνα και είναι το ένζυμο-κλειδί κατά τη βιοσύνθεση των αμινοξέων (με διακλαδισμένη αλυσίδα) βαλίνη, λευκίνη και ισολευκίνη εντός των χλωροπλαστών (όπου μεταφέρεται μέσω ενός πεπτιδίου - μεταφορέα).

Η ανθεκτικότητα ορισμένων βιοτύπων ζιζανίων δεν οφείλεται στην τροποποίηση της θέσης δράσης των ζιζανιοκτόνων (ανθεκτικό ένζυμο ALS ή AHAS) αλλά στην ικανότητα των φυτών για μεταβολισμό των ζιζανιοκτόνων μέσω υδροξυλίωσης και στη συνέχεια σχηματισμού συμπλόκου με γλυκόζη (Preston και Mallory-Smith, 2001;

Preston 2004; Tranel κ.ά., 2006). Ένας βιότυπος του ζιζανίου *Lolium rigidum* είναι ήδη ανθεκτικός στο ζιζανιοκτόνο chlorsulfuron λόγω του προαναφερθέντος μηχανισμού μεταβολισμού (Christopher κ.ά., 1992).

1.3.1.6 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης αρωματικών αμινοξέων (ένζυμο EPSPS)

Η χρήση του glyphosate για περισσότερο από 30 έτη συνέβαλε στην ανάπτυξη 69 ανθεκτικών βιοτύπων που ανήκουν σε 14 είδη αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων. Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των περισσότερων ανθεκτικών βιοτύπων δεν έχει προσδιοριστεί επακριβώς ακόμη (Hear, 2008). Μελέτη όμως έδειξε ότι η ανθεκτικότητα στο glyphosate οφείλεται σε ανθεκτικό ένζυμο EPSPS (συνθετάση του 5-ενολοπυροσταφυλοσικομικού-3-φωσφορικού), το οποίο εκφράζεται εντός του πυρήνα και μεταφέρεται μέσω ενός πεπτιδίου-μεταφορέα εντός των χλωροπλαστών όπου δρα. Το EPSPS είναι το ένζυμο κλειδί κατά τη βιοσύνθεση των αρωματικών αμινοξέων τυροσίνη, τρυπτοφάνη και φαινυλαλανίνη (Preston και Mallory-Smith, 2001; Ng κ.ά., 2004; Pline-Srnic, 2006; Powels και Preston, 2006; Travlos, 2009).

1.3.1.7 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης λιπαρών οξέων (ένζυμο ACCase)

Η μακρόχρονη χρήση των ζιζανιοκτόνων της ομάδας αυτής (κυκλοεξανδιόνες, αρυλοξυφαινοξυακλανοικά, φαινυλοπυραζολίνες) συνέβαλε στην ανάπτυξη 136 ανθεκτικών βιοτύπων που ανήκουν σε 35 είδη αγρωστωδών ζιζανίων (Hear, 2008). Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των περισσότερων βιοτύπων οφείλεται κυρίως σε ανθεκτικό ένζυμο ACCase (καρβοξυλάση του ακέτυλο-CoA) και δευτερευόντως σε υπερπαραγωγή του ευαίσθητου ενζύμου ACCase ή στο μεταβολισμό των ζιζανιοκτόνων εντός των φυτών που καταλύεται από μονοοξυγονάσες, γλουταθειόνη-S-τρανσφεράση και γλυκοζυλτρανσφεράση (Devine, 1997; Preston και Mallory-Smith, 2001; De Prado και Franco, 2004; Preston, 2004; Delye, 2005). Το ACCase είναι ένζυμο κλειδί κατά τα πρώτα στάδια της διαδικασίας βιοσύνθεσης λιπαρών

οξέων αλλά και στόχος-θέση δράσης των προαναφερθέντων ζιζανιοκτόνων (Devine κ.ά., 1993).

Η ανθεκτικότητα των βιοτύπων λόγω ανθεκτικού ενζύμου ACCase οφείλεται στην αδυναμία σύνδεσης αυτού του ενζύμου με τα ζιζανιοκτόνα των δύο προαναφερθεισών οικογενειών και στην ως εκ τούτου μη αναστολή της βιοσύνθεσης των λιπαρών οξέων. Η ανθεκτικότητα αυτής της μορφής περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες βιοτύπων ζιζανίων (Delye, 2005). Συγκεκριμένα, η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει βιότυπους των ζιζανίων *Lolium rigidum*, *Alopecurus myosuroides*, *Avena sterilis* και *Setaria viridis*. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει βιότυπους των ζιζανίων *Lolium rigidum* και *Alopecurus myosuroides*. Μερικοί βιότυποι των ζιζανίων *Lolium rigidum* και *Avena sterilis* είναι ανθεκτικοί στο ζιζανιοκτόνο diclofor-methyl λόγω της ικανότητας των φυτών για μεταβολισμού του ζιζανιοκτόνου (Travlos et.al, 2011). Μερικοί βιότυποι των ζιζανίων *Lolium spp.* και *Alopecurus myosuroides* είναι ανθεκτικοί στα ζιζανιοκτόνα των αρυλοξυφαινοξυακλανοικών και κυκλοεξανδιονών λόγω της ικανότητας των φυτών για μεταβολισμό των ζιζανιοκτόνων που καταλύεται από τα ένζυμα γλουταθειόνη-S-τρανσφεράση (GST) και γλυκοζυλτρανσφεράση (GT) (Delye, 2005). Μερικοί βιότυποι των ζιζανίων *Lolium rigidum* και *Avena fatua* εικάζεται ότι οφείλουν την ανθεκτικότητα τους στο ζιζανιοκτόνο diclofor-methyl στην ικανότητα των κυτταρικών μεμβρανών τους να μην υφίστανται αποδιοργάνωση (ή στην ικανότητα των φυτών να επιδιορθώνουν τις κυτταρικές μεμβράνες) μετά την εφαρμογή αυτού του ζιζανιοκτόνου (Delye, 2005).

1.3.1.8 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς βιοσύνθεσης μεγάλου μήκους αλυσίδας λιπαρών οξέων (VLCFAs)

Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των οκτώ (8) ανθεκτικών αγρωστωδών ειδών ζιζανίων (13 βιότυποι) στα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στα θειοκαρβαμδικά και 3 αγρωστωδών (6 βιότυποι) με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στα χλωροακεταμίδια δεν έχει προσδιοριστεί επακριβώς ακόμη (Monaco κ.ά., 2002; Hear, 2008).

1.3.1.9 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς μίτωσης

Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των περισσότερων βιοτύπων ζιζανίων (27 βιότυποι που ανήκουν σε 10 είδη, 8 αγρωστώδη και 2 πλατύφυλλα) στα ζιζανιοκτόνα της οικογένειας των δινιτροανιλινών οφείλεται σε τροποποιημένη (ανθεκτική) σωληνίνη (θέση δράσης) της οποίας η έκφραση-κωδικοποίηση ελέγχεται από ένα γονίδιο (Smeda κ.ά., 1997; Preston και Mallory-Smith, 2001; Monaco κ.ά., 2002; Hear, 2008). Υπενθυμίζεται ότι τα ετεροδιμερή α- και β- σωληνίνης είναι απαραίτητα κατά την κυτταροδιαίρεση (μίτωση) επειδή συμμετέχουν στο σχηματισμό των μικροσωληνίσκων που διευκολύνουν την οργάνωση και λειτουργία της πυρηνικής ατράκτου (είναι απαραίτητη κατά τη μίτωση για τη μετακίνηση των διπλασιασθέντων χρωμοσώμων προς τους δύο πόλους του κυττάρου).

1.3.1.10 Ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα με δράση αυξίνης

Ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των 26 ανθεκτικών ειδών (38 βιότυποι) κυρίως πλατύφυλλων και δευτερευόντως αγρωστωδών ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα με δράση αυξίνης (φαινοξυαλκανοικά, βενζοικά, πυριδινοκαρβοξυλικά, quinclorac) δεν έχει ακόμα διευκρινιστεί πλήρως (Preston και Mallory-Smith, 2001; Monaco κ.ά., 2002; Hear, 2008). Οι ελάχιστες περιπτώσεις ενδελεχούς διερεύνησης έδειξαν ότι η ανθεκτικότητα αυτών των ζιζανίων οφειλόταν σε μεταβολισμό των ζιζανιοκτόνων ή σε τροποποίηση της θέσης δράσης τους.

1.3.2 Σταυρανθεκτικότητα και πολλαπλή ανθεκτικότητα

Τα όσα προαναφέρθηκαν δείχνουν ότι η ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να οφείλεται σε τροποποίηση της θέσης δράσης (target-site resistance) των ζιζανιοκτόνων ή/και σε μηχανισμούς των φυτών (μειωμένη απορρόφηση, μειωμένη μετακίνηση, αδρανοποίηση, τροποποίηση στην ενδοκυτταρική κατανομή, μεταβολισμός) που δεν σχετίζονται με τη θέση δράσης (nontarget-site resistance) των ζιζανιοκτόνων (Hear και LeBaron, 2001). Ορισμένα είδη ζιζανίων, εκτός από την ανάπτυξη απλής ανθεκτικότητας σε ένα ζιζανιοκτόνο, έχουν αναπτύξει ταυτοχρόνως σταυρανθεκτικότητα σε περισσότερα

ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στην ίδια ή σε διαφορετικές οικογένειες (έχουν ίδιο μηχανισμό δράσης ή μεταβολισμού) με αποτέλεσμα η περαιτέρω χρήση αυτών των ζιζανιοκτόνων να είναι δύσκολη και ορισμένες φορές αδύνατη (Rubin, 1997; Hear, 2008). Για παράδειγμα, μία τροποποίηση του ενζύμου ACCase (θέση δράσης των ζιζανιοκτόνων που ανήκουν στις οικογένειες των αρυλοξυφαινοξυακλανοικών, κυκλοεξανδιονών και φαινυλοπυραζολινών) σε κάποιους βιότυπους των τριών από τα τέσσερα μελετηθέντα είδη αγρωστωδών ζιζανίων συνέβαλε στην ανάπτυξη ταυτόχρονης αλλά διαφορετικού βαθμού σταυρανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα των αρυλοξυφαινοξυακλανοικών και των κυκλοεξανδιονών. Επίσης, μια τροποποίηση του ενζύμου ALS ή AHAS (θέση δράσης των ζιζανιοκτόνων που ανήκουν στις οικογένειες των σουλφονουριών, ιμιδαζολινονών, τριαζολοπυριμιδών, πυριδινυλβενζοικών, σουλφονυλαμινοκαρβονυλτριαζολινονών) σε κάποιο βιότυπο του ζιζανίου *Amaranthus retroflexus* προκάλεσε σταυρανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα των σουλφονουριών (30-40 φορές πιο ανθεκτικό), των τριαζολοπυριμιδών (20 φορές πιο ανθεκτικό) και των ιμιδαζολινονών (10 φορές πιο ανθεκτικό) (Rubin, 1997). Τα προαναφερθέντα δύο παραδείγματα σταυρανθεκτικότητας ελέγχονται από ένα γονίδιο (έκφραση ανθεκτικού ενζύμου ACCase ή ALS), αλλά αυτό, σύμφωνα με τον Gasquez (1997), δεν αποκλείει την ύπαρξη περιπτώσεων σταυρανθεκτικότητας που ελέγχονται από περισσότερα γονίδια. Το τελευταίο συμβαίνει (σταυρανθεκτικότητα) στην περίπτωση της «ανθεκτικότητας ενός ζιζανίου σε ζιζανιοκτόνα που έχουν ίδια θέση δράσης αλλά ο μηχανισμός ανθεκτικότητας των ζιζανίων μπορεί να ποικίλλει (είναι διαφορετικός) στα διάφορα ζιζανιοκτόνα» (Gasquez, 1997).

Μερικά είδη ζιζανίων, εκτός από την ανάπτυξη σταυρανθεκτικότητας, έχουν αναπτύξει πολλαπλή ανθεκτικότητα σε περισσότερα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν σε οικογένειες με διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης ή μεταβολισμού (Rubin, 1997). Η μορφή αυτής της ανθεκτικότητας των ζιζανίων είναι η χειρότερη από πλευράς αντιμετώπισης των ζιζανίων επειδή καθιστά αδύνατη την περαιτέρω χρήση πολλών ζιζανιοκτόνων που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες (Rubin, 1997; Hear, 2008).

Πολλαπλή ανθεκτικότητα, σύμφωνα με τους Hear και LeBaron (2001), δεν είναι μόνον «η ανθεκτικότητα ενός ζιζανίου σε ζιζανιοκτόνα που ανήκουν σε οικογένειες με διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης ή μεταβολισμού», αλλά και «η ανθεκτικότητα

ενός βιότυπου ζιζανίου σε ένα ζιζανιοκτόνο εξαιτίας της ύπαρξης περισσότερων μηχανισμών ανθεκτικότητας».(Hear, 2008; Rubin, 1997).

Πίνακας 1.4. Τα κυριότερα είδη αγρωστωδών ζιζανίων που εμφάνισαν ανθεκτικότητα στα χρησιμοποιούμενα ζιζανιοκτόνα.

Είδη αγρωστωδών ζιζανίων	Ζιζανιοκτόνα
<i>Lolium rigidum</i>	diclofop, tralkoxydim, chlorsulphuron, sethoxydim, fluzifop, haloxyfop, glyphosate
<i>Avena sterilis</i>	diclofop, tralkoxydim, sethoxydim
<i>Avena fatua</i>	diclofop, fenoxaprop, tralkoxydim, sethoxydim
<i>Alopecurus myosuroides</i>	chlorotoluron, isoproturon, diclofop, clodinafop, fenoxaprop, fluzifop, sethoxydim, tralkoxydim
<i>Phalaris minor</i>	isoproturon, diclofop, fenoxaprop, sethoxydim
<i>Echinochloa crus-galli</i>	propanil, quinclorac
<i>Setaria viridis</i>	trifluralin, sethoxydim, fluzifop, haloxyfop, fenoxaprop, quizalofop, diclofop, tralkoxydim
<i>Sorghum halepense</i>	fluzifop, quizalofop, fenoxaprop, sethoxydim

Πίνακας 1.5. Ορισμένες από τις σπουδαιότερες ομάδες ζιζανιοκτόνων με τα κυριότερα είδη ζιζανίων που ανέπτυξαν ανθεκτικότητα.

Ζιζανιοκτόνα	Είδη ζιζανίων
Αρυλοξυφαινοξυακλανοικά Κυκλοεξανδιόνες	<i>Lolium rigidum</i> , <i>Lolium multiflorum</i> , <i>Avena sterilis</i> , <i>Avena fatua</i> , <i>Alopecurus myosuroides</i> , <i>Phalaris minor</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i> , <i>Setaria viridis</i> , <i>Sorghum halepense</i> , <i>Digitaria sanguinalis</i>
Σουλφονυλουρίες	<i>Stellaria media</i> , <i>Lactuca serriola</i> , <i>Kochia scoparia</i> , <i>Alisma plantago- aquatica</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Bilderdykia convolvulus</i> , <i>Sonchus oleraceus</i> , <i>Conyza spp.</i> , <i>Amaranthus spp.</i> , <i>Lolium rigidum</i>
Τριαζίνες	<i>Solanum nigrum</i> , <i>Chenopodium album</i> , <i>Chenopodium polyspermum</i> , <i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Amaranthus lividus</i> , <i>Amaranthus hybridus</i> , <i>Senecio vulgaris</i> , <i>Conyza canadensis</i> , <i>Stellaria media</i> , <i>Sonchus asper</i> , <i>Bliderdykia convolvulus</i> , <i>Polygonum persicaria</i> , <i>Polygonum lapathifolium</i>
Διπυριδία	<i>Conyza canadensis</i> , <i>Epilobium ciliatum</i> , <i>Poa annua</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Solanum nigrum</i> , <i>Hordeum spp.</i>
Φαινοξυαλκανοικά	<i>Stellaria media</i> , <i>Cirsium arvense</i> , <i>Papaver rhoeas</i>
Δινιτροανιλίνες	<i>Setaria viridis</i> , <i>Eleusine indica</i> , <i>Amaranthus palmeri</i>

1.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη ανθεκτικότητας των ζιζανίων

Το είδος της ανθεκτικότητας (απλή, σταυρανθεκτικότητα, πολλαπλή ανθεκτικότητα) και ο ρυθμός ανάπτυξής της επηρεάζονται από παράγοντες του ζιζανίου, του ζιζανιοκτόνου και της εφαρμοζόμενης γεωργικής πρακτικής (Gasquez, 1997; Naylor, 2002).

Οι **παράγοντες** που έχουν σχέση με το **ζιζάνιο** και επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη ανθεκτικών βιοτύπων στα ζιζανιοκτόνα είναι

- 1) η συχνότητα των γονιδίων ανθεκτικότητας στο φυσικό πληθυσμό,
- 2) ο αριθμός των γονιδίων που ελέγχουν την ανθεκτικότητα,
- 3) ο βαθμός κυριαρχίας των γονιδίων ανθεκτικότητας,
- 4) ο τρόπος κληρονομησης των γονιδίων ανθεκτικότητας,
- 5) ο τρόπος επικονίασης των ζιζανίων,
- 6) η ικανότητα των ζιζανίων για παραγωγή οργάνων αναπαραγωγής,
- 7) η προσαρμοστικότητα των ανθεκτικών έναντι των ευαίσθητων βιοτύπων των ζιζανίων,
- 8) το απόθεμα οργάνων αναπαραγωγής του ζιζανίου στο έδαφος (seed bank).

Οι σημαντικότεροι **παράγοντες** που έχουν σχέση με το **ζιζανιοκτόνο** και επηρεάζουν την ανάπτυξη ανθεκτικών βιοτύπων ζιζανίων είναι

- 1) η ένταση της δράσης του,
- 2) η υπολειμματική του διάρκεια,
- 3) ο μηχανισμός δράσης του.

Οι **παράγοντες** που σχετίζονται με την εφαρμοζόμενη **γεωργική πρακτική** και επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη ανθεκτικότητας των ζιζανίων είναι

- 1) η δόση εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου,
- 2) η συχνότητα εφαρμογής του,
- 3) η χρήση μιγμάτων ζιζανιοκτόνων,
- 4) η εναλλαγή ζιζανιοκτόνων στον ίδιο αγρό,
- 5) η συνδυασμένη χρήση εναλλακτικών μεθόδων αντιμετώπισης,
- 6) το εφαρμοζόμενο σύστημα αμειψισποράς των καλλιεργειών,

7) ο τρόπος κατεργασίας του εδάφους.

Η έναρξη εμφάνισης της ανθεκτικότητας σε ένα πληθυσμό ζιζανίων εξαρτάται κυρίως από τη συχνότητα των γονιδίων ανθεκτικότητας, την προσαρμοστικότητα και την ανταγωνιστική ικανότητα των ανθεκτικών ατόμων, την αρχική πυκνότητα των ζιζανίων και από την ένταση και τη διάρκεια της πίεσης επιλογής που ασκείται από τα ζιζανιοκτόνα (Maxwell και Mortimer, 1994). Ειδικότερα, σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας έχει η συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι ανθεκτικοί βιότυποι στον αρχικό πληθυσμό, η επαναλαμβανόμενη χρήση του ίδιου ζιζανιοκτόνου σε ευρεία περιοχή, η μη χρήση ζιζανιοκτόνων με διαφορετικό μηχανισμό-τρόπο δράσης και η χρήση πολύ δραστικών ζιζανιοκτόνων (υψηλή ένταση επιλογής) και ζιζανιοκτόνων με μεγάλη υπολειμματική διάρκεια (με διάρκεια επιλογής).

1.3.4 *Επιπτώσεις από την ανάπτυξη ανθεκτικότητας*

Η ανάπτυξη ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα βιοτύπων ζιζανίων έχει οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες. Είναι προφανές πως η αδυναμία αντιμετώπισης του ανθεκτικού βιοτύπου ενός ζιζανίου οδηγεί στη χρήση ενός άλλου ζιζανιοκτόνου ή άλλων μεθόδων, στην περίπτωση που δεν υπάρχει εναλλακτικό χημικό μέσο, με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους παραγωγής των γεωργικών προϊόντων. Επιπλέον, η απομάκρυνση και η μη περαιτέρω χρήση ενός ζιζανιοκτόνου σε μια καλλιέργεια δημιουργεί την ανάγκη για έρευνα και ανάπτυξη νέων ζιζανιοκτόνων, διαδικασία εξαιρετικά χρονοβόρα και πολυδάπανη. Τέλος, σε ορισμένες περιπτώσεις, η ανάγκη χρησιμοποίησης ενός εναλλακτικού ζιζανιοκτόνου οδηγεί στην εφαρμογή ζιζανιοκτόνων με μεγαλύτερη υπολειμματική διάρκεια, τα οποία είναι λιγότερο φιλικά στο περιβάλλον.

1.3.5 *Πρόληψη και διαχείριση της ανθεκτικότητας*

Απαραίτητη προϋπόθεση για την κατάρτιση ενός προγράμματος αντιμετώπισης ζιζανίων, το οποίο θα προβλέπει την ανάπτυξη ανθεκτικότητας και θα περιορίζει το γρήγορο ρυθμό εξέλιξής της, είναι η γνώση των μηχανισμών ανάπτυξης ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα βιοτύπων ζιζανίων. Αποτέλεσμα των προσπαθειών και ερευνών που έχουν γίνει προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η ανάπτυξη διαφόρων προτύπων, τα

οποία συνδυάζουν τις καλλιεργητικές τεχνικές καθώς επίσης και τις γενετικές και φυσιολογικές διεργασίες που επηρεάζουν την εξέλιξη των πληθυσμών (Powlesetal., 1997). Γενικότερα, τα πρότυπα αναφέρονται σε περιπτώσεις όπου η ανθεκτικότητα ελέγχεται από ένα γονίδιο ή από ένα περιορισμένο αριθμό γονιδίων. Αντίθετα, οι περιπτώσεις στις οποίες η ανθεκτικότητα καθορίζεται από ένα μεγάλο αριθμό γονιδίων δε μπορούν να μελετηθούν και να προσδιοριστούν αποτελεσματικά (Moss, 2002).

Το πρότυπο που αναπτύχθηκε από τους Gressel και Segel (1990) υπολογίζει την αύξηση του ποσοστού των ανθεκτικών φυτών με την πάροδο του χρόνου σε έναν αρχικά ευαίσθητο πληθυσμό. Στο πρότυπο αυτό λαμβάνεται υπόψη η αρχική συχνότητα του ανθεκτικού γονοτύπου, η τράπεζα σπόρων του ζιζανίου που εντοπίζεται στο έδαφος, η ανταγωνιστική ικανότητα που αναπτύσσει το ζιζάνιο εναντίον των ευαίσθητων φυτών (ρυθμός ανάπτυξης, αναπαραγωγική ικανότητα) και η πίεση επιλογής που ασκείται από το ζιζανιοκτόνο. Από την άλλη πλευρά, το πρότυπο των Maxwelletal (1990) εστιάζει κυρίως στην ανταγωνιστική και αναπαραγωγική ικανότητα των ανθεκτικών βιοτύπων έναντι των ευαίσθητων φυτών καθώς και στην ικανότητά τους να διατηρούν, μεταβιβάζουν και διασπείρουν τα γονίδια ανθεκτικότητας τοπικά και χρονικά. Μολονότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο προτύπων, όσον αφορά στους παράγοντες που λαμβάνουν υπόψη και τη βαρύτητα που δίνουν σε αυτούς, οι προβλέψεις τους είναι παρόμοιες. Και τα δύο πρότυπα συνηγορούν ότι είναι απαραίτητο να μειωθεί η πίεση επιλογής, προκειμένου να αποφευχθεί η ανάπτυξη ανθεκτικότητας, αλλά είναι φανερό ότι διαφέρουν στις προτεινόμενες στρατηγικές μέσω των οποίων θα επιτευχθεί ο σκοπός αυτός.

1.3.6 Μέτρα αντιμετώπισης της ανθεκτικότητας

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές (LeBaron and Gressel, 1982; Wrubel and Gressel, 1994; Gill, 1997; Moss, 1997; Powels et al., 1997) ο περιορισμός της πιθανότητας ανάπτυξης νέων βιοτύπων ζιζανίων με ανθεκτικότητα στα χρησιμοποιούμενα ζιζανιοκτόνα μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την εφαρμογή προγραμμάτων, τα οποία έχουν ως στόχο τη διαχείριση (έλεγχο) και όχι την πλήρη εξάλειψη των ζιζανίων. Τέτοιου είδους προγράμματα εφαρμόζονται ήδη διεθνώς έχοντας ως κοινό γνώρισμα το γεγονός ότι ο έλεγχος των ζιζανίων κατά τη διαδικασία παραγωγής των γεωργικών

προϊόντων δε βασίζεται μόνο σε μια μέθοδο αλλά στη συνδυασμένη εφαρμογή φιλικότερων για τον άνθρωπο αλλά και το περιβάλλον μεθόδων.

1.4 Ανταγωνισμός

Ανταγωνισμός, σύμφωνα με τον Zimdahl (2007), είναι «η μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ γειτνιαζόντων φυτών (ίδιου ή διαφορετικού είδους) που συμβαίνει όταν η άμεση διαθεσιμότητα ενός πόρου (θρεπτικά στοιχεία, νερό, φως) στο περιβάλλον δεν καλύπτει τη συνδυασμένη απαίτηση των γειτνιαζόντων φυτών».

1.5 Περιγραφή των ειδών *Bromus*.

Το ζιζάνιο *Bromus spp.* Θεωρείται από τα ζιζάνια που προκαλούν μεγάλα προβλήματα στις καλλιέργειες των χειμερινών σιτηρών.

1.5.1 *Bromus hordeaceus*



ΓΕΝΙΚΑ

Το *B. hordeaceus* είναι ένα είδος ζιζανίου που προέρχεται από την Ευρώπη. Είναι ετήσιο φυτό, αυτογονιμοποιούμενο με μικρό κύκλο ζωής. Επίσης, η σύνθετη πολυπλοειδία παρέχει στους πληθυσμούς με αυξημένη προσαρμοστική ικανότητα, επιτρέποντας στον *B. hordeaceus* να ανταποκριθεί στις νέες πιέσεις επιλογής (Ainouche et al., 1999). Το *B. hordeaceus* έχει εισαχθεί σε τμήματα της Βόρειας και Νότιας Αμερικής και της Αυστραλίας. Πρόκειται για ένα ζιζάνιο καλλιεργήσιμων εκτάσεων, λιβαδιών και οπωρώνων όπου συναγωνίζεται τη φυσική βλάστηση.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Τα φυτά του είδους είναι ετήσια ή διετή. Οι βλαστοί έχουν μήκος 2-70 cm και είναι όρθιοι ή αναρριχώμενοι. Οι στάχεις είναι 14-20 mm, λογχοειδείς και μέτρια πλευρικά συμπιεσμένα. Τα άγανα είναι 6-8 mm και οι ανθήρες 0,6-1,5 mm. Η καρύωση είναι λεπτή και χαμηλή σε επίπεδα (Barkworth et al., 2007).

ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Το *B. hordeaceus* είναι ιθαγενές στη λεκάνη της Μεσογείου και, γενικότερα, στην Ευρώπη εν γένει. Εισήχθη στην Αμερική, την Ευρασία, τη Νότια Αφρική, την Αυστραλασία και σε ορισμένα νησιά του Ειρηνικού (Williams et al., 2011).

Το *B. hordeaceus*, ένα αυτόχθονο είδος στην Τσεχική Δημοκρατία σύμφωνα με πολλές θεραπείες, θεωρείται επεμβατικό στον κατάλογο των εξωγήινων φυτών της Τσεχικής Δημοκρατίας (Pyšek et al., 2002).

ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑ

Το *B. hordeaceus* είναι ένα σιτηρό που απαντάται σε καλλιεργητικές εκτάσεις, λιβάδια και ετήσιες κοινότητες χορτονομής (Howard, 1998, FAO, 2013). Στην Καλιφόρνια και το Όρεγκον, το *B. hordeaceus* είναι συχνά ένα σημαντικό συστατικό της ετήσιας χορτολιβαδικής βλάστησης (Shock et al., 1984, Howard, 1998, Stapanian κ.ά., 1998).

Το *B. hordeaceus* προτιμά ένα κλίμα με σχετικά ήπιους χειμώνες και πολύ ζεστά καλοκαίρια. ωστόσο προσαρμόζεται καλά στις κλιματικές διακυμάνσεις. Τα ξηρά μεσογειακά κλίματα είναι ευνοϊκότερα για το *B. hordeaceus* (Howard, 1998). Μεγιστοποιεί την ανάπτυξή του με μέτρια βροχή της άνοιξης (Ewing και Menke, 1983). Το *B. Hordeaceus* μεγαλώνει καλύτερα στα αποξηραμένα σε ξηρά εδάφη. Η βλάστηση των σπόρων αυξάνεται σημαντικά σε αποσυντιθέμενο γρανίτη σε σύγκριση με οργανική ύλη όπως το άχυρο (Howard, 1998).

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

- Γενετική
Χρωμοσωμικός αριθμός: $2n = 28$ (Ainouche et al., 1999, Lövkvist and Hultgård, 1999, Tropicos, 2013).

- Βιολογία αναπαραγωγής

Το *B. hordeaceus* είναι ένα αυτογονιμοποιούμενο, ετήσιο φυτό (Howard, 1998). Η αναπαραγωγή του *B. hordeaceus* από τους σπόρους περιορίζεται από τη θερμοκρασία ψύξης (Howard, 1998). Το *B. hordeaceus* βλασταίνει όταν σπείρεται στην επιφάνεια με ρυθμούς που μειώνονται σημαντικά όταν θάβονται πάνω από 2 εκ. Βάθος (MingJer et al., 2006, Jensen, 2009). Η τράπεζα σπόρων του *B. hordeaceus* είναι πιο βιώσιμη κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους, όπου η μεγαλύτερη βλάστηση λαμβάνει χώρα εντός 13 μηνών από τη διασπορά των σπόρων. Ωστόσο, ορισμένοι σπόροι μπορούν να παραμείνουν για τουλάχιστον πέντε χρόνια (Jensen, 2009). Μια μελέτη στη Νέα Ζηλανδία, από την άλλη πλευρά, διαπίστωσε ότι περισσότερο από το 80% των σπόρων του *B. hordeaceus* προέκυψε μέσα στους πρώτους δύο μήνες μετά τη φύτευση, με πλήρη βλάστηση να έχει επιτευχθεί μέχρι την άνοιξη. Η τοποθέτηση των σπόρων σε βάθη από 1 έως 20 cm δεν επηρέασε σημαντικά τη βλαστική ικανότητα. Ωστόσο, η εγκατάσταση σποροπαραγωγής και η σφριγηλότητα μειώθηκαν με το βάθος των σπόρων (Dastgheib and Poole, 2010).

- Φυσιολογία και Φαινολογία

Το *B. hordeaceus* έχει ένα C3 φωτοσυνθετικό μονοπάτι (Grass Phylogeny Working Group et al., 2001).

Οι μεταβολές του ατμοσφαιρικού λόγου C / N λόγω της αύξησης του CO₂ μπορεί να μειώσουν το υδατικό στρες και να επιμηκύνουν την καλλιεργητική περίοδο του *B. hordeaceus* (Larigauderie et al., 1988).

Το *B. hordeaceus* είναι εξαιρετικά προσαρμοστικό που παρουσιάζει γενετικές διαφορές και παραλλαγές σε σχέση με την αλλαγή του τοπίου μέσω της προσθήκης θρεπτικών ουσιών από τα λιπάσματα και της επανειλημμένης απομάκρυνσης της βιομάζας μέσω βοσκής ή κοπής (Völler et al., 2013).

Το *B. hordeaceus* παράγει 1,108,86 κόκκους γύρης ανά λουλούδι, 221.10 λουλούδια ανά ταξιανθία. και 245.176 κόκκους γύρης ανά ταξιανθία (Prieto-Baena et al., 2003).

Η βλάστηση του *B. hordeaceus* επηρεάζεται θετικά από ένα συγκεκριμένο εύρος έκθεσης στο φως με τη μείωση των ποσοστών βλάστησης σε μεγαλύτερες εκθέσεις. Το νιτρικό κάλιο προώθησε σημαντικά τη βλάστηση, αλλά δεν αλληλεπιδρά σημαντικά με πειραματικά φωτεινά σχήματα (Ellis et al., 1986). Η βλάστηση του σπόρου του *B. hordeaceus* ελαχιστοποιείται όταν παραμένει αδιατάρακτη στις επιφάνειες του εδάφους και εκτίθεται σε θερμότερες θερμοκρασίες (Clarke et al., 2000).

- Περιβαλλοντικές απαιτήσεις

Το *B. hordeaceus* προτιμά ένα κλίμα με σχετικά ήπιους χειμώνες και πολύ ζεστά καλοκαίρια. ωστόσο προσαρμόζεται καλά στις κλιματικές διακυμάνσεις. Τα ξηρά μεσογειακά κλίματα είναι ευνοϊκότερα για το *B. hordeaceus* (Howard, 1998). Το *B. hordeaceus* μεγιστοποιεί την ανάπτυξη με μέτρια βροχή της άνοιξης (Ewing και Menke, 1983). Μεγαλώνει καλύτερα στα αποξηραμένα σε ξηρά εδάφη. Η βλάστηση των σπόρων αυξάνεται σημαντικά σε αποσυντιθέμενο γρανίτη σε σύγκριση με οργανική ύλη όπως το άχυρο (Howard, 1998).

1.5.2 *Bromus sterilis*



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το *B. sterilis* είναι ένα ετήσιο ή διετές φυτό, ύψους 30-80 εκατοστών. Το στέλεχος είναι όρθιο, ομαλό, μερικές φορές τραχύ στην κορυφή. Τα φύλλα έχουν χρώμα ανοιχτό πράσινο και η λέπιδα των φύλλων έχει χνουδί. Τα άνθη έχουν μοβ ή πράσινο χρώμα μέχρι 15 εκατοστά. Οι

ταξιανθίες είναι 20-25mm κι έχουν 6 έως 13 λουλούδια, έντονα συμπιεσμένα.

ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑ

Το *B. sterilis* απαντάται σε καταστάσεις ξηρασίας κι έχει επίσης γίνει όλο και πιο άφθονο σε αρόσιμους οικοτόπους όπου εφαρμόζεται η ρηχή καλλιέργεια. Βρίσκεται σε όλους τους κυριότερους τύπους εδάφους (άργιλος, βλάστηση και άμμος, οξύ, ουδέτερο και αλκαλικό) και αναπτύσσεται σε ξηρό ή υγρό έδαφος. Μπορεί να ανεχθεί την ξηρασία και τους ισχυρούς ανέμους, αλλά όχι την θαλάσσια έκθεση (INRA, 2001).

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

- Γενετική

Το *B. sterilis* έχει χρωμοσωμικό αριθμό $2n = 14$ (Anon., 2000). Ωστόσο, ένας νέος πολυπλοειδικός αριθμός ($2n = 28$) αναφέρθηκε από τον Queiros (1981).

- Φυσιολογία και Φαινολογία

Η βλάστηση των σπόρων του *B. sterilis* αναστέλλεται από την Pfr (η μορφή του φυτοχρώματος που απορροφά πολύ κόκκινο φως). Ο βαθμός αναστολής εξαρτάται από την αναλογία του Pfr που είχε καθιερωθεί στον σπόρο. Η αναστολή αυτή ήταν μεταβατική και στους 15°C ήταν εμφανής σε 40% σπόρων 1,5 ημέρες μετά τη σπορά. Η αναστολή της Pfr συνέχισε περισσότερο σε θερμοκρασίες κάτω από 15°C από ό, τι σε θερμοκρασίες άνω των 15°C οι οποίες ήταν ούτως ή άλλως ανασταλτικές στη βλάστηση. Η ανασταλτική επίδραση του Pfr αυξήθηκε επίσης σε συνθήκες χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία υποστρώματος (Hilton, 1984). Η βλάστηση του *B. sterilis* στη Σουηδία αναστέλλεται έντονα από το φως, ενώ υπήρξαν πολλές μεταβολές στην αδράνεια (Andersson et al., 2002) Η μακροζωία του *B. sterilis* είναι σχετικά μικρή, με λίγους σπόρους να διατηρούνται πέραν των 12 μηνών υπό συνθήκες εδάφους (Lutman et al., 2003).

Η βέλτιστη βλάστηση των σπόρων *B. sterilis* σε συνθήκες εργαστηρίου επιτεύχθηκε στους περίπου $15-25^{\circ}\text{C}$ και βάθος εδάφους 0,5 cm (Mikulka, 1987).

Η πυκνότητα των φυτών του *Bromus spp.* (συμπεριλαμβανομένου του *B. sterilis*) στο Μαρόκο κυμάνθηκε από 330 έως 661 φυτά / m², με μέγιστο ύψος 102 cm και δείκτη εμβαδού φύλλων 6. Ο καθαρός ρυθμός ημερήσιας αφομοίωσης ήταν 4 g / m² και οι ημερήσιοι ρυθμοί αύξησης κυμαίνονταν από 3,2 έως 7.7 g / m². Η περιεκτικότητα σε άζωτο των φύλλων κυμαίνεται από 3,8 έως 4,1% και η συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες των σπόρων ήταν 10,9%. Το βάρος των 1000 σπόρων ποικίλει από 20 έως 24 g (Hamal et al., 1998).

1.6 Σκοπός της μελέτης

Το ζιζάνιο *Bromus sp.* είναι σημαντικός εχθρός των χειμερινών σιτηρών και έχουν αναφερθεί και καταγραφεί συχνά προβλήματα των καλλιεργητών όσον αφορά την αδυναμία ή τη μερική αποτελεσματικότητα των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για να αντιμετωπιστεί το ζιζάνιο. Αντικείμενο της παρούσας εργασίας ήταν η αξιολόγηση της ανθεκτικότητας δύο ειδών του ζιζανίου αυτού (*Bromus hordeaceus* και *Bromus sterilis*) έναντι οκτώ ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ήρας στην Ελλάδα καθώς και ο μεταξύ τους ανταγωνισμός.

Κεφάλαιο 2

Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Γενικά

Το πείραμα διεξήχθη στο Εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Δέκα πληθυσμοί του ζιζανίου *Bromus spp.* (τρεις *Bromus hordeaceus* και επτά *Bromus sterilis*) σπάρθηκαν σε μικρά γλαστράκια.

Θ1: *Bromus hordeaceus*

Θ2: *Bromus sterilis*

Θ3: *Bromus sterilis*

Θ4: *Bromus sterilis*

Θ5: *Bromus sterilis*

Θ6: *Bromus sterilis*

Θ8: *Bromus sterilis*

Θ9: *Bromus sterilis*

Θ10: *Bromus hordeaceus*

Θ11: *Bromus hordeaceus*

Σε κάθε πληθυσμό αντιστοιχούν οκτώ γλαστράκια που είναι ο αριθμός των επεμβάσεων, δηλαδή των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν. Οι πληθυσμοί αυτοί ψεκάστηκαν με τις συνιστώμενες δόσεις οκτώ ζιζανιοκτόνων. Τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα ήταν τα εξής:

A) Μάρτυρας

B) Glyphosate 720 g/ha (5,3ml/lit νερού)= x

C)Glyphosate 1440 g/ha (5,3ml/lit νερού)=2x

D)Glufosinate 750g/ha (20ml/lit νερού)

E)Fenoxaprop 120 κ.εκ./στρ.= 4ml/lit

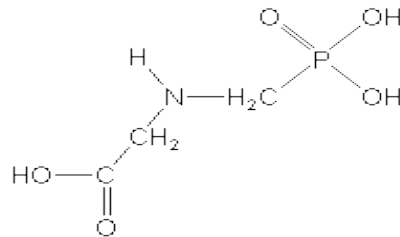
F)Clodinafop 30ml/στρ. = 1ml/lit

G)Mesosulfuron+ Iodosulfuron 50g/στρ.= 1,5 ml/lit

H)Amidosulfuron+ Mesosulfuron+ Iodosulfuron 50g/στρ.=1,5 g/lit

Glyphosate

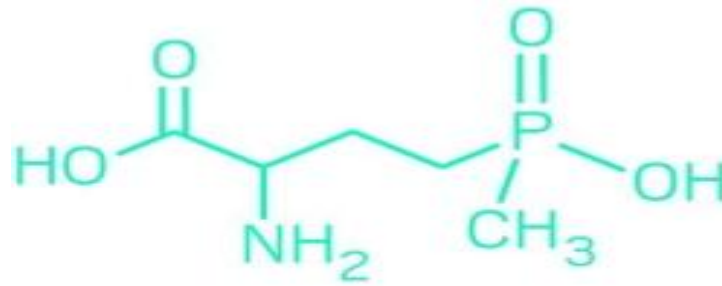
Είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μη εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο. Έχει μεγάλο φάσμα δράσης στον έλεγχο των ζιζανίων. Μηχανισμός δράσης: Στοχεύει στο ένζυμο συνθετάση του 5-ενολοπυροβιλσικιμικού-3-φωσφορικού οξέως (EPSP synthase), το οποίο είναι σημαντικό στο μονοπάτι βιοσύνθεσης του σικιμικού οξέως. Η υπερβολική χρήση του glyphosate μαζί με την έλλειψη μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης ζιζανίων οδηγεί στην ανάπτυξη ανθεκτικών βιοτύπων. Η εμπορική του ονιμασία είναι Roundup.



GLYPHOSATE

Glufosinate

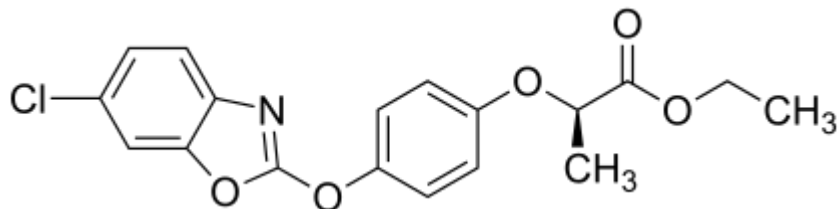
Είναι ένα διασυστηματικό ζιζανιοκτόνο ευρέως φάσματος που παράγεται από διάφορα είδη βακτηρίων εδάφους *streptomyces*. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο σημαντικών ζιζανίων. Δρα μη εκλεκτικά, δι'επαφής στα πράσινα μέρη των φυτών. Εφαρμόζεται σε νεαρά φυτά κατά την πρώιμη ανάπτυξη για πλήρη αποτελεσματικότητα. Πωλείται σε σκευάσματα με μάρκες όπως τα Basta, Rely, Finale, Challenge και Liberty.



Glufosinate

Fenoxaprop

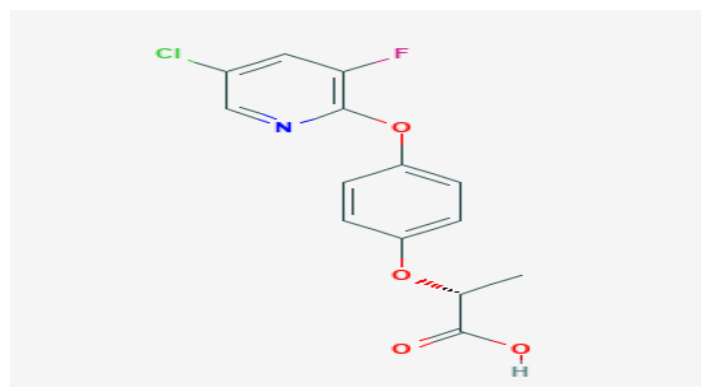
Είναι ένα εκλεκτικό διασυστηματικό ζιζανιοκτόνο. Χρησιμοποιείται κατά των ετήσιων μονοκοτυλήδων ζιζανίων ειδικά σε καλλιέργειες σιτηρών.



Fenoxaprop

Clodinafop

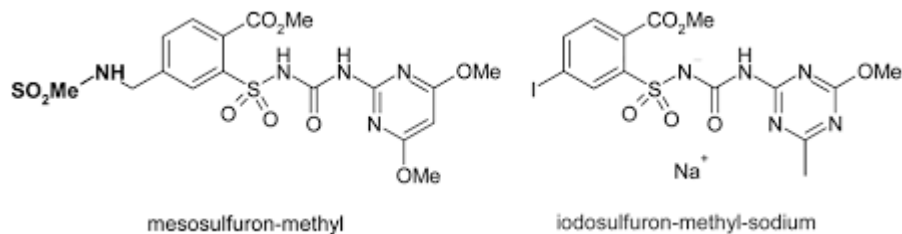
Είναι ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της αγριοβρώμης καθώς και άλλων ζιζανίων σε καλλιέργειες σιταριού, σκληρού σιταριού, σίκαλης και τριτικάλε.



Clodinafop

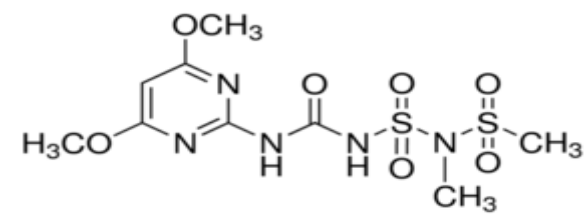
Mesosulfuron+Iodosulfuron.

Είναι ζιζανιοκτόνα σουλφονουρίας για τον έλεγχο των πλατύφυλλων ζιζανίων στα σιτηρά. Ο μηχανισμός δράσης αυτού του ζιζανιοκτόνου βασίζεται στην αναστολή δράσης του ενζύμου ALS που είναι υπεύθυνη για τη βιοσύνθεση ελεύθερης διακλαδισμένης αλυσίδας αμινοξέων: βαλίνη, λευκίνη και ισολευκίνη.



Amidosulfuron

Είναι ζιζανιοκτόνο σουλφονουρίας για τον έλεγχο των πλατύφυλλων ζιζανίων στα σιτηρά. Ο μηχανισμός δράσης αυτού του ζιζανιοκτόνου βασίζεται στην αναστολή δράσης του ενζύμου ALS που είναι υπεύθυνη για τη βιοσύνθεση ελεύθερης διακλαδισμένης αλυσίδας αμινοξέων: βαλίνη, λευκίνη και ισολευκίνη.



Amidosulfuron

2.2 Περιγραφή του πειράματος

Κάθε πληθυσμός σπάρθηκε σε μεγάλες γλάστρες τέλη Οκτώβρη, οι οποίες τοποθετήθηκαν στον αγρό.

Μετά την εμφάνιση των φυτών, σε αρχικό στάδιο πραγματοποιήθηκε μεταφύτευση των φυτών σε ατομικά γλαστράκια, έτσι ώστε σε κάθε πληθυσμό να αντιστοιχούν οκτώ γλαστράκια, όσος είναι κι ο αριθμός των επεμβάσεων.

Στις 12/12/2017 πραγματοποιήθηκε ο ψεκάσμος των φυτών με τα ζιζανιοκτόνα. Για όλα τα σκευάσματα χρησιμοποιήσαμε τη συνιστώμενη δόση. Τα φυτά χωρίστηκαν ανά επέμβαση. Στο μάρτυρα δεν εφαρμόσαμε κάποιο ζιζανιοκτόνο.

Μετά τον ψεκάσμό τα φυτά παρέμειναν στον αγρό.

Επτά ημέρες μετά τον ψεκάσμό πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που αφορούσαν το ύψος στα φυτά κι επιπλέον έγινε και μια οπτική παρατήρηση. Εικοσιμία ημέρες μετά τον ψεκάσμό πραγματοποιήθηκε η δεύτερη μέτρηση που αφορούσε το ύψος, καθώς και το νωπό βάρος και ξηρό βάρος των φυτών.

Για τη μέτρηση του ξηρού βάρους τα φυτά τοποθετήθηκαν για 48 ώρες σε φούρνο σε θερμοκρασία 70°C.













ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

Το δεύτερο μέρος του πειράματος αφορούσε τον ανταγωνισμό μεταξύ των πληθυσμών του *Bromus spp.*

Σπόροι των πληθυσμών που φάνηκαν πιο ανθεκτικοί στο πρώτο μέρος του πειράματος, συγκεκριμένα οι Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10 σπάρθηκαν σε γλάστρες.

Μόλις τα φυτά έφτασαν στο κατάλληλο στάδιο (άρχισαν να αδελφώνουν) μεταφυτεύτηκαν ανα δύο πληθυσμούς με τις εξής αναλογίες:

Θ5-Θ9: 100%-0% (4 φυτά από τον Θ5, 0 φυτά από τον Θ9)

75%-25% (3 φυτά από τον Θ5, 1 φυτό από τον Θ9)

50%-50% (2 φυτά από τον Θ5, 2 φυτά από τον Θ9)

25%-75% (1 φυτό από τον Θ5, 3 φυτά από τον Θ9)

0%-100% (0 φυτά από τον Θ5, 4 φυτά από τον Θ9)

Θ4-Θ10: 100%-0% (4 φυτά από τον Θ4, 0 φυτά από τον Θ10)

75%-25% (3 φυτά από τον Θ4, 1 φυτό από τον Θ10)

50%-50% (2 φυτά από τον Θ4, 2 φυτά από τον Θ10)

25%-75% (1 φυτό από τον Θ4, 3 φυτά από τον Θ10)

0%-100% (0 φυτά από τον Θ4, 4 φυτά από τον Θ10)

Θ6-Θ8: 100%-0% (4 φυτά από τον Θ6, 0 φυτά από τον Θ8)
75%-25% (3 φυτά από τον Θ6, 1 φυτό από τον Θ8)
50%-50% (2 φυτά από τον Θ6, 2 φυτά από τον Θ8)
25%-75% (1 φυτό από τον Θ6, 3 φυτά από τον Θ8)
0%-100% (0 φυτά από τον Θ6, 4 φυτά από τον Θ8)

Τα γλαστράκια τοποθετήθηκαν στον αγρό όπου δεχόντουσαν τακτικό πότισμα.

Ένα μήνα μετά τη μεταφύτευση πραγματοποιήθηκαν καταστροφικές μετρήσεις για τον προσδιορισμό του νερού αλλά και του ξηρού βάρους των φυτών με σκοπό να αποδειχθεί ποιος πληθυσμός ήταν πιο ανταγωνιστικός κι ανθεκτικός.

Κεφάλαιο 3

Αποτελέσματα

3.1 Στατιστική Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Το πείραμα αυτό είναι διπαραγοντικό, ο ένας παράγοντας είναι οι βιότυποι του ζιζανίου και ο δεύτερος παράγοντας είναι τα ζιζανιοκτόνα που εφαρμόστηκαν.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζεται η ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για τα διάφορα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν.

Πίνακας 3.1. Ανάλυση παραλλακτικότητας της επίδρασης των βιοτύπων και των ζιζανιοκτόνων στο ύψος των φυτών, το νωπό και το ξηρό τους βάρος.

	Ύψος		Νωπό Βάρος	Ξηρό Βάρος
	7	14		
Ζιζανιοκτόνο Βιότυπος	*	*	*	*
Αλληλεπίδραση ζιζανιοκτόνου*βιότυπου	ns	ns	*	*
	*	*	*	*

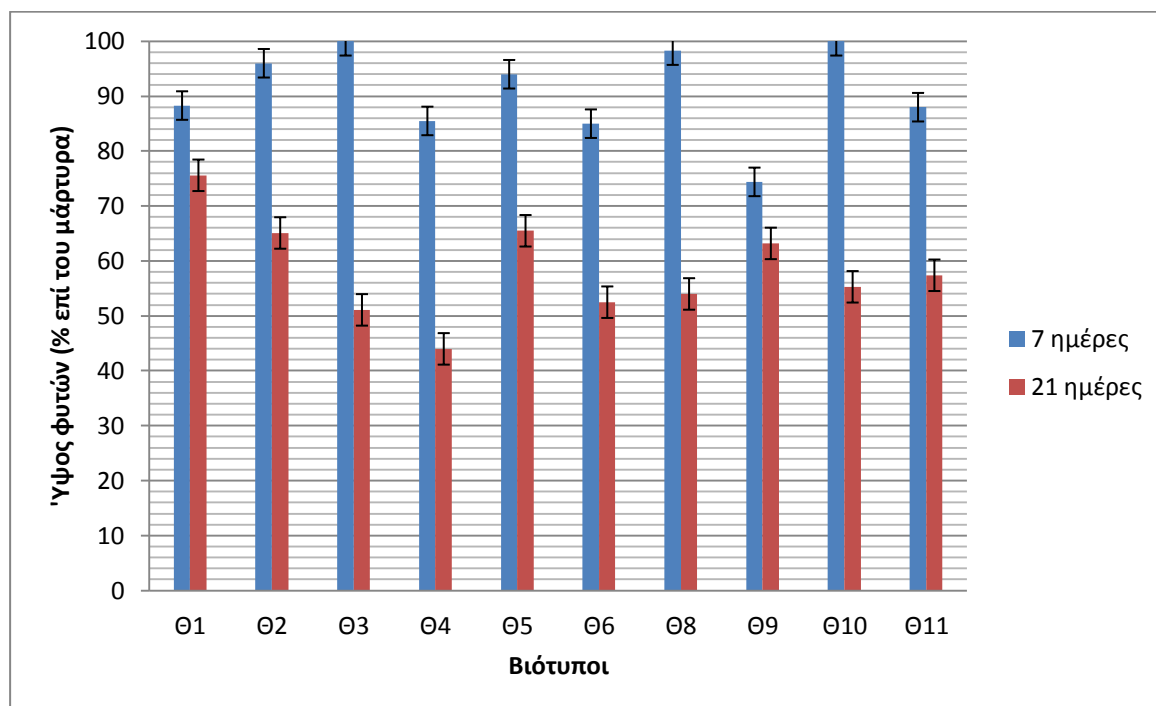
Όπου ns: μη στατιστικώς σημαντικό, ****: $P < 0.05$

Με βάση τον Πίνακα 3.1 οι βιότυποι δεν επηρέασαν στατιστικά σημαντικά το ύψος των φυτών ενώ επηρέασε το νωπό και το ξηρό τους βάρος. Αντίθετα τα ζιζανιοκτόνα επηρέασαν όλα τα χαρακτηριστικά των φυτών που μελετήθηκαν.

3.2 Αποτελέσματα

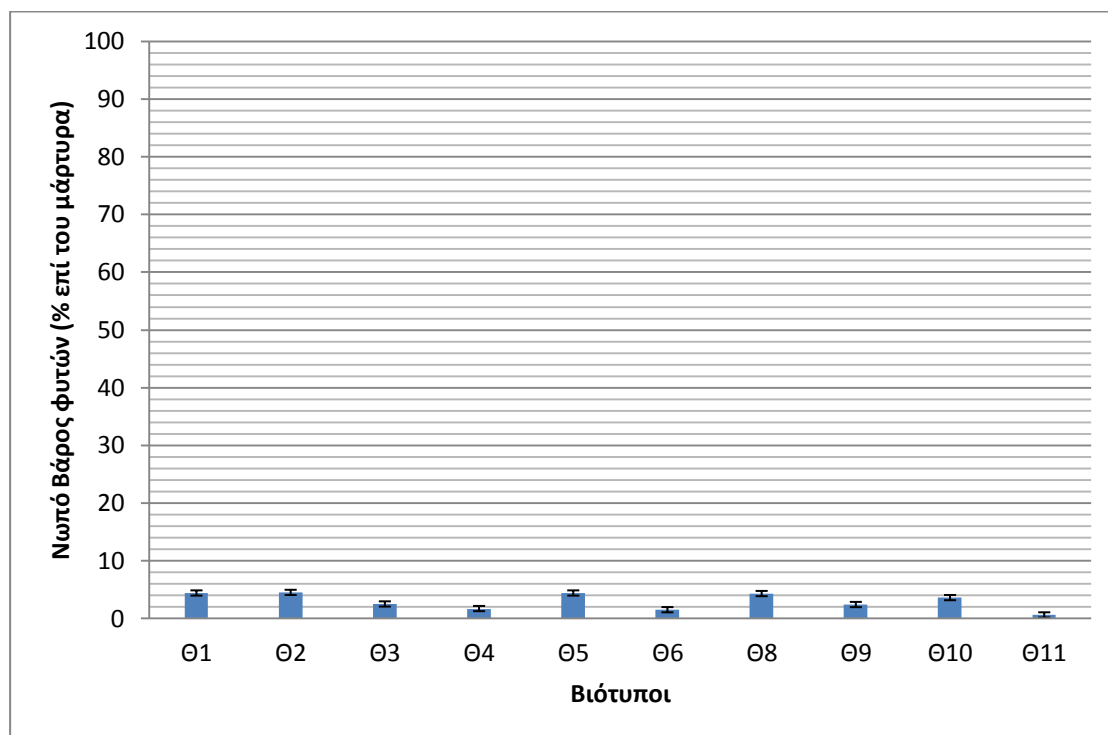
Σε κάθε μέτρηση συγκεντρώθηκαν τα δεδομένα και υπολογίσθηκαν οι μέσοι όροι για το κάθε χαρακτηριστικό που μελετήθηκε. Οι μέσοι όροι των μετρήσεων του κάθε χαρακτηριστικού παρουσιάζονται σε γραφήματα στα οποία μετά από στατιστική επεξεργασία που έγινε έχει υπολογισθεί η τιμή της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (Ε.Σ.Δ.). Αν οι διαφορές μεταξύ των μέσων είναι μεγαλύτερες από την Ε.Σ.Δ. τότε υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το επίπεδο σημαντικότητας είναι 5%.

Γραφήματα των βιοτύπων *Bromus spp.* μετά την εφαρμογή του glyphosate x



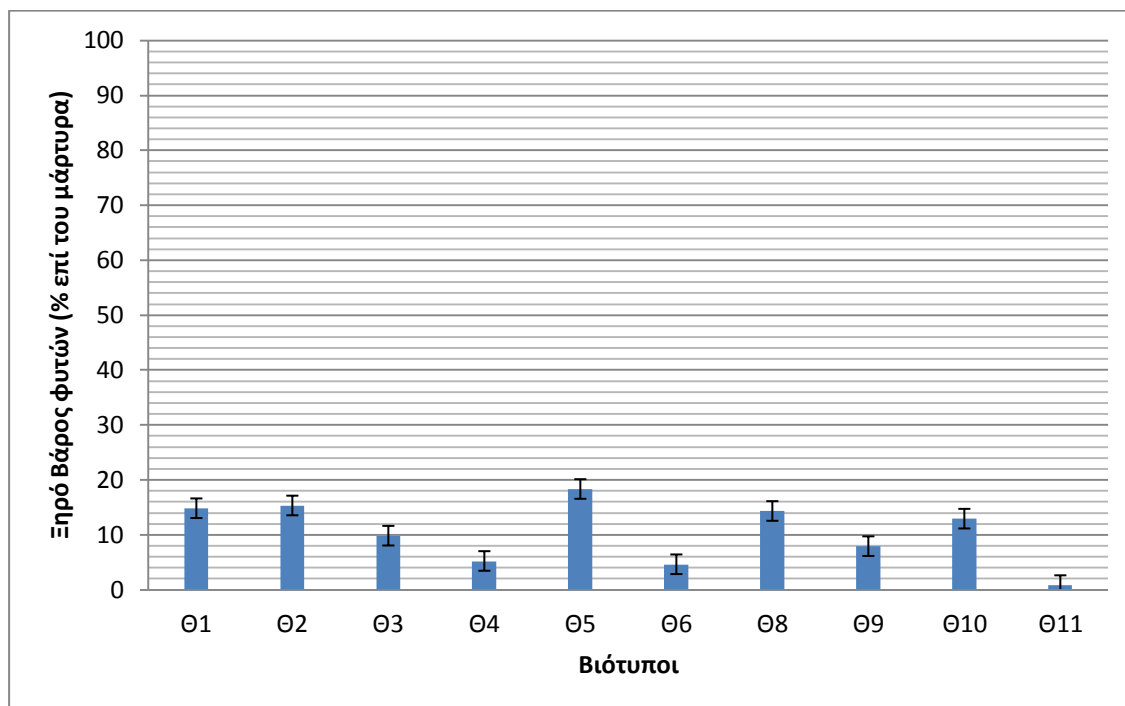
Γράφημα 1. Πορεία του ύψους των φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 7 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate x ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι το ύψος των φυτών που ανήκουν σε όλους τους βιότυπους παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$) στις 7 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate x. Συγκεκριμένα, στο ύψος των φυτών αυτών παρατηρήθηκε σημαντική μείωση με την πάροδο των ημερών.



Γράφημα 2. Νωπό βάρος φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate x ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

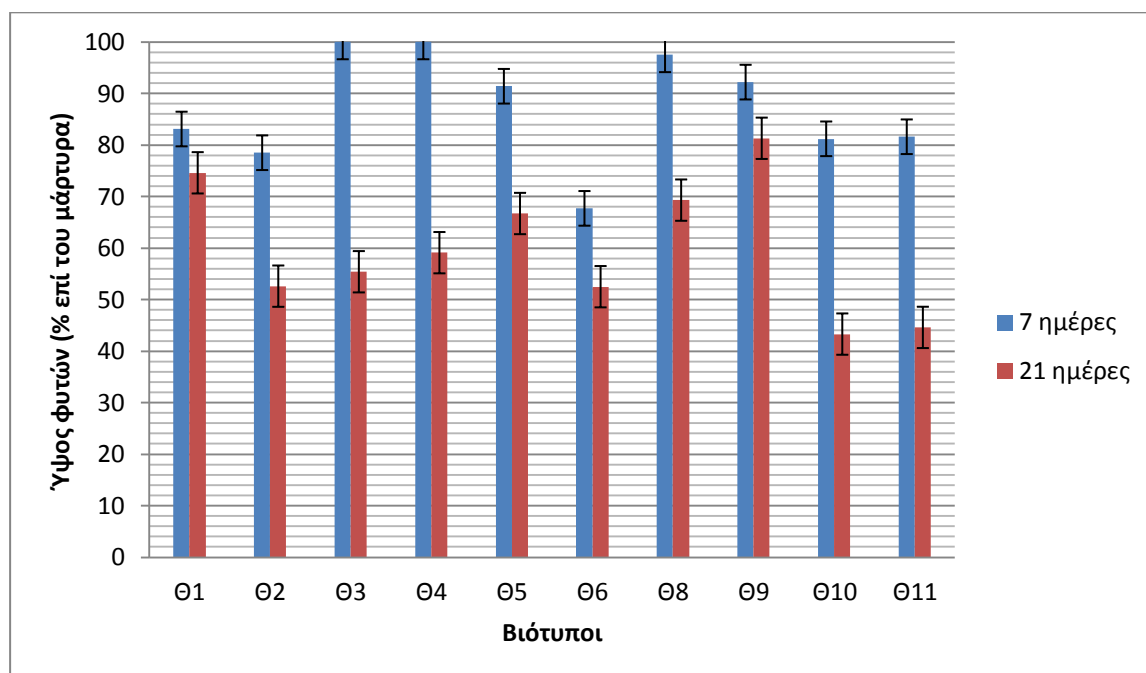
Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι οι βιότυποι Θ1, Θ2, Θ3, Θ5, Θ8, Θ9 και Θ10 ήταν στα ίδια επίπεδα και χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) ως προς την ευαισθησία στο ζιζανιοκτόνο glyphosate x. Είναι φανερό ότι οι βιότυποι Θ4, Θ6 και Θ11 είναι οι πιο ευαίσθητοι στο ζιζανιοκτόνο glyphosate x. Οι βιότυποι Θ1, Θ2, Θ5 και Θ8 παρουσιάζονται ως οι πιο ανθεκτικοί βιότυποι στην επέμβαση αυτή σε σχέση με τους υπόλοιπους βιότυπους.



Γράφημα 3. Ξηρό βάρος φυτών ήρας που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate x ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

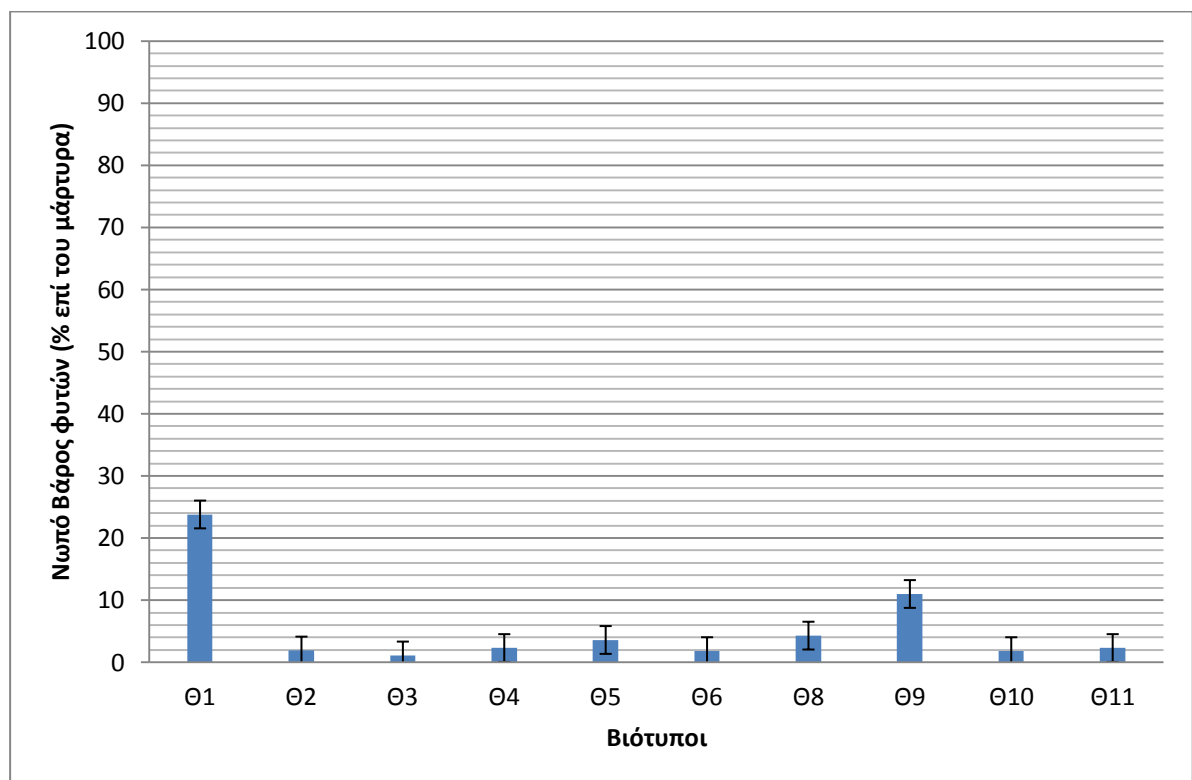
Με βάση το γράφημα για το ξηρό βάρος καταλήγουμε στο ίδιο συμπέρασμα ότι τα ξηρά βάρη των βιοτύπων Θ1, Θ2, Θ5, Θ3, Θ8, Θ9 και Θ10 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) από τα ξηρά βάρη των υπόλοιπων βιοτύπων. Οι βιότυποι αυτοί φαίνονται πιο ανθεκτικοί στο glyphosate x σε σχέση με τους υπόλοιπους με πιο ανθεκτικό το βιότυπο Θ5.

Γραφήματα των βιοτύπων *Bromus spp.* μετά την εφαρμογή του glyphosate 2x



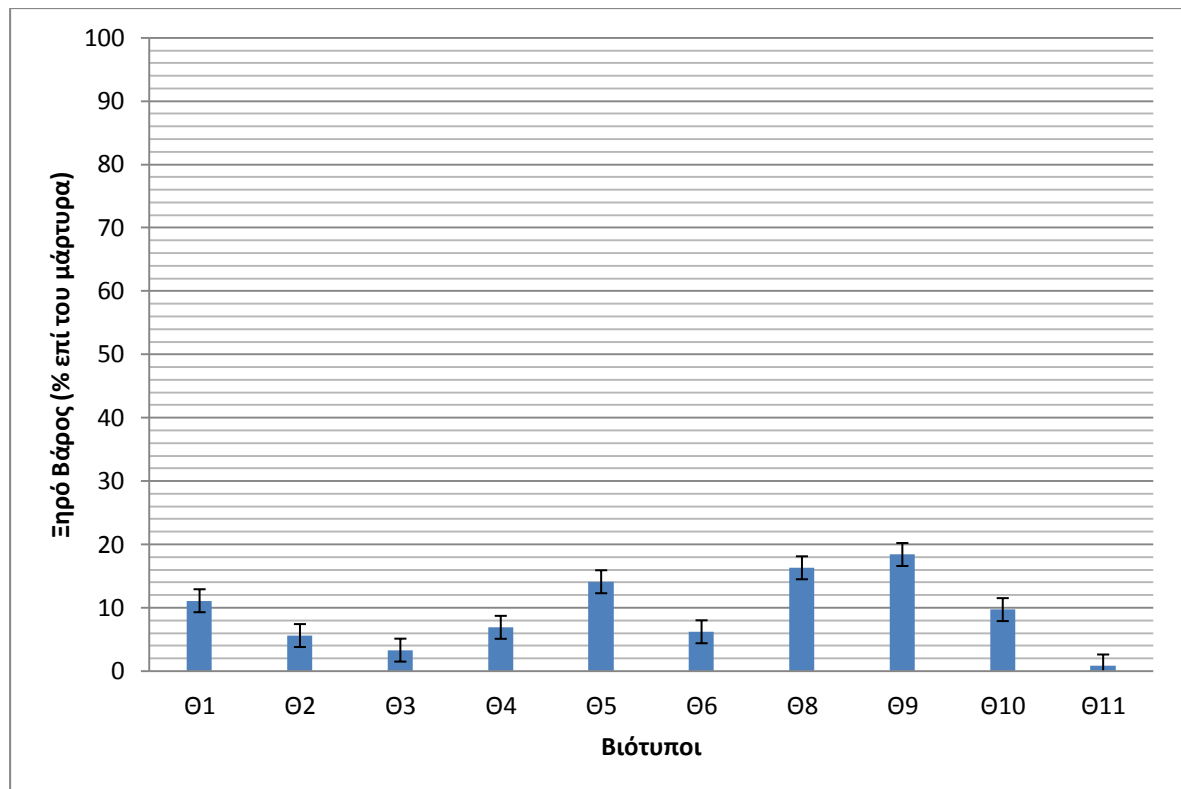
Γράφημα 4. Πορεία του ύψους των φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 7 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate 2x ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Με βάση το παραπάνω γράφημα φαίνεται πως στους βιότυπους Θ3, Θ4, Θ5, Θ8 και Θ9 δεν σημειώθηκε μείωση του ύψους των φυτών στις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate 2x σε σχέση με το μάρτυρα, αλλά παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση του ύψους τους στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου. Στους υπόλοιπους βιοτύπους ήδη από τις 7 ημέρες παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του ύψους των φυτών η οποία συνεχίστηκε όπως φαίνεται και στις 21 ημέρες. Σε όλους τους βιοτύπους το ύψος των φυτών διαφέρει στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) στις 7 και 21 ημέρες.



Γράφημα 5. Νωπό βάρος φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate2x ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

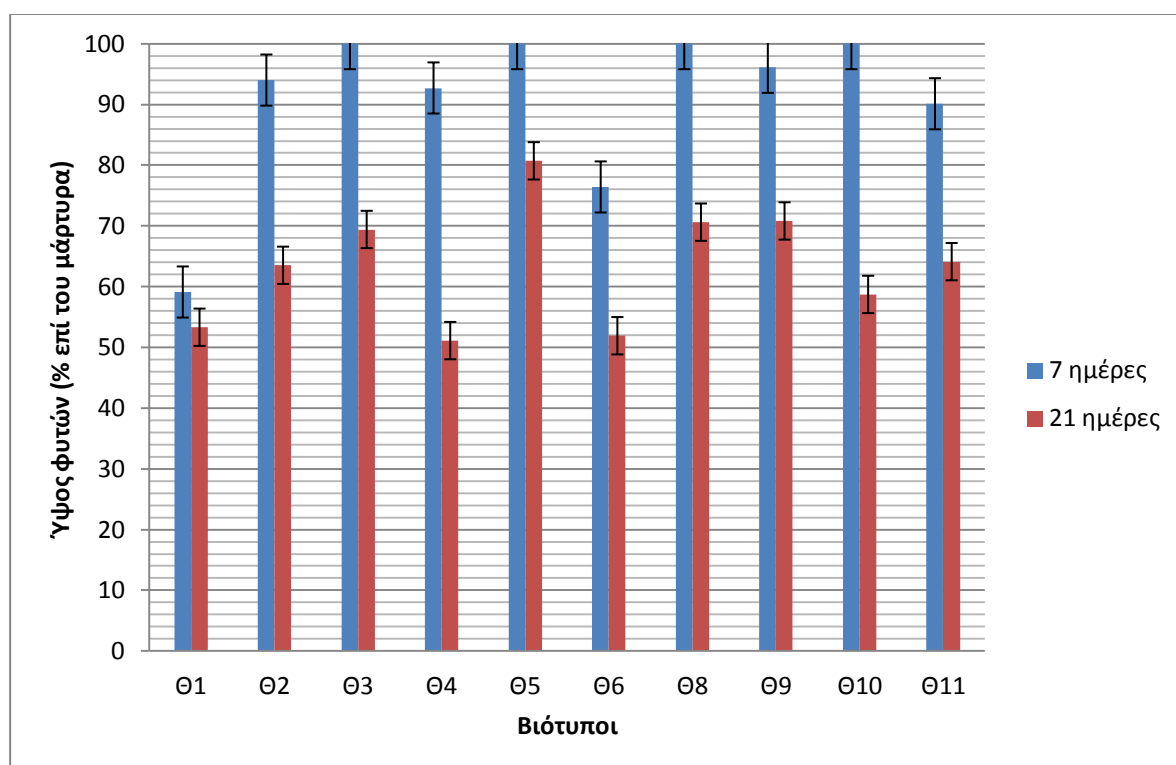
Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι οι βιότυποι Θ1 και Θ9 ήταν στα ίδια επίπεδα και χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P > 0,05$) ως προς την ευαισθησία στο ζιζανιοκτόνο glyphosate καθώς είναι πιο ανθεκτικοί σε σχέση με τους υπόλοιπους βιότυπους, με τον βιότυπο Θ1 να έχει τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα. Είναι φανερό ότι οι υπόλοιποι βιότυποι είναι πιο ευαίσθητοι στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο και χωρίς να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) μεταξύ τους ως προς την ευαισθησία.



Γράφημα 6. Ξηρό βάρος φυτών ήρας που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glyphosate 2x ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

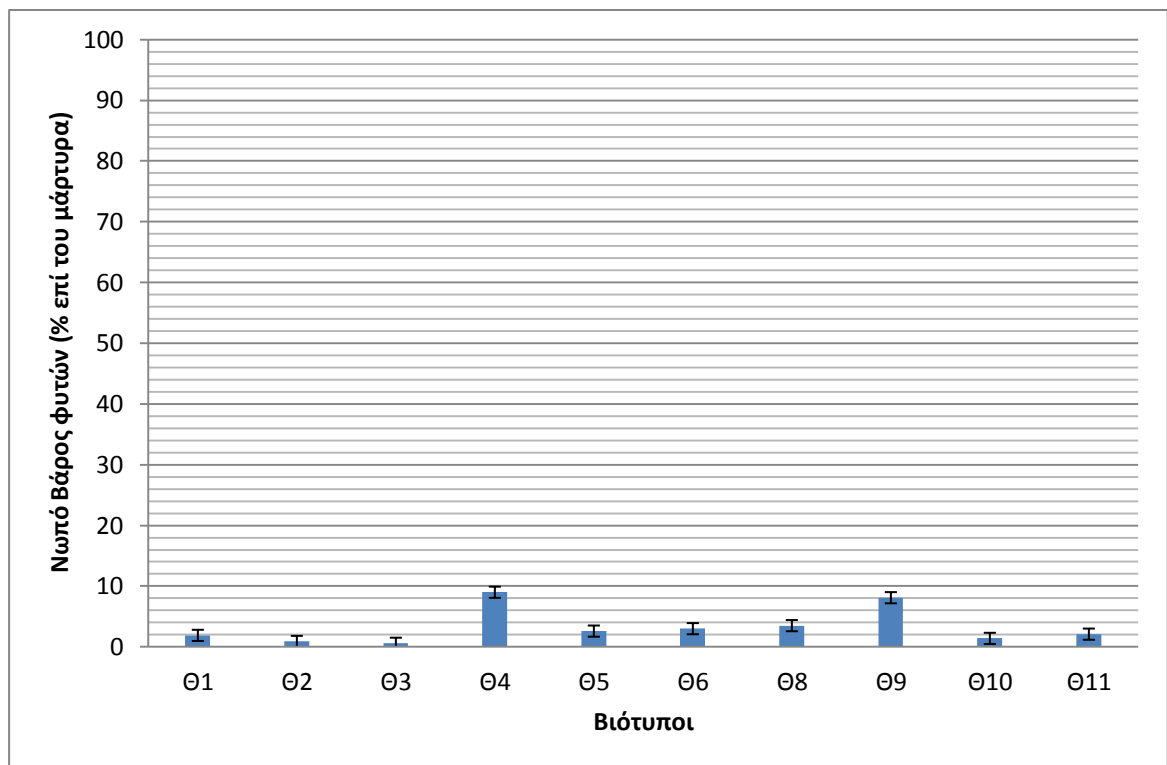
Παρατηρώντας το παραπάνω γράφημα είναι φανερό ότι οι βιότυποι με τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στο glyphosate 2x είναι οι Θ1, Θ5, Θ8 και Θ9 οι οποίοι δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) ως προς την ευαισθησία στο ζιζανιοκτόνο. Οι υπόλοιπη βιότυπου ήταν αρκετά ευαίσθητοι με το βιότυπο Θ11 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία.

Γραφήματα των βιότυπων *Bromus spp.* μετά την εφαρμογή του Glufosinate x



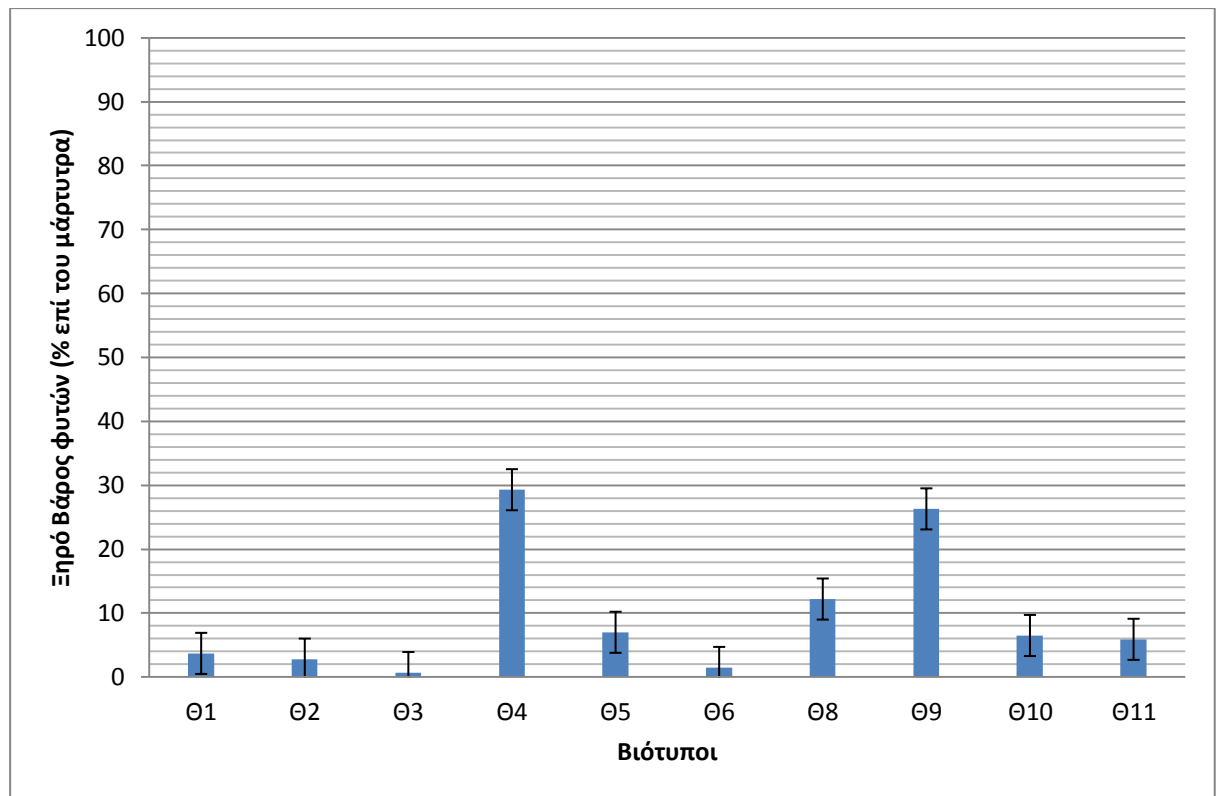
Γράφημα 7. Πορεία του ύψους των φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 7 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glufosinate ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Από το γράφημα φαίνεται πως όλοι οι βιότυποι εκτός από τον Θ1 δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) στο ύψος των φυτών στις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή του glufosinate καθώς δεν παρατηρείται σημαντική έως καθόλου μείωση του ύψους σε σχέση με το μάρτυρα. Αντίθετα ο βιότυπος Θ1 παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση. Σε όλους τους βιότυπους το ύψος των φυτών μειώθηκε αισθητά στις 21 ημέρες, με τους βιότυπους Θ1, Θ4 και Θ6 να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μείωση. Ο βιότυπος Θ5 ήταν αυτός που το ύψος των φυτών μειώθηκε λιγότερο.



Γράφημα 8. Νωπό βάρος φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glufosinate ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

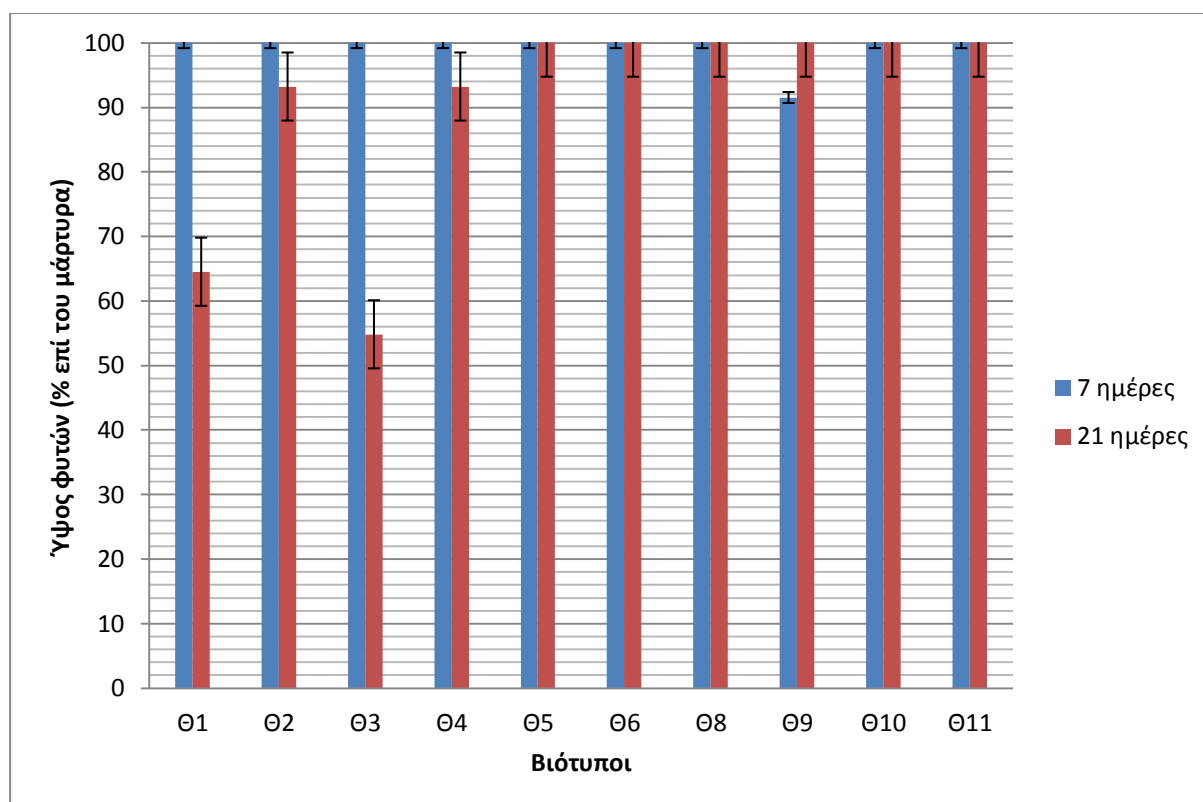
Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι οι βιότυποι Θ4 και Θ9 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) ως προς την ευαισθησία στο glufosinate και παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους βιότυπους. Ο Θ3 είναι ο βιότυπος με τη μεγαλύτερη ευαισθησία στι συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο.



Γράφημα 9. Ξηρό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του glufosinate ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Από το γράφημα του ξηρού βάρους επίσης φαίνεται ότι οι βιότυποι Θ4 και Θ9 παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και ο βιότυπος Θ3 τη μεγαλύτερη ευαισθησία στο glufosinate.

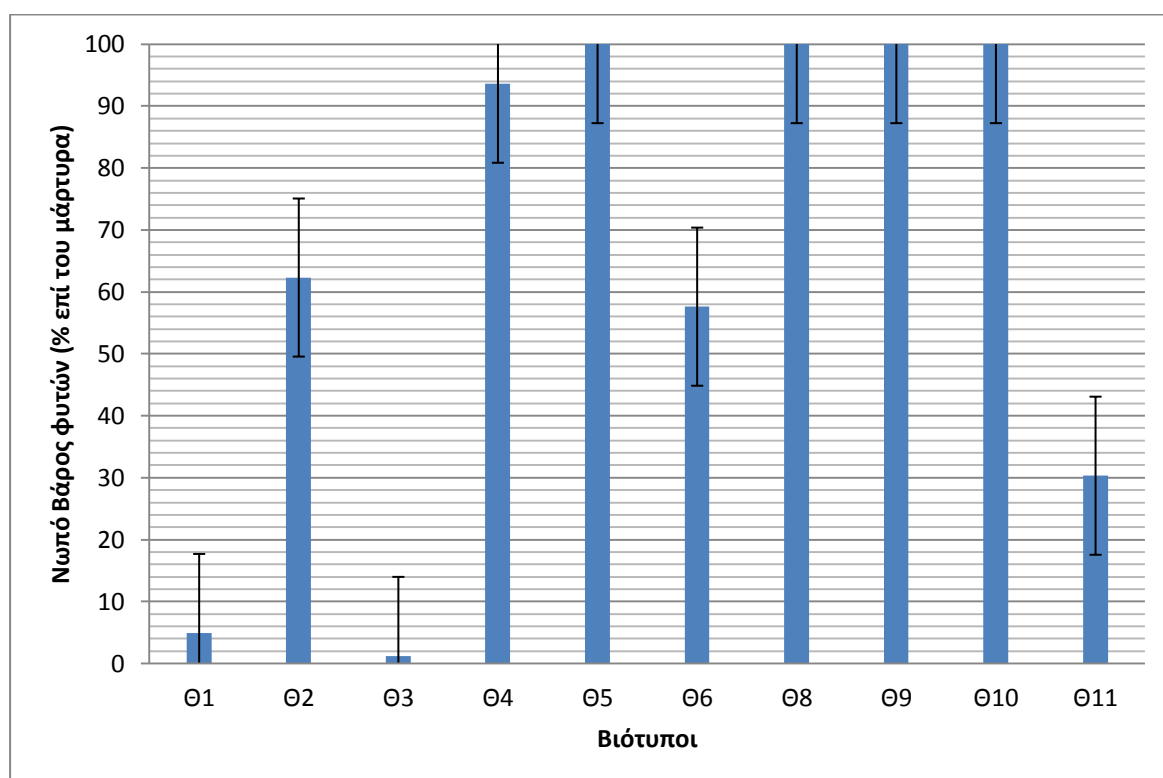
Γραφήματα των βιότοπων *Bromus spp.* μετά την εφαρμογή του fenoxarrop



Γράφημα 10. Πορεία του ύψους των φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 7 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του fenoxarrop ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

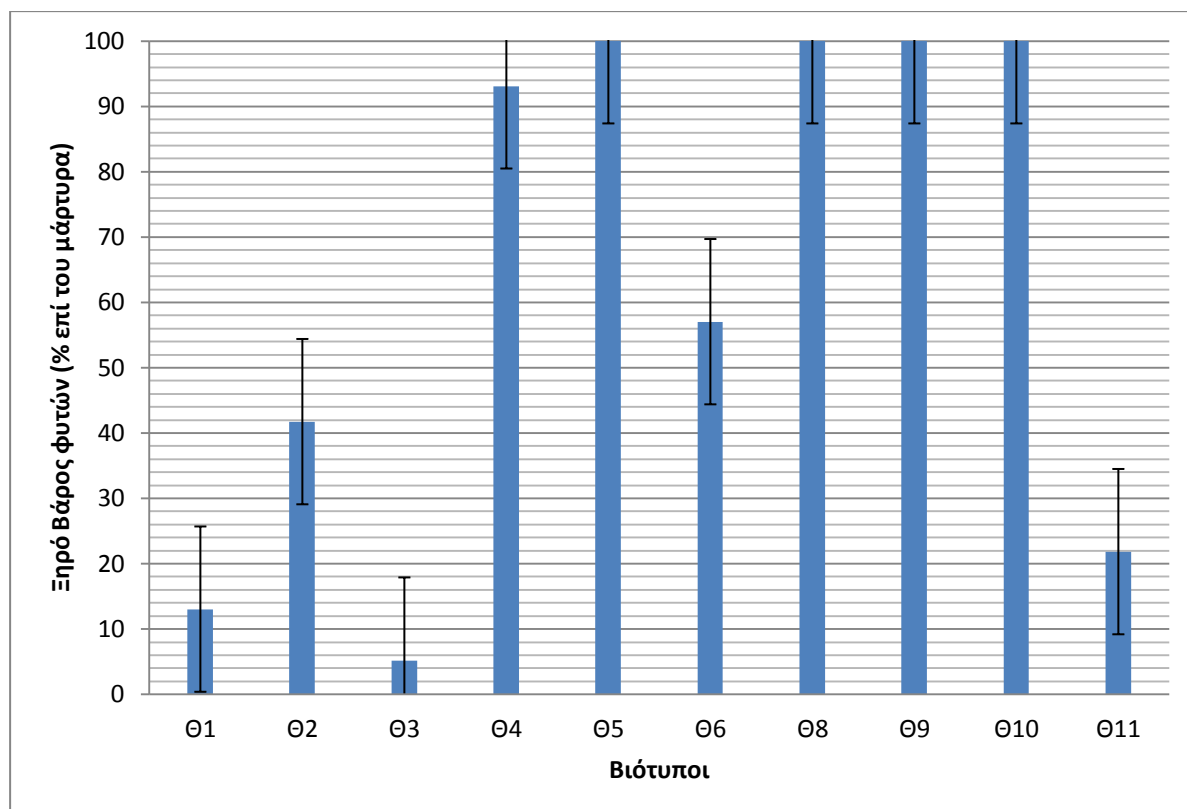
Με βάση το παραπάνω γράφημα είναι φανερό ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) στη μείωση του ύψους των φυτών σε όλους τους βιότυπους στις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή του fenoxarrop. Σε κανέναν βιότυπο δεν παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του ύψους στις 7 ημέρες. Σημαντική μείωση του ύψους των φυτών δεν παρατηρήθηκε ούτε στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου με

εξαίρεση τους βιότυπους Θ1 και Θ3 στους οποίους το ύψος των φυτών μειώθηκε αισθητά στις 21 ημέρες.



Γράφημα 11. Νωπό βάρος φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του fenoxyprop ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Με βάση το παραπάνω γράφημα οι βιότυποι Θ4, Θ5, Θ8, Θ9 και Θ10 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) ως προς την ευαισθησία τους, παρουσιάζοντας μεγάλη ανθεκτικότητα στο fenoxyprop. Οι βιότυποι Θ2, Θ6 και Θ11 είναι οι αμέσως επόμενοι ανθεκτικοί βιότυποι. Οι βιότυποι Θ1 και Θ3 είναι οι πιο ευαίσθητοι βιότυποι σε αυτό το ζιζανιοκτόνο με τον Θ3 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία.

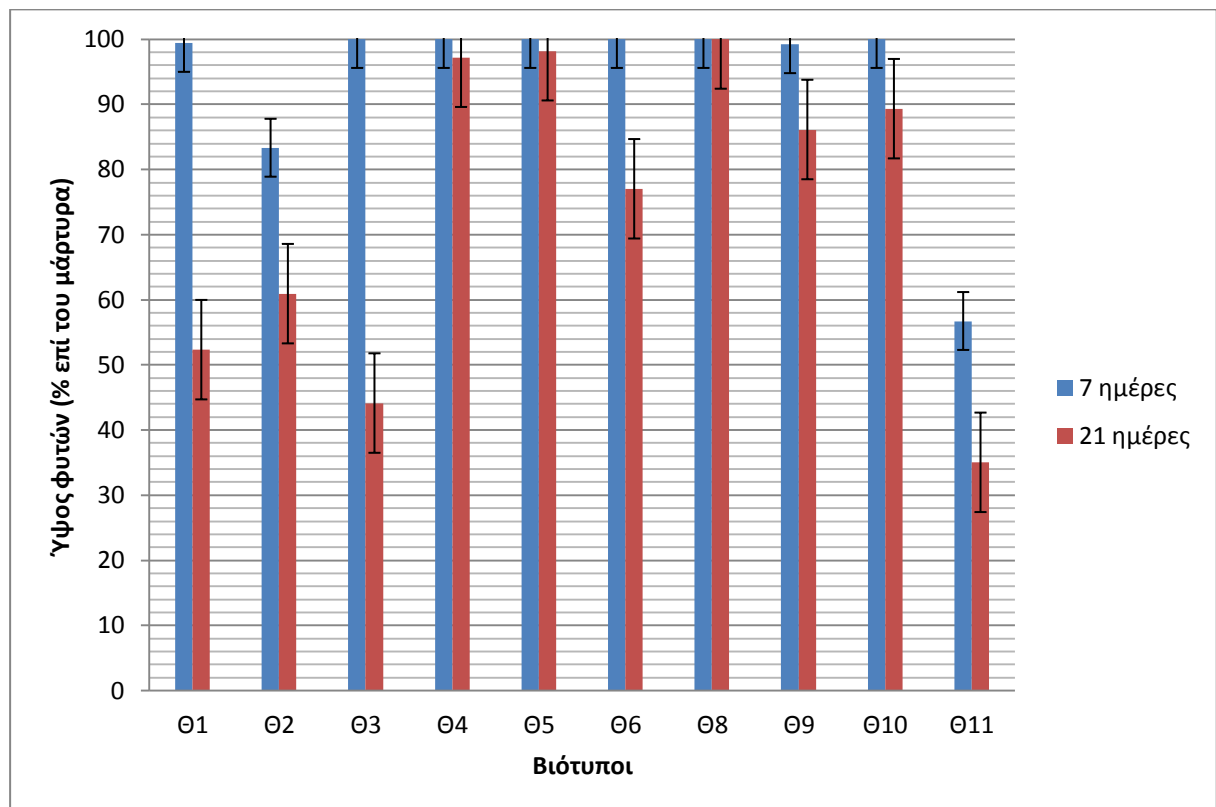


Γράφημα 12. Ξηρό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του fenoxypyr ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Με βάση το γράφημα του ξηρού βάρους επίσης φαίνεται ότι οι βιότυποι Θ4, Θ5, Θ8, Θ9 και Θ10 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) ως προς την ευαισθησία τους, παρουσιάζοντας μεγάλη ανθεκτικότητα στο fenoxypyr. Οι βιότυποι Θ2, Θ6 και Θ11 είναι οι αμέσως επόμενοι ανθεκτικοί βιότυποι. Οι βιότυποι Θ1 και Θ3 είναι οι

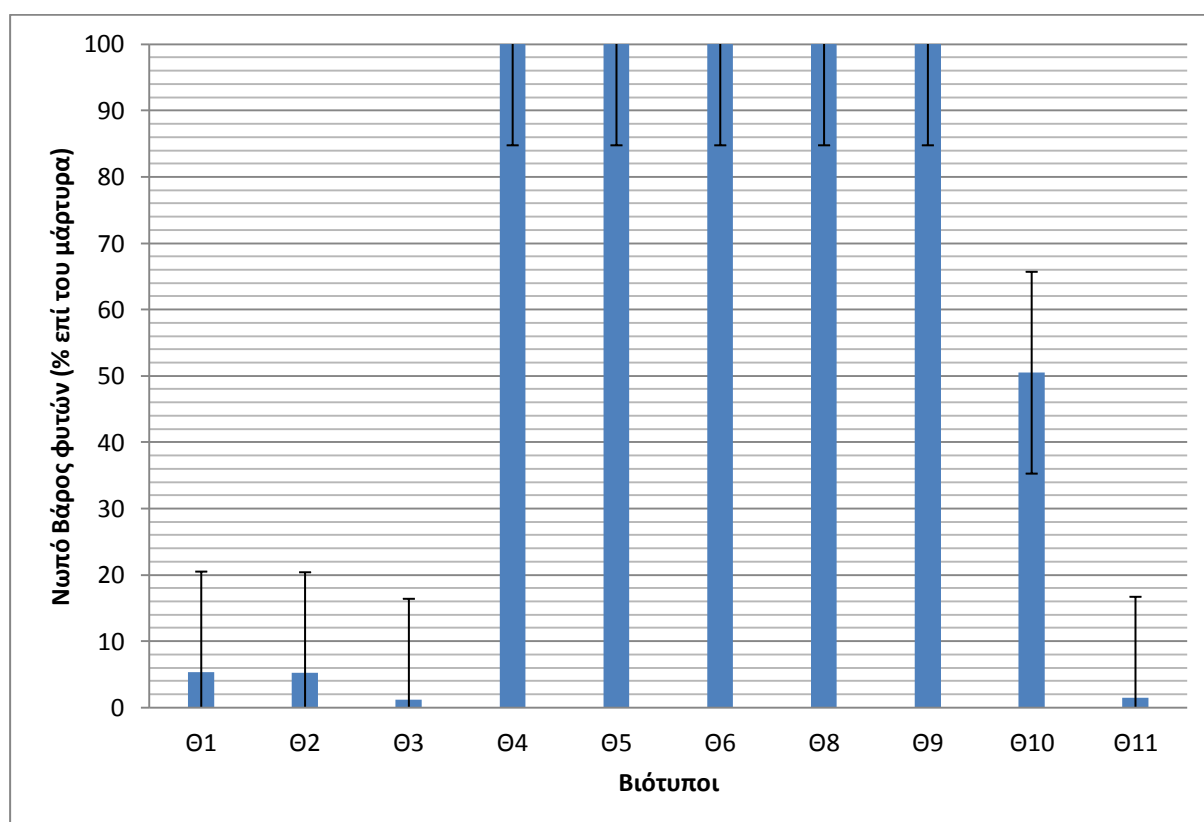
πιο ευαίσθητοι βιότυποι σε αυτό το ζιζανιοκτόνο με τον Θ3 να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία.

Γραφήματα των βιοτύπων *Bromus spp.* μετά την εφαρμογή του clodinafor x



Γράφημα 13. Πορεία του ύψους των φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 7 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του clodinafor ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

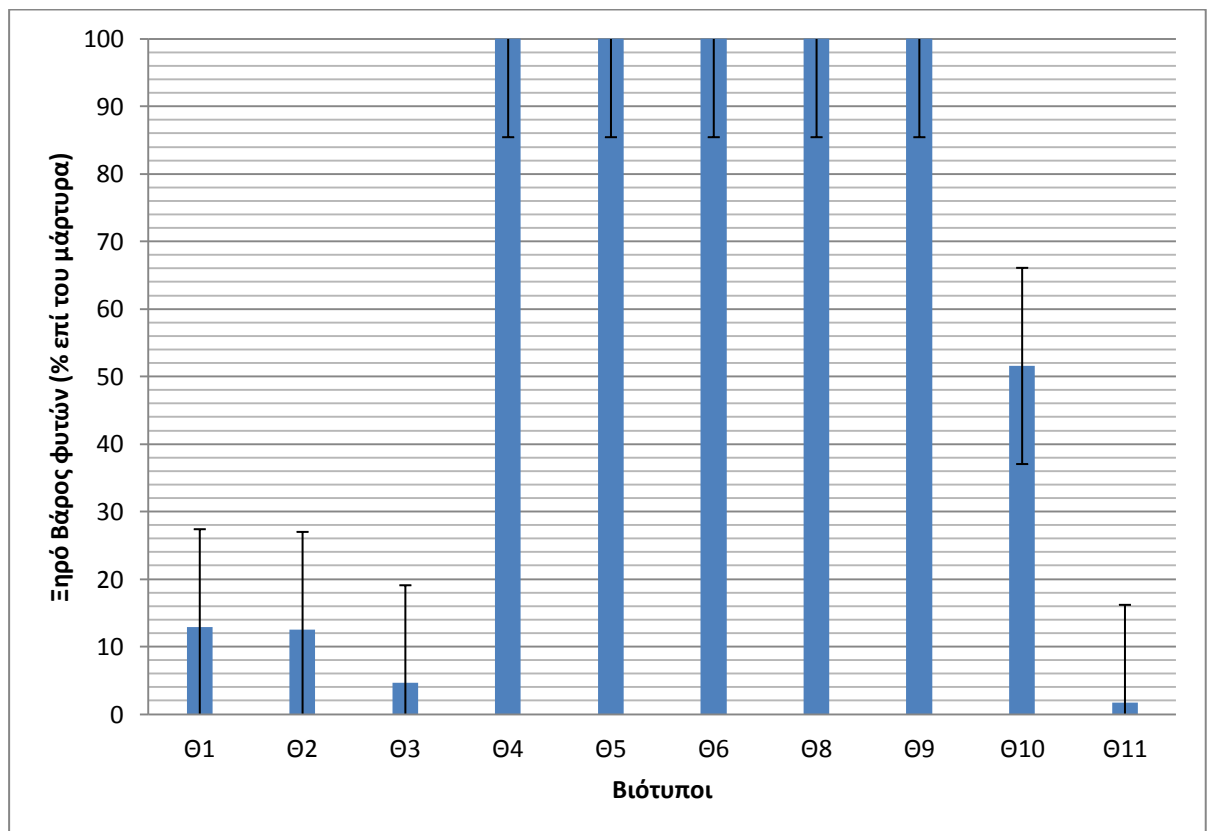
Με βάση το παραπάνω γράφημα είναι φανερό ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) στη μείωση του ύψους των φυτών στους βιότυπους Θ1, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9 και Θ11 στις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή του clodinafor. Στους βιότυπους Θ2 και Θ11 παρατηρήθηκε μικρή μείωση του ύψους στις 7 ημέρες. Σημαντική μείωση του ύψους των φυτών παρατηρήθηκε στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου με εξαίρεση τους βιοτύπους Θ4, Θ5, Θ9 και Θ10 στους οποίους το ύψος των φυτών δεν μειώθηκε αισθητά στις 21 ημέρες.



Γράφημα 14. Νωπό βάρος φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του clodinafor ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Με βάση το παραπάνω γράφημα φαίνεται πως οι βιότυποι Θ4, Θ5, Θ6, Θ8 και Θ9 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) ως προς την ανθεκτικότητα στο clodinafor και παρουσιάζουν πλήρη ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο αυτό. Ο

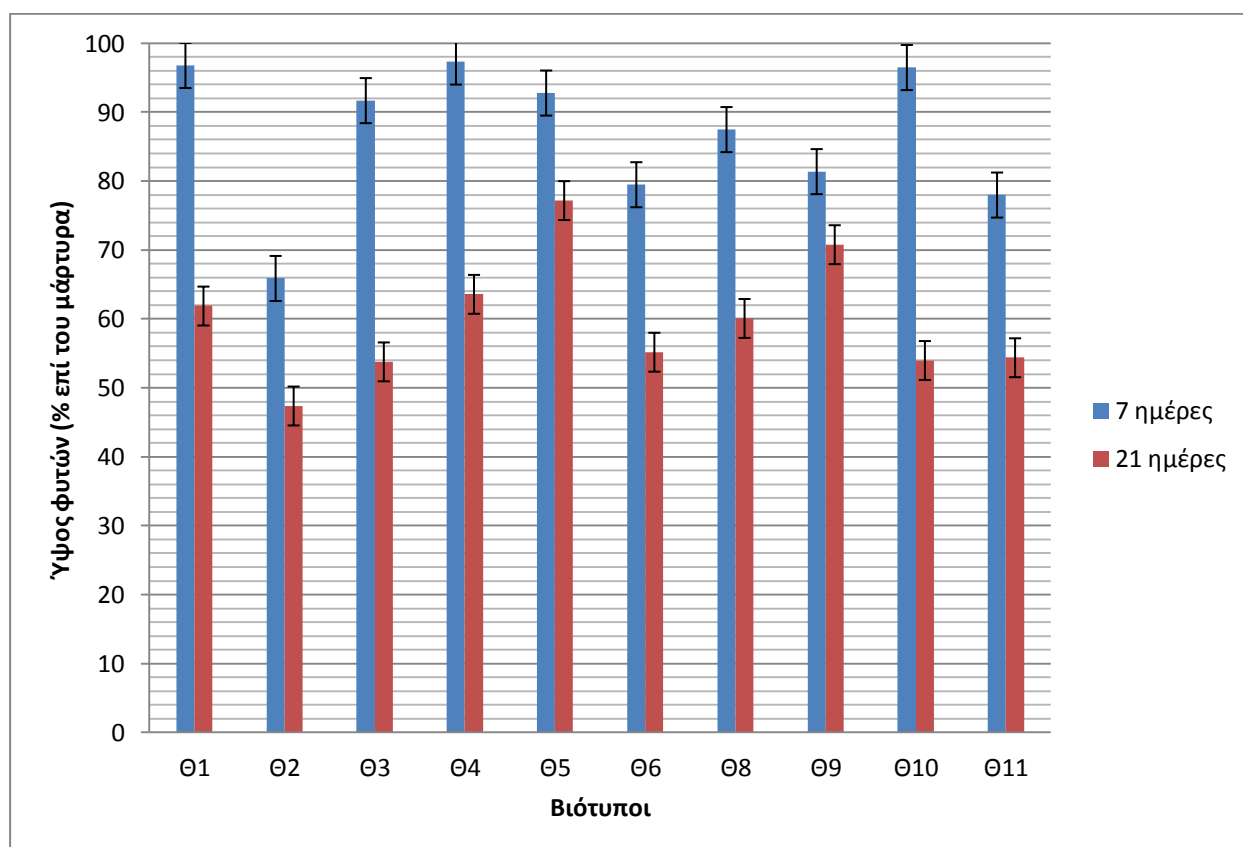
βιότυπος Θ10 παρουσιάζει μέτρια ανθεκτικότητα ενώ οι βιότυποι Θ1, Θ2, Θ3 και Θ11 παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία με το βιότυπο Θ3 να είναι ο πιο ευαίσθητος.



Γράφημα 15. Ξηρό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του clodinafor ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Με βάση το γράφημα για το ξηρό βάρος επίσης φαίνεται πως οι βιότυποι Θ4, Θ5, Θ6, Θ8 και Θ9 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) ως προς την ανθεκτικότητα στο clodinafor και παρουσιάζουν πλήρη ανθεκτικότητα στο ζιζανιοκτόνο αυτό. Ο βιότυπος Θ10 παρουσιάζει μέτρια ανθεκτικότητα ενώ οι βιότυποι Θ1, Θ2, Θ3 και Θ11 παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία με το βιότυπο Θ3 να είναι ο πιο ευαίσθητος.

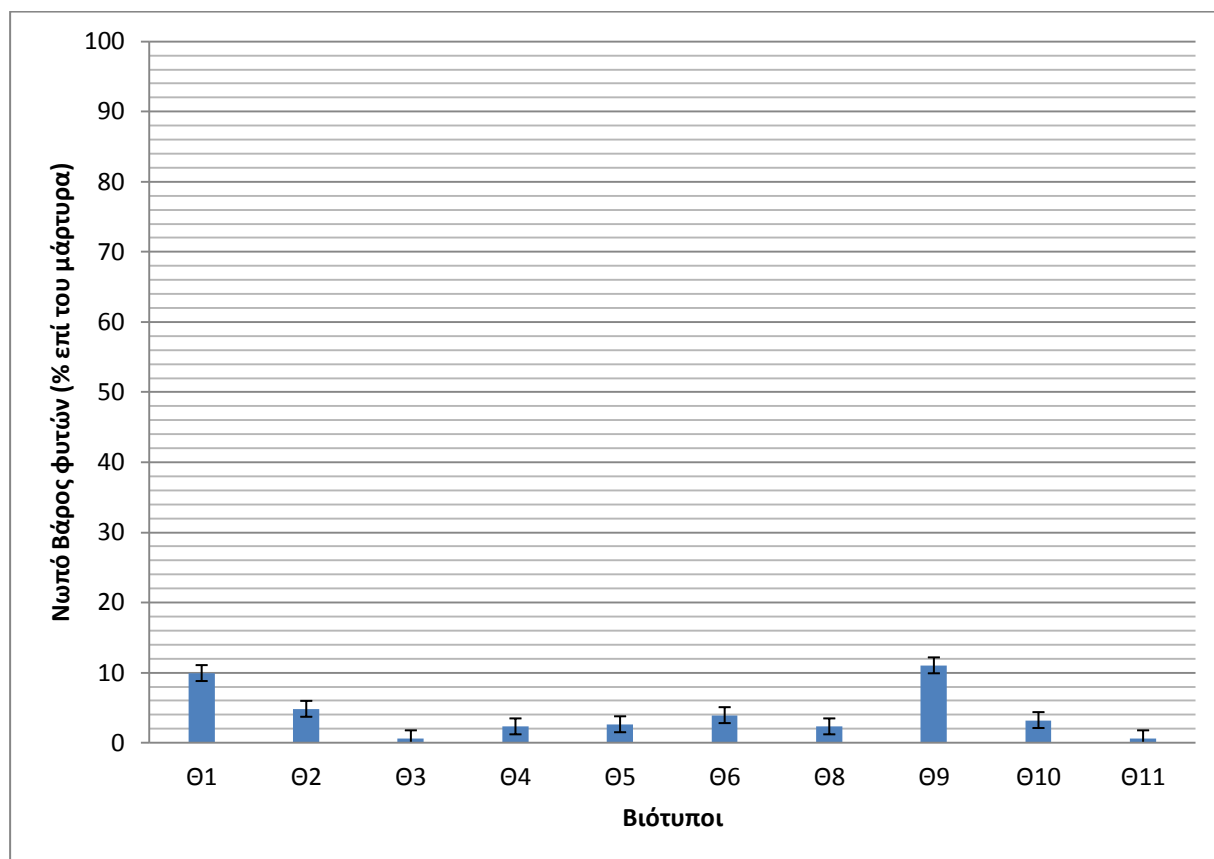
Γραφήματα των βιοτύπων *Bromus spp.* μετά την εφαρμογή του *mesosulfuron+iodosulfuron x*



Γράφημα 16. Πορεία του ύψους των φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 7 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του

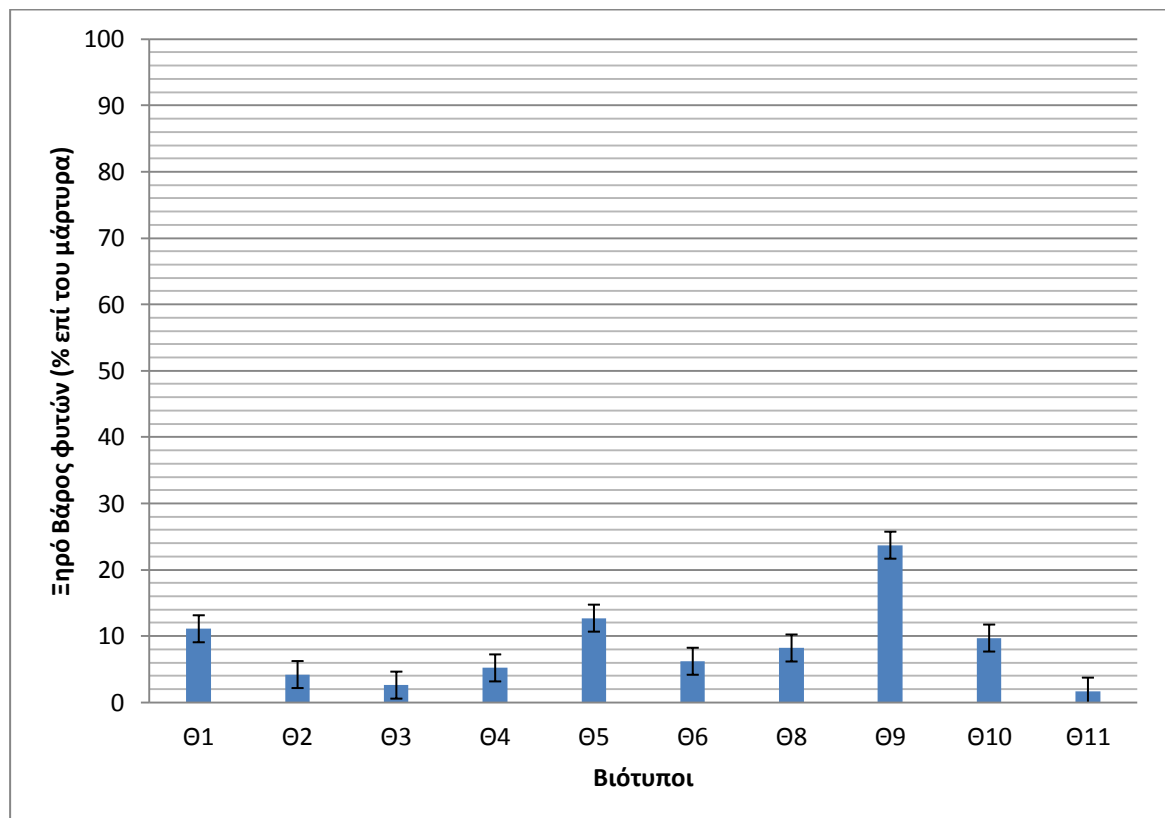
mesosulfuron+iodosulfuron ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Οι βιότυποι Θ1, Θ3, Θ4, Θ5 και Θ10 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς τη μείωση του ύψους των φυτών στις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή του mesosulfuron+iodosulfuron παρουσιάζοντας πολύ μικρή μείωση. Οι υπόλοιποι βιότυποι παρουσιάζουν επίσης μικρή αλλά αισθητοί μείωση στις 7 ημέρες. Στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του μίγματος ζιζανιοκτόνων σε όλους τους βιότυπους σημειώθηκε σημαντική μείωση στο ύψος των φυτών.



Γράφημα 17. Νωπό βάρος φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του mesosulfuron+iodosulfuron ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

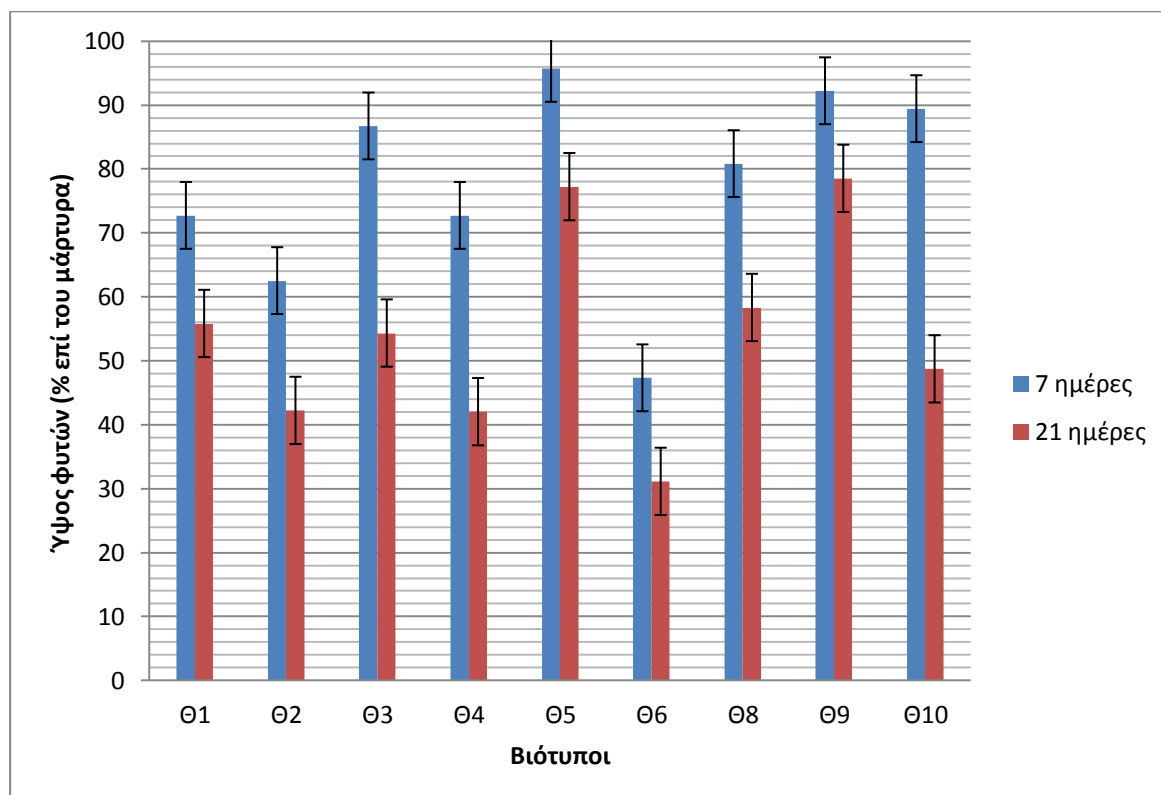
Όπως φαίνεται στο παραπάνω γράφημα κανένας από τους βιότυπους δεν παρουσίασε σημαντική ανθεκτικότητα στο mesosulfuron+iodosulfuron με τους Θ3 και Θ11 να έχουν τη μεγαλύτερη ευαισθησία. Οι βιότυποι Θ1 και Θ9 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P > 0,05$) ως προς την ευαισθησία τους στο μίγμα ζιζανιοκτόνων κι ήταν πιο ανθεκτικοί σε σχέση με τους υπόλοιπους βιότυπους.



Γράφημα 18. Ξηρό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του mesosulfuron+iodosulfuron ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Όπως φαίνεται και γράφημα του ξηρού βάρους κανένας από τους βιότυπους δεν παρουσίασε σημαντική ανθεκτικότητα στο mesosulfuron+iodosulfuron με τους Θ3 και Θ11 να έχουν τη μεγαλύτερη ευαισθησία. Ο βιότυπος Θ9 ήταν ο πιο ανθεκτικός σε σχέση με τους υπόλοιπους βιότυπους.

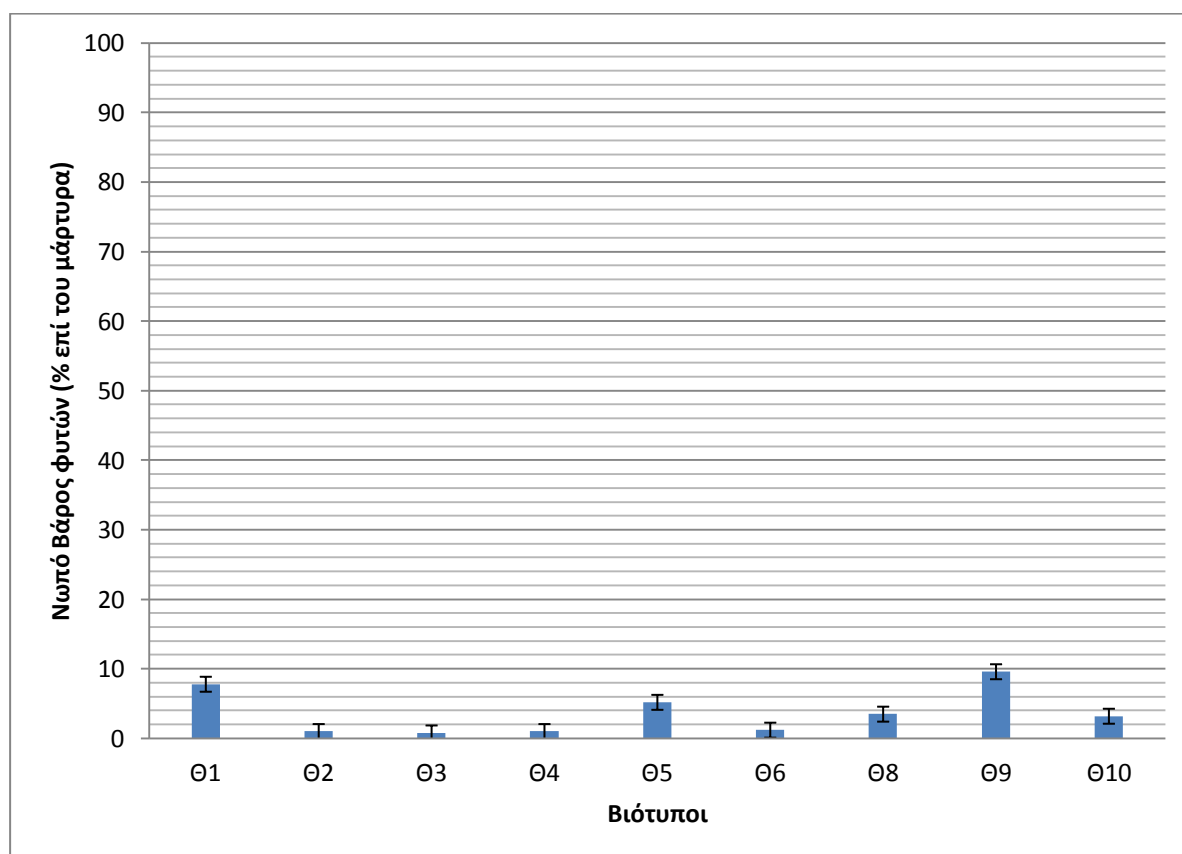
Γραφήματα των βιοτύπων *Bromus spp.* μετά την εφαρμογή του amidosulfuron+ mesosulfuron+iodosulfuron x



Γράφημα 19. Πορεία του ύψους των φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 7 και 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του

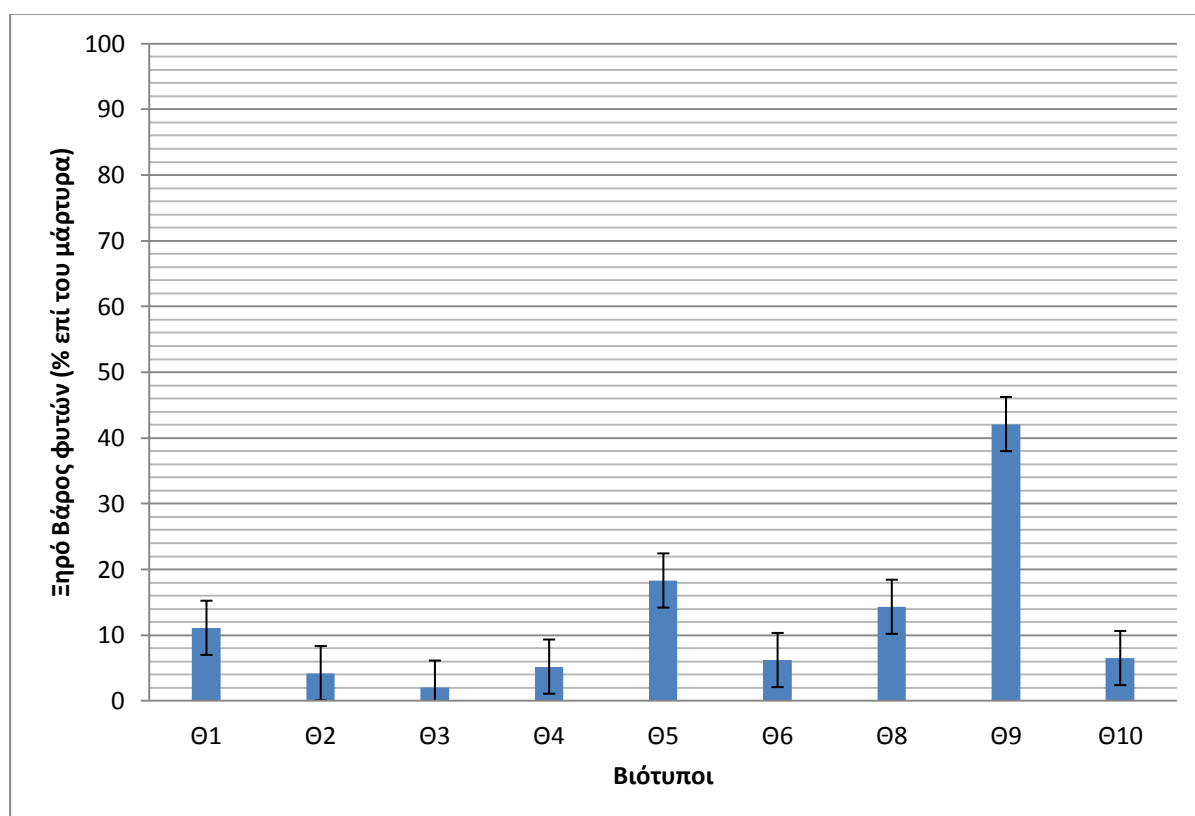
amidosulfuron+mesosulfuron+iodosulfuron ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Οι βιότυποι Θ3, Θ5, Θ9 και Θ10 δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ως προς τη μείωση του ύψους των φυτών στις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή του μίγματος ζιζανιοκτόνων όπως φαίνεται στο γράφημα. Οι βιότυποι αυτοί δεν παρουσίασαν σημαντική μείωση στο ύψος στις 7 ημέρες. Σε όλους τους βιότυπους σημειώθηκε αισθητή μείωση στο ύψος των φυτών στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του μίγματος με τους βιοτύπους Θ2, Θ4 και Θ6 να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μείωση.



Γράφημα 20. Νωπό βάρος φυτών Βρόμου που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του amidosulfuron+mesosulfuron+iodosulfuron ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Όπως φαίνεται από το γράφημα κανένας από τους βιότυπους δεν παρουσίασε ανθεκτικότητα στο amidosulfuron+ mesosulfuron+iodosulfuron. Μία μικρή ανθεκτικότητα σε σχέση με τους άλλους βιοτύπους είχαν οι βιότυποι Θ1, Θ5 και Θ9. Ο βιότυπος Θ9 φάνηκε ο πιο ανθεκτικός σε σύγκριση με τους υπόλοιπους.

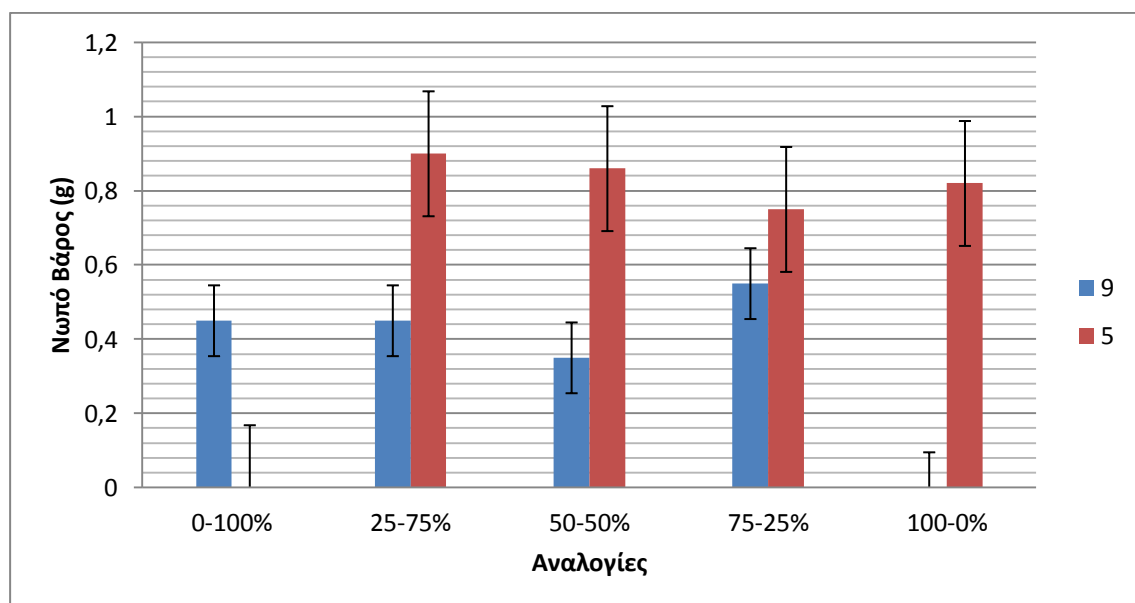


Γράφημα 21. Ξηρό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν σε δέκα πληθυσμούς (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ8, Θ9, Θ10, Θ11) στις 21 ημέρες μετά την εφαρμογή του amidosulfuron+mesosulfuron+iodosulfuron ως ποσοστό επί του μάρτυρα. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

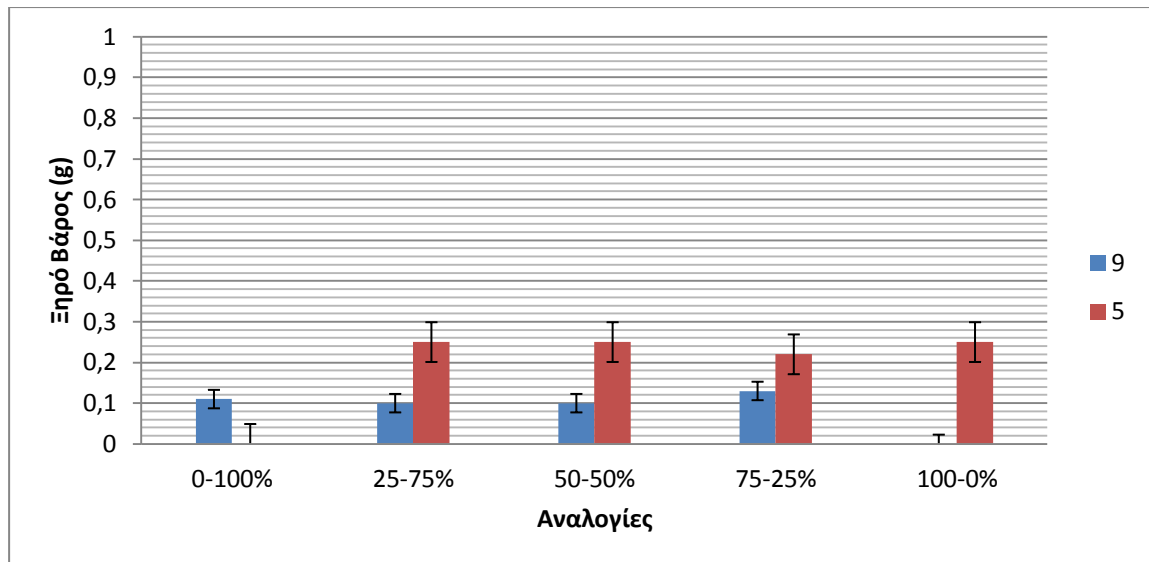
Όπως φαίνεται κι από το γράφημα για το ξηρό βάρος κανένας από τους βιότυπους δεν παρουσίασε ανθεκτικότητα στο amidosulfuron+ mesosulfuron+iodosulfuron. Μία μικρή ανθεκτικότητα σε σχέση με τους άλλους βιοτύπους είχαν οι βιότυποι Θ1, Θ5 και Θ9. Ο βιότυπος Θ9 φάνηκε ο πιο ανθεκτικός σε σύγκριση με τους υπόλοιπους.

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ

Βιότυπος Θ5-Βιότυπος Θ9



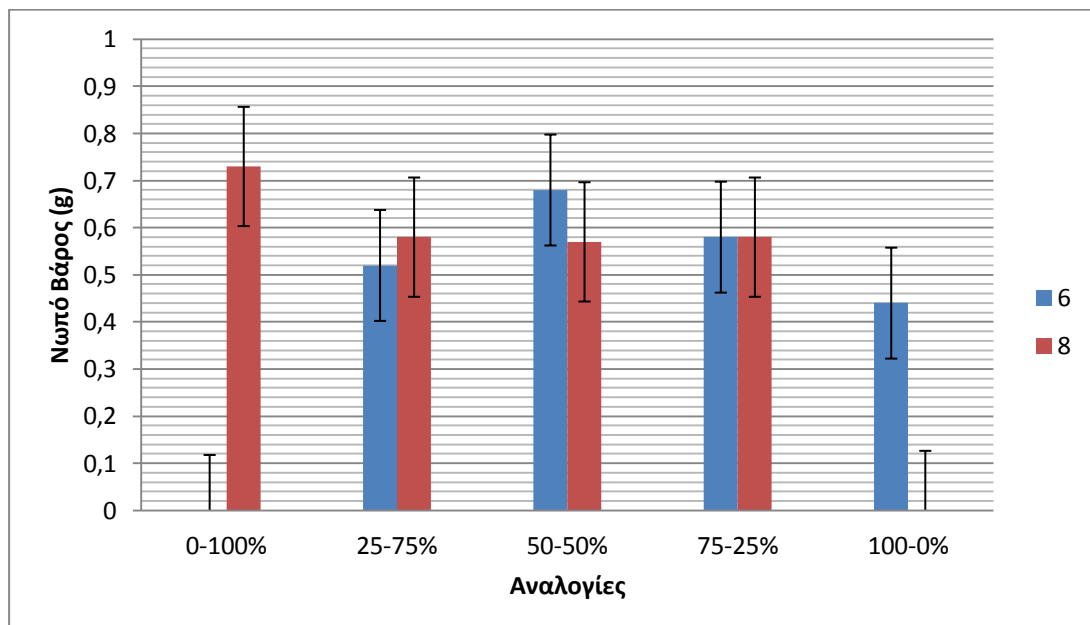
Γράφημα 22. Νωπό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν στους πληθυσμούς Θ5 και Θ9 στις διάφορες αναλογίες. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.



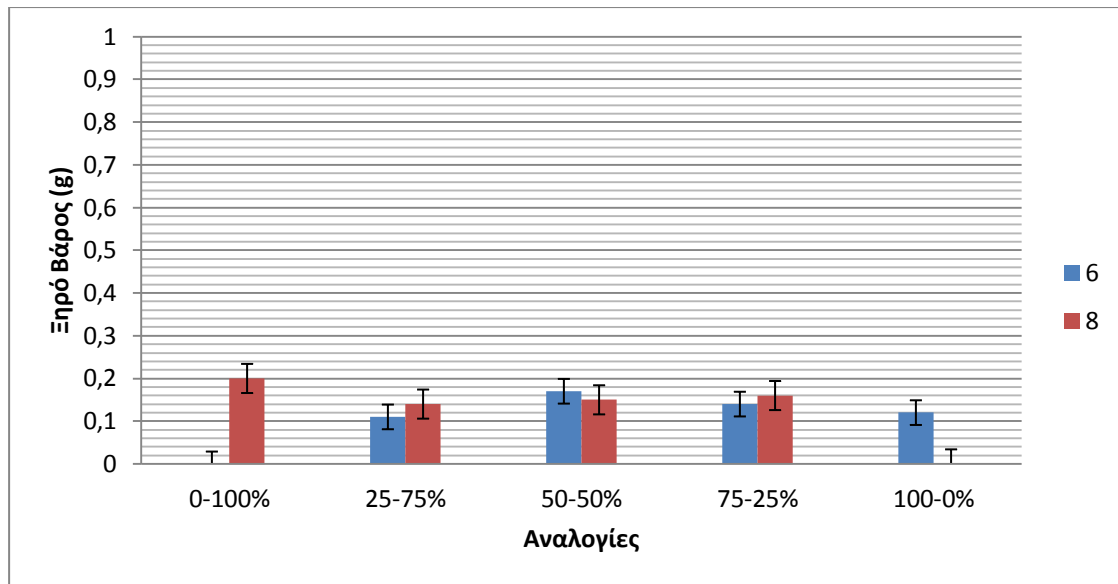
Γράφημα 23. Ξηρό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν στους πληθυσμούς Θ5 και Θ9 στις διάφορες αναλογίες. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Από τα παραπάνω γραφήματα είναι φανερό πως ο βióτυπος Θ5 είναι πιο ανταγωνιστικός από το βióτυπο Θ9.

Βióτυπος Θ6-Βióτυπος Θ8



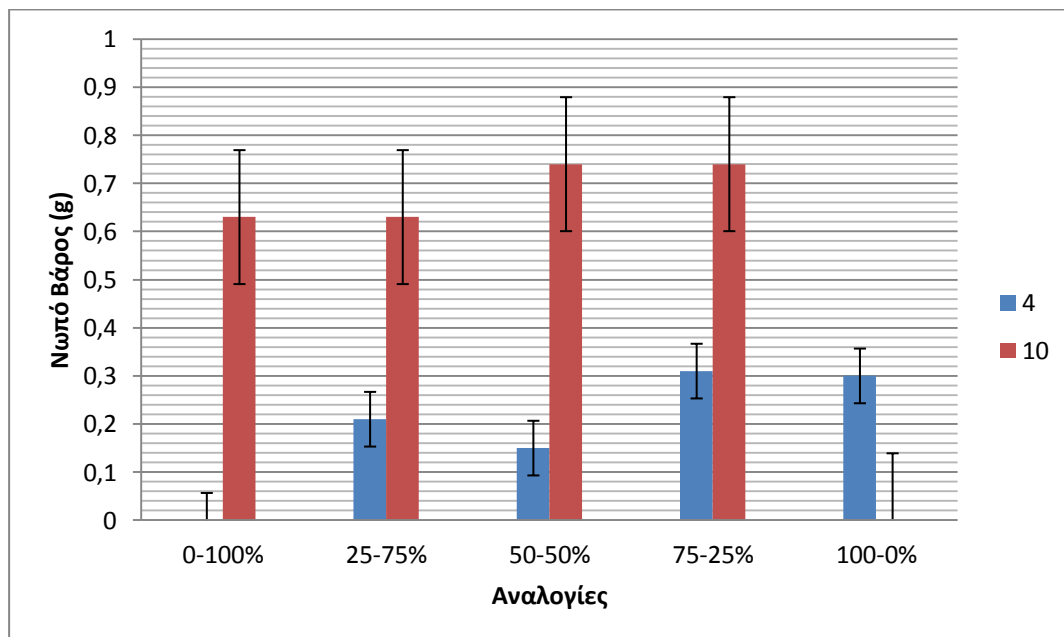
Γράφημα 24. Νωπό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν στους πληθυσμούς Θ6 και Θ8 στις διάφορες αναλογίες. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.



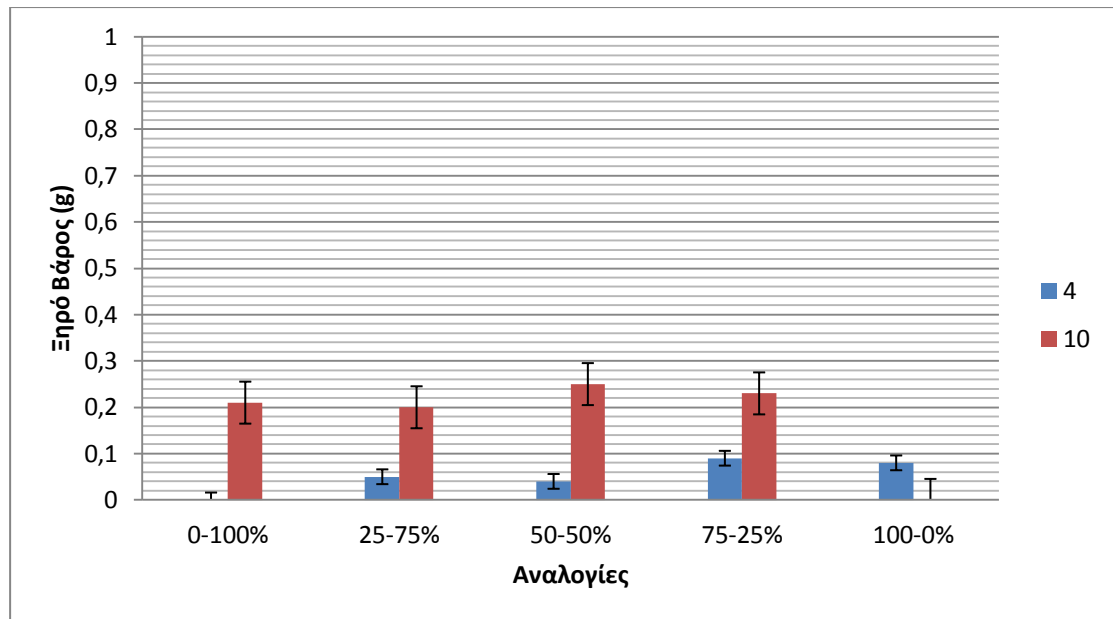
Γράφημα 25. Ξηρό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν στους πληθυσμούς Θ6 και Θ8 στις διάφορες αναλογίες. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ($P > 0,05$) στους βιότυπους Θ6 και Θ8 ως προς την ανταγωνιστικότητα. Όπως προκύπτει από το γράφημα ο βιότυπος Θ6 φαίνεται να είναι ελάχιστα πιο ανταγωνιστικός από το βιότυπο Θ8 αλλά δεν υπάρχει ουσιαστικός ανταγωνισμός.

Βιότυπος Θ4-Βιότυπος Θ10



Γράφημα 26. Νωπό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν στους πληθυσμούς Θ4 και Θ10 στις διάφορες αναλογίες. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.



Γράφημα 27. Ξηρό βάρος φυτών Βρόμος που ανήκουν στους πληθυσμούς Θ4 και Θ10 στις διάφορες αναλογίες. Οι κάθετες γραμμές υποδηλώνουν τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Από τα γραφήματα φαίνεται πως οι βιότυποι Θ4 και Θ10 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($P < 0,05$) ως προς την ανταγωνιστικότητα. Είναι φανερό πως ο βιότυπος Θ10 είναι πιο ανταγωνιστικός από το βιότυπο Θ4.

Κεφάλαιο 4

Συζήτηση – Συμπεράσματα

4.1. Συζήτηση

Στο πείραμά μας εφαρμόστηκαν έξι εγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα σε τρεις πληθυσμούς του ζιζανίου *Bromus hordeaceus* και σε επτά πληθυσμούς του ζιζανίου *Bromus sterilis*.

Με βάση τα αποτελέσματα μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής:

Ο ψεκασμός των βιοτύπων με glyphosate στη συνιστώμενη δόση (x) ήταν αποτελεσματικός και στους δέκα βιότυπους. Ο βióτυπος Θ5 που ανήκει στο είδος *Bromus sterilis* ήταν πιο ανθεκτικός σε σχέση με τους υπόλοιπους, χωρίς να παρουσιάζει σημαντική ανθεκτικότητα, ενώ ο βióτυπος Θ11 που ανήκει στο είδος *Bromus hordeaceus* ήταν ο πιο ευαίσθητος από όλους.

Ο ψεκασμός των βιοτύπων με glyphosate στη διπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (2x) ήταν επίσης πολύ αποτελεσματικός και στους δέκα βιότυπους. Οι βιότυποι Θ1 που ανήκει στο είδος *Bromus hordeaceus* και Θ9 που ανήκει στο είδος *Bromus sterilis* ήταν πιο ανθεκτικοί σε σχέση με τους υπόλοιπους, χωρίς να παρουσιάζουν σημαντική ανθεκτικότητα, ενώ ο βióτυπος Θ3(*Bromus sterilis*) και ο βióτυπος Θ11(*Bromus hordeaceus*) ήταν οι πιο ευαίσθητοι από όλους.

- Τα ζιζανιοκτόνα που ήταν πιο αποτελεσματικά έναντι των βιοτύπων βρόμου είναι τα καθολικά ζιζανιοκτόνα glyphosate και glufosinate και τα μίγματα ζιζανιοκτόνων σουλφονουρίας mesosulfuron + iodosulfuron και amidosulfuron + mesosulfuron + iodosulfuron.

- Αντίθετα το fenoxarprop και το clodinafor δεν ήταν αποτελεσματικά στην καταπολέμηση των πληθυσμών, καθώς οι περισσότεροι πληθυσμοί παρουσίασαν ανθεκτικότητα.
- Οι πληθυσμοί με το μεγαλύτερο ποσοστό ανθεκτικότητας σε όλα τα ζιζανιοκτόνα είναι οι Θ1(*B. hordeaceus*), Θ5(*B. sterilis*) και Θ9 (*B. sterilis*) και αμέσως μετά οι Θ4, Θ8 (*B. sterilis*) και Θ10 (*B. hordeaceus*).
- Οι πληθυσμοί Θ3 (*B. sterilis*) και Θ11 (*B. hordeaceus*) ήταν οι πιο ευαίσθητοι σε όλες τις επεμβάσεις.
- Οι βιότυποι Θ5 και Θ10 εκτός από ανθεκτικοί ήταν και οι πιο ανταγωνιστικοί βιότυποι, καθώς στο μέρος του πειράματος που αφορούσε τον ανταγωνισμό υπερείχαν από τους άλλους βιότυπους.
- Σε πείραμα στο Ηνωμένο Βασίλειο αποδείχτηκε ότι πληθυσμοί του *Bromus sterilis* εμφάνισαν σημαντική ανθεκτικότητα στο glyphosate (Davies, 2018).
- Στην Αυστραλία οι πληθυσμοί του *Bromus spp.* Είναι ευαίσθητοι στα κοινώς χρησιμοποιούμενα ζιζανιοκτόνα. Ένας μικρός αριθμός πληθυσμών όμως εμφάνισε ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα σουλφονουλουρίας (Owen, 2015).
- Στο Oregon μετά από πειράματα αποδείχθηκε ότι ένας βιότυπος του ζιζανίου *Bromus tectorum* ανέπτυξε σταυρανθεκτικότητα στη σουλφοσουλφουρόνη και στο primisulfuron, ενώ κάποιοι πληθυσμοί του ήταν ευαίσθητοι στο imazamox, ένα ζιζανιοκτόνο ιμιδαζολινόνης (Mallory-Smith, 2004).
- Στο Oregon επίσης βιότυπος του *Bromus tectorum* εμφάνισε πολλαπλή ανθεκτικότητα σε ethofumesate, clethodium, fluazifop, diuron και terbacil και στις τριαζίνες atrazine και metribuzin (Mallory-Smith, 2005).
- Η ανθεκτικότητα του *B. tectorum* σε τριαζίνες αποδείχθηκε και σε έρευνες στο Κάνσας, ενώ στην Κόρδοβα αποδείχθηκε και η ανθεκτικότητά του στο chlortoluron (Menendez, 2006).
- Στη Δυτική Αυστραλία κατά τη διάρκεια μια τυχαίας έρευνας αποδείχθηκε ότι 6 πληθυσμοί του *Bromus rigidus* είχαν χαμηλή ανθεκτικότητα σε δύο ζιζανιοκτόνα σουλφονουλουρίας, τη σουλφοσουλφουρόνη και τη σουλφομεθουρόνη (Owen, 2012).

- Ισπανία πληθυσμοί του *Bromus diandrus* που εξετάστηκαν για απόκριση σε σουλφοσουλφουρόνη και στο glyphosate αποδείχθηκε ότι ήταν ανθεκτικοί και στα δύο ζιζανιοκτόνα, πιο πολύ στο glyphosate (Escorial, 2011).
- Αντίθετα σε άλλο πείραμα το *Bromus diandrus* αποδείχθηκε ευαίσθητο στο glyphosate και στο dalapon (Barroso, 2010).
- Η σταδιακή μείωση της αποτελεσματικότητας των πληθυσμών του ζιζανίου απέναντι σε διάφορα ζιζανιοκτόνα είναι υπό εξέλιξη και η κατάσταση θα επιδεινώνεται όσο δε λαμβάνονται μέτρα διαχείρισης.
- Για την ώρα και για την πλειονότητα των αγρών υπάρχει δυνατότητα αποτελεσματικού ελέγχου του βρόμου με διάφορες μεθόδους.
- Είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα διαχείρισης.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- **Χρήση ζιζανιοκτόνων με διαφορετικούς τρόπους δράσης.**
- **Χρήση μίγματος ζιζανιοκτόνων.**
- **Εναλλαγή καλλιεργειών.**
- **Πρώιμη ή πυκνή σπορά.**
- **«Ψευδοσπορά».**
- **Ανταγωνιστικές καλλιέργειες.**

Βιβλιογραφία

Ελληνική:

Βασιλάκογλου Ι. 2008. Σύγχρονη Ζιζανιολογία.

Γιαννοπολίτης Κ.Ν. 1996β. Σουλφονουλουρίες. Η νέα ομάδα ζιζανιοκτόνων. Γεωργία-Κτηνοτροφία 7/1996, σελ. 45-48.

Δαμανάκης Μ.Ε. 1982. Επισκόπηση των αγρωστοδών ζιζανίων των σιταγρών της Κεντρικής Ελλάδας. Ζιζανιολογία (1): 23-27.

Δαμανάκης Μ.Ε. 1983. Τα ζιζάνια των σιταγρών της Ελλάδος – Επισκόπηση 1982-83. Ζιζανιολογία (1): 85-90.

Ελευθεροχωρινός Η. 1995. Βιολογία και καταπολέμηση των ζιζανίων. Ζιζανιολογία. Θεσσαλονίκη, σελ. 303.

Ελευθεροχωρινός Η. 2002. Ζιζανιολογία. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα, σελ. 420.

Ελευθεροχωρινός Η. 2008. Ζιζανιολογία: Ζιζάνια, Ζιζανιοκτόνα, Περιβάλλον, Αρχές και Μέθοδοι Διαχείρισης. Εκδόσεις: Αγρότυπος, Αθήνα, σελ. 333-359.

Καραμάνος Α.Ι. 1994. *Τα Σιτηρά των Ευκράτων Κλιμάτων*.

Κωτούλα–Συκά Ε. 1996. Ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα. *Ζιζανιολογία* (3): 37-54.

Ξενόγλωσση:

Avila-Garcia W.V. and Mallory-Smith C. (2011). Glyphosate-Resistant Italian Ryegrass (*Lolium perenne*) Populations also Exhibit Resistance to Glufosinate, *Weed Science Society of America* 59(3): 305-309.

Balfourier F, Imbert C, Charmet G, 2000. Evidence for phylogeographic structure in *Lolium* species related to the spread of agriculture in Europe. A cpDNA study. *Theoretical and Applied Genetics*, 101:131-138.

Barros J.F.C., Basch G., Freixial R. and de Carvalho M. (2009). Effect of reduced doses of mesosulfuron+iodosulfuron to control weeds in no-till wheat under Mediterranean conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(4), 905-912.

Barroso J., Loureiro I., Escorial Mc and Chueca Mc. “*The response of Bromus diandrus and Lolium rigidum to dalapon and glyphosate I: baseline sensitivity*”. *Weed Research* 2010, 312-319.

Bennett SJ, Hayward MD, Marshall DF, 2000. Morphological differentiation in four species of the genus *Lolium*. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 47(3):247-255.

Bennett SJ, Hayward MD, Marshall DF, 2002. Electrophoretic variation as a measure of species differentiation between four species of the genus *Lolium*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49(1):59-66.

Burnet MWM, Barr AR, Powles SB, 1994. Chloroacetamide resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). Weed Science, 42(2):153-157.

C.A. Mallory-Smith, “*Physiological and molecular basis for ALS inhibitor resistance in Bromus tectorum biotypes*”. Department of Crop and Soil Science. Oregon State University. April 2004, 71:77.

Carol Mallory-Smith, Paul Hendrickson and George Mueller-Warrant. “*Gross-Resistance of primisulfuron-resistant Bromus tectorum L. (downy brome) to sulfosulfuron*”. Weed Science Society of America. June 1999, 256-257.

Chaudhary SA, Akram M, 1987. Weeds of Saudi Arabia and the Arabian Peninsula. Saudi Arabia: National Herbarium, Regional Agriculture and Water Research Center, Ministry of Agriculture and Water.

Cirujeda A., Taberner A. (2010). Chemical control of herbicide-resistant *Lolium rigidum* Gaud. In north-eastern Spain. *Pest Manage Science* 66(12):1380-8.

Coleman RK, Gill GS, Rebetzke GJ, 2001. Identification of quantitative trait loci for traits conferring weed competitiveness in wheat (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 52(11/12):1235-1246; 39 ref.

Cotterill PJ, Sivasithamparam K, 1988. Importance of the proportion of grassy weeds within legume crops in the perpetuation of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. Plant Pathology, 37(3):337-343

Concepcion Escorial, Inigo Loureiro, Enrique Rodriguez-Garcia and Cristina Chueca. “*Population Variability in the Response of Ripegut Brome (*Bromus diandrus*) to Sulfosulfuron and Glyphosate Herbicides*”. March 2011, p. 107-112.

Dalla E. Peterson, “*The Impact of Herbicide-Resistant Weeds on Kansas Agriculture*”. Weed Science Society of America, September 1999, 632-635.

Davidson RM, 1990. Management of herbicide resistant annual ryegrass *Lolium rigidum*. M.Ag.Sc. thesis, LaTrobe University, Melbourne, Australia.

Dinelli G, Bonetti A, Lucchese C, Catizone P, Bravin F, Zanin G, 2002. Taxonomic evaluation of Italian populations of *Lolium* spp. resistant and susceptible to diclofop-methyl. Weed Research (Oxford), 42(2):156-165; 40 ref.

Fernandez-Quintanilla C, Barroso J, Recasens J, Sans X, Torner C, Sanchez del Arco MJ, 2000. Demography of *Lolium rigidum* in winter barley crops: analysis of recruitment, survival and reproduction. Weed Research (Oxford), 40(3):281-291; 20 ref.

Gill GS, 1995. Development of herbicide resistance in annual ryegrass populations (*Lolium rigidum* Gaud.) in the cropping belt of Western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, 35(1):67-72.

Gill GS, Dowling P, Medd R, 1996. Ecology of annual ryegrass. Wild oats, annual ryegrass and *Vulpia*. Proceedings of a workshop held at Orange, New South Wales, Australia. Plant Protection Quarterly, 11:198-200.

Gill GS, Holmes JE, 1997. Efficacy of control methods for combating herbicide resistant *Lolium rigidum*. Resistance '97. Integrated approach to combating resistance. Pesticide Science, 51(3):352-358.

Gonzalez-Gutierrez J, Prado R de, 1997. Control of a simazine resistant *Lolium rigidum* biotype at low rates of different glyphosate formulations. Proceedings of the 1997 Congress of the Spanish Weed Science Society, Valencia, Spain. Madrid, Spain: Sociedad Espanola de Malherbologia, 83-87.

Gramshaw D, Stearn WR, 1977. Survival of annual regrass (*Lolium rigidum* Gaud.) seed in a Mediterranean type environment. II. Effects of short term burial on persistence of viable seed. Australian Journal of Agricultural Research, 28:93-101.

Gut D, 1998. First weed resistant to glyphosate. Obst- und Weinbau, 134(8):223-224; 5 ref.

Heap I, 2004. International survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.org/in.asp>.

Jalaludin A., Ngim J., Bakar Baki H.J., Alias Z. (2010). Preliminary findings of potentially resistant goosegrass (*Eleusine indica*) to glufosinate-ammonium in Malaysia. *Weed Biology and Management* 256-260.

Kee Woong Park and Carol A. Mallory-Smith. "Multiple herbicide resistance in downy brome (*Bromus tectorum*) and its impact of fitness". Oregon. Weed Science Society of America, December 2005, 780-786.

Kloot PM, 1983. The genus *Lolium* in Australia. Australian Journal of Botany, 31:421-435.

Lorraine-Colwill D.F., Powels S.B., Hawkes T.R.R., Hollinshead P.H., Warner S.A.J., and Preston C. (2003). Investigations into the mechanism of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 74, 62-67.

Loureiro I., Rodriguez-Garcia E., Escorial C., Garcia-Baudin J.M., Gonzalez-Andujar J.L., Chueca M.C. (2010). Distribution and frequency of resistance to four herbicide modes of action in *Lolium rigidum* Gaud. Accessions randomly collected in winter cereal fields in Spain. *Crop Protection* 29, 1248-1256.

Mamarot J, Rodriguez A, 1997. Sensibilité des Mauvaises Herbes aux Herbicides. 4th edition. Paris, France: Association de Coordination Technique Agricole.

Matthews J, Llewellyn R, Reeves TG and Powles SB, 1996. Integrated management for the control of herbicide resistant ryegrass. Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference, Toowoomba, Australia, 417-420.

Mechelle J. Owen, Danica E. Goggin, Stephen B. Powles. “*Non-target-site-based resistance to ALS-inhibiting herbicides in six bromus rigidus populations from Western Australian cropping fields*”. 9 January 2012, Pages:1077-1082.

Medd RW, Auld BA, Kemp DR, Murison RD, 1985. The influence of wheat density and spatial arrangement on annual ryegrass, *Lolium rigidum* Gaudin, competition. *Australian Journal of Agricultural Research*, 36(3):361-371.

Pearce GA, Quinlivan BJ, 1971. The control of annual (‘Wimmera’) ryegrass in cereal crops. *Journal of Agriculture, Western Australia*, 12:58:62.

Perez-Jones A., Park K.W., Polge N., Colquhoun J., Mallory-Smith C.A. (2007). Investigating the mechanisms of glyphosate resistance in *Lolium multiflorum*. *Planta* 226:395-404.

Peters, N. C. B., Froud-Williams, R.J., Orson, J.H. “*The rise of barren brome Bromus sterilis in UK cereal crops*”. November 1993, 22-25.

Planes J, Brieno R, Recasens J, 1999. Does the cereal sowing date influence in the management of herbicide-resistant *Lolium rigidum* populations ? SEMh Congresso 1999: Sociedad Espanola de malherbologia, Actas, Logrono, Spain. Departamento Hortofruticultura, Botanica I Jardinera, Lerida, Spain, 397-393.

Powles SB, Matthews JM, 1996. Integrated weed management for the control of herbicide resistant annual ryegrass (*Lolium rigidum*). Proceedings of the 2nd International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark. Slagelse, Denmark: Department of Weed Control and Pesticide Ecology, 407-414.

Terrell E, 1968. A taxonomic revision of the genus *Lolium*. Technical Bulletin of the USDA 1392:1-65.

Travlos I.S., Chachalis D. (2010). Glyphosate-Resistant Hairy Fleabane (*Conyza bonariensis*) Is Reported in Greece. *Weed Technology* 24: 569-573.

Travlos I.S. (2013). Competition between ACCase-Inhibitor Resistant and Susceptible Sterile Wild Oat (*Avena sterilis*) Biotypes. *Weed Science* 61:26-31.

Travlos I.S., Giannopolitis C.N., Economou G. (2011). Diclofop resistance in sterile wild oat (*Avena sterilis* L.) in wheat fields in Greece and its management by other post-emergence herbicides. *Crop Protection* 30, 1449-1454.

Travlos I.S. (2016). Screening of *Lolium spp.* Biotypes for resistance to glyphosate in Greece and identifying alternative methods of control. *Agricultural University of Athens*, GREECE.

USDA, 2004. Natural Resources Conservation Service. Plant profiles - Lolium. http://plants.usda.gov/cgi_bin/plant_profile.cgi?symbol=LOLIU.

Zangeneh H.S., Mohammaddust Chamanabad H.R., Zand E., Asghari A., Alamisaeid K., Travlos I.S. and Alebrahim M.T. (2016). Study of Fitness Cost in Three Rigid Ryegrass Populations Susceptible and Resistant to Acetyl-CoA Carboxylase Inhibiting Herbicides. *Front. Ecol. Evol.* 4:142, doi: 10.3389/fevo. 2016.00142.