



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑΣ

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

«Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων halauxifen-methyl+florasulam, florasulam+2,4-D και metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl έναντι πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού»

Κουτρούκη Βιολέττα



Επιβλέπων Καθηγητής: Ανέστης Καρκάνης (Αναπληρωτής Καθηγητής)

Βόλος, 2023

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

«Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων halauxifen-methyl+florasulam, florasulam+2,4-D και metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl έναντι πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού»

Αγγλικός Τίτλος: Efficacy of post-emergence herbicides halauxifen-methyl+florasulam, florasulam+2,4-D, and metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl against broad-leaved weeds in durum wheat crop.

Κουτρούκη Βιολέττα

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. Καρκάνης Ανέστης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Επιβλέπων
2. Παπαδόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής, Μέλος
3. Γιαννούλης Κυριάκος, Επίκουρος Καθηγητής, Μέλος

Βόλος, 2023

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Ανέστη Καρκάνη για την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθειά του κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, της συγγραφής και της διόρθωσης της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Νικόλαο Παπαδόπουλο και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Κυριάκο Γιαννούλη για το χρόνο που αφιέρωσαν στη μελέτη και στη διόρθωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω να αφιερώσω στους κυρίους Σπυρίδων Σουίπα και Χρήστο Καραμούτη, οι οποίοι ανέλαβαν τη σπορά και τον αλωνισμό του σκληρού σιταριού, αντίστοιχα, που καλλιεργήθηκε στην περιοχή του Βελεστίνου και αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης της συγκεκριμένης εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου για τη στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή	7
1.1. Σιτάρι-Γενικές πληροφορίες	7
1.2. Καλλιεργητικές τεχνικές	9
1.3. Είδη ζιζανίων	10
1.3.1. Ανθεμίδα	10
1.3.2. Ζωχός	12
1.3.3. Μυρώνι	14
1.3.4. Παπαρούνα	15
1.3.5. Άγριο Σινάπι	17
1.4. Χημική καταπολέμηση των ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού	19
1.4.1. Ζιζανιοκτόνο florasulam	22
1.4.2. Ζιζανιοκτόνο 2,4-D	23
1.4.3. Ζιζανιοκτόνο halauxifen-methyl	24
1.4.4. Ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl	25
1.4.5. Ζιζανιοκτόνο bensulfuron-methyl	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Υλικά και Μέθοδοι	27
2.1. Πειραματικός αγρός	27
2.2. Πειραματικό σχέδιο	27
2.3. Καλλιεργητικές εργασίες	28
2.4. Μετρήσεις	30
2.5. Μετεωρολογικά δεδομένα	32
2.6. Στατιστική ανάλυση δεδομένων	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Αποτελέσματα	35
3.1. Ύψος φυτών σιταριού	35
3.2. Σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης (SPAD) σιταριού	36
3.3. Αριθμός αδελφιών ανά φυτό σκληρού σίτου	39
3.4. Νωπό βάρος φυτών σιταριού	42
3.5. Ξηρό βάρος φυτών σιταριού	44
3.6. Απόδοση σε σπόρο και βάρος 1000 σπόρων σιταριού	46
3.7. Μήκος στάχews σκληρού σιταριού	47
3.8. Συνολικός αριθμός ζιζανίων	49
3.9. Νωπό βάρος ζιζανίων	49
3.10. Ξηρό βάρος ζιζανίων	51
3.11. Αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων έναντι των κυριότερων ζιζανίων της καλλιέργειας	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Συζήτηση – Συμπεράσματα	56
4.1. Αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων έναντι των πλατύφυλλων ζιζανίων της καλλιέργειας σιταριού	56
4.2. Ανάπτυξη και απόδοση του σιταριού στις διάφορες επεμβάσεις	57
4.3. Συμπεράσματα	58
Βιβλιογραφία	60

Περίληψη

Το σκληρό σιτάρι αποτελεί μια από τις σημαντικότερες καλλιέργειες στον κόσμο και ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη και την απόδοση του είναι διάφορα ετήσια κυρίως ζιζάνια. Σκοπός της παρούσας πειραματικής εργασίας ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων halauxifen-methyl+florasulam, florasulam+2,4-D και metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl έναντι πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού. Η πειραματική διαδικασία υλοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου τη χρονική περίοδο από το Νοέμβριο του 2021 έως τον Ιούνιο του 2022. Για τη διεξαγωγή του πειράματος, ο αγρός σχεδιάστηκε με βάση το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων, με τρεις επαναλήψεις και τέσσερις επεμβάσεις (halauxifen-methyl+florasulam, florasulam+2,4-D και metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl και αψέκαστος μάρτυρας). Ο ψεκασμός πραγματοποιήθηκε στις 16 Μαρτίου του 2022, ενώ πραγματοποιήθηκε μέτρηση διαφόρων παραμέτρων της καλλιέργειας και των ζιζανίων. Για τα ζιζάνια παπαρούνα (*Papaver rhoeas*), ανθεμίδα (*Anthemis arvensis*) και μυρώνι (*Scandix pecten-veneris*) αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα των τριών ζιζανιοκτόνων. Από τα αποτελέσματά μας διαπιστώθηκε πως και τα τρία ζιζανιοκτόνα παρουσίασαν 100% αποτελεσματικότητα έναντι των ζιζανίων ανθεμίδα και παπαρούνα, ενώ τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα έναντι του μυρωνιού παρουσίασε το ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl και στη συνέχεια το florasulam+2,4-D. Τα κύρια συμπτώματα που παρατηρήθηκαν στα ζιζάνια είναι αναστολή της ανάπτυξης, χλώρωση και παραμόρφωση φύλλων και βλαστών. Η ξηρή βιομάζα της καλλιέργειας κυμάνθηκε μεταξύ 848,2 kg/στρέμμα έως 1088,3 kg/στρέμμα με τις μεγαλύτερες τιμές να καταγράφονται στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν τα τρία ζιζανιοκτόνα. Όσον αφορά την απόδοση της καλλιέργειας, η υψηλότερη απόδοση σε σπόρο (257,5-269,9 kg/στρέμμα) καταγράφηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν τα ζιζανιοκτόνα χωρίς να παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Abstract

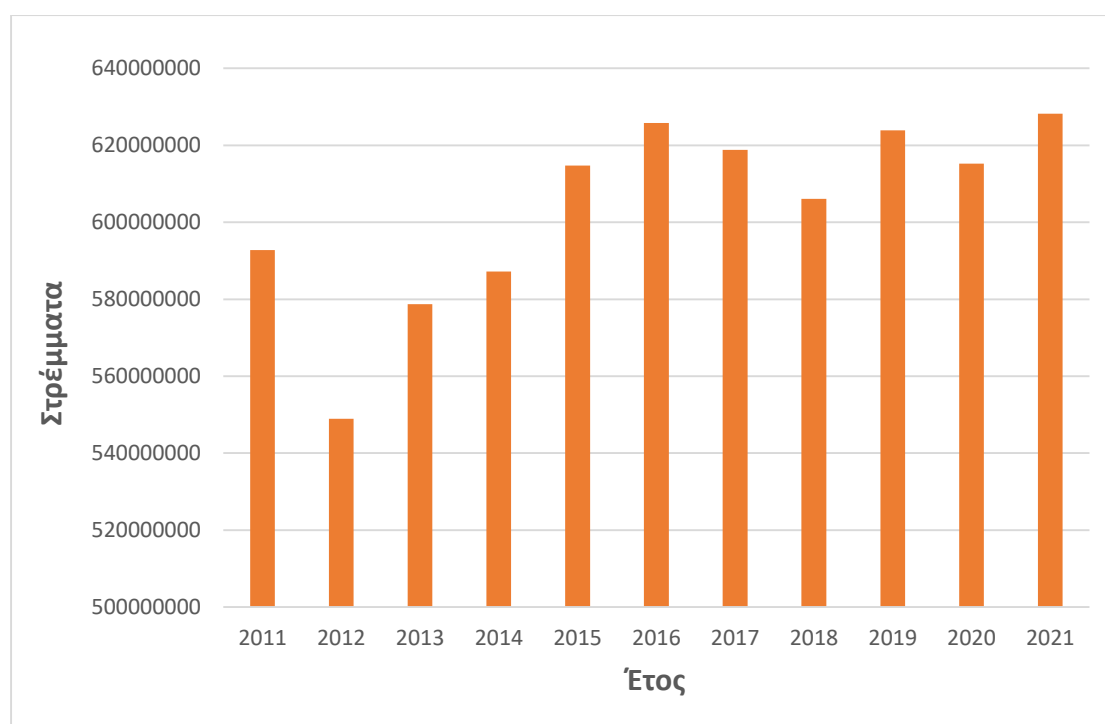
Durum wheat is one of the most important crops in the world and a factor affecting its growth and yield is the existence of various annual weeds. The aim of this experimental study was to evaluate the efficacy of the post-emergence herbicides halauxifen-methyl+florasulam, florasulam+2,4-D and metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl against broad-leaved weeds in durum wheat crop. The experimental procedure was carried out on the farm of the University of Thessaly in the area of Velestino during the period from November 2021 to June 2022. To conduct the experiment, the field was designed based on the experimental layout of the randomized complete blocks, with three replications and four treatments (halauxifen-methyl+florasulam, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, and untreated control). The spraying of the herbicides was carried out on March 16, 2022, and various parameters of the crop as well as of the weeds were measured. The efficacy of the three herbicides was evaluated for the weeds common poppy (*Papaver rhoeas*), corn chamomile (*Anthemis arvensis*) and shepherd's needle (*Scandix pecten-veneris*). The results showed that all three herbicides were 100% effective against the weeds of corn chamomile and poppy. On the other hand, the highest efficacy against shepherd's needle was noted by the herbicide metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl and was followed by florasulam+2,4-D. The main symptoms observed in weeds were growth inhibition, chlorosis and deformation of leaves and stems. Dry biomass of the crop ranged between 848.2 kg/decare to 1088.3 kg/decare with the highest values recorded in the treatments where the three herbicides were applied. Regarding the yield of the crop, the highest seed yield (257.5-269.9 kg/decare) was recorded in the treatments where the herbicides were applied and no statistically significant differences were observed among them.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή

1.1 Σιτάρι-Γενικές πληροφορίες

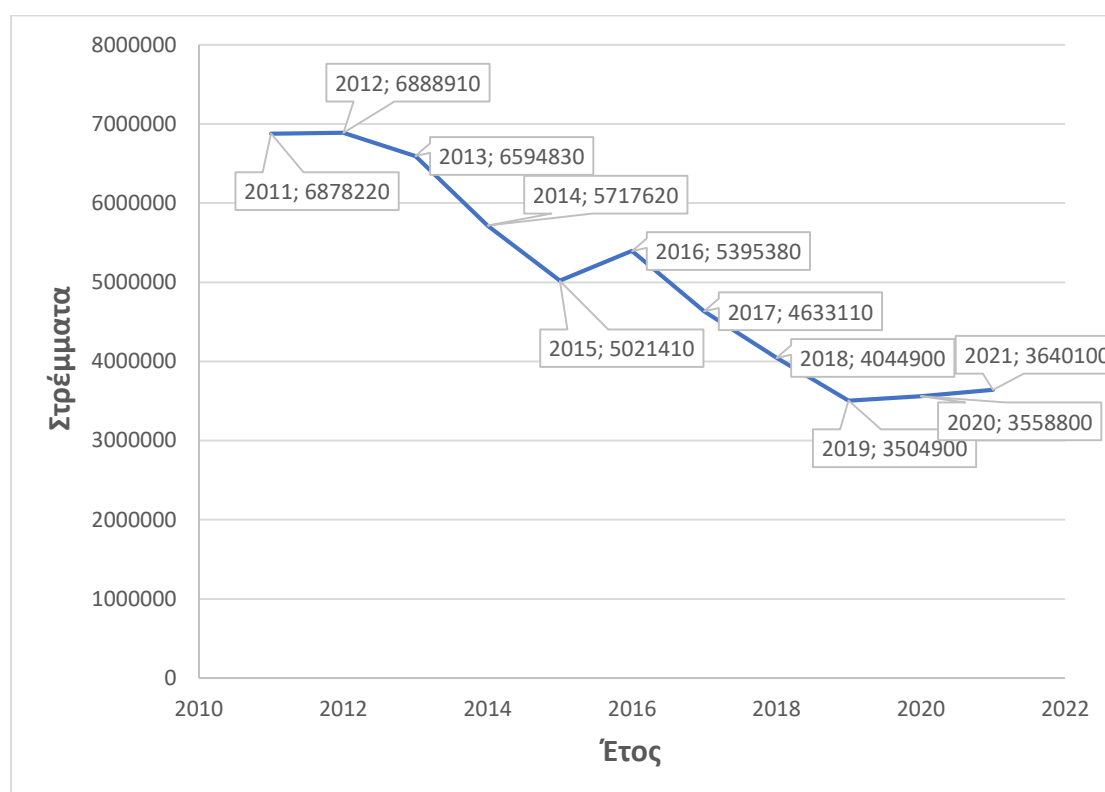
Το σιτάρι ανήκει στο γένος *Triticum* της οικογένειας Poaceae και είναι ένα μονοκοτυλήδονο φυτό. Στα πιο διαδεδομένα είδη περιλαμβάνεται το *T. aestivum* (κοινό ή μαλακό σιτάρι), *T. durum* (σκληρό σιτάρι), *T. monoccum* (μονόκοκκο σιτάρι) και *T. dicoccon* (δίκοκκο σιτάρι) (Παπακώστα- Τασοπούλου 2012). Είναι μία από τις κυριότερες καλλιέργειες που καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο με την Ευρώπη να κατέχει την πρώτη θέση παραγωγής σιταριού, ενώ αποτελεί τη δεύτερη πιο διαδεδομένη καλλιέργεια μετά το ρύζι παγκοσμίως (Trnka et al. 2014, Le Gouis et al. 2020).

Στα διαγράμματα που παρουσιάζονται παρακάτω απεικονίζονται η συνολική καλλιεργήσιμη έκταση σιταριού στην Ευρώπη τη δεκαετία 2011-2021 (Διάγραμμα 1.1), καθώς και η έκταση που καταλαμβάνει η ίδια καλλιέργεια στην Ελλάδα από το 2011 έως το 2021 (Διάγραμμα 1.2).



Διάγραμμα 1.1. Συνολική έκταση, σε στρέμματα, καλλιεργημένου σιταριού στην Ευρώπη ανά έτος, από το 2011 έως το 2021 (FAO 2023).

Όσον αφορά την καλλιεργήσιμη έκταση σιταριού στην Ευρώπη κατά τη δεκαετία 2011-2021, το 2021 σημειώνεται η μέγιστη τιμή η οποία ξεπερνά τα 628 εκατομμύρια στρέμματα. Στην Ελλάδα ωστόσο, παρατηρείται καθοδική πορεία των συνολικών εκτάσεων που καταλαμβάνει το σιτάρι, με τις εκτάσεις αυτές να είναι σχεδόν οι μισές κατά τη διάρκεια 10 ετών. Συγκεκριμένα διαπιστώνεται πως το 2011 το σύνολο των εγχώριων καλλιεργειών πλησίαζαν τα 7 στρέμματα ενώ δέκα χρόνια αργότερα, το 2021, αυτά είναι λίγο περισσότερα από 3,5 (FAO 2023).



Διάγραμμα 1.2. Συνολική έκταση καλλιεργήσιμου σιταριού σε στρέμματα στην Ελλάδα την τελευταία δεκαετία, 2011-2021 (FAO 2023).

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum durum*, συνώνυμο *Triticum turgidum* subsp. *durum*) είναι τετραπλοειδές ($2n=28$) (Martínez-Moreno and Solís 2022). Η ταξιανθία του είναι στάχυς και αποτελείται από πολλά σταχύδια τα οποία βρίσκονται τοποθετημένα πάνω στη ράχη εναλλάξ. Το μήκος του στάχυ φτάνει περίπου τα 8 cm. Επιπλέον διαθέτει μαύρα άγανα (Παπακώστα- Τασοπούλου 2012).

Αποτελεί τη 10^η σημαντικότερη καλλιέργεια στον κόσμο (Kabbaj et al. 2017) ενώ καταλαμβάνει περισσότερο από το 50% της συνολικής έκτασης καλλιέργειας σιταριού

στην περιοχή της Μεσογείου. Το Simeto αναπτύχθηκε στην Ιταλία από τον Dr. Fortunato Calcagno και είναι ίσως η περισσότερη καλλιεργούμενη ποικιλία σκληρού σιταριού παγκοσμίως (Kabbaj et al. 2017). Από σκληρό σιτάρι προέρχεται το σιμιγδάλι το οποίο χρησιμοποιείται ως επί των πλείστων για την παρασκευή προϊόντων όπως το κουσκούς, το πλιγούρι και τα ζυμαρικά (Guzmán et al. 2016, Beres et al. 2020).

1.2 Καλλιεργητικές τεχνικές

Το *T. durum* συμπεριλαμβάνεται στα C3 φυτά, ευνοείται από χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες με την ελάχιστη να κυμαίνεται στους 3-4 °C και η μέγιστη να φτάνει ως 35 °C. Άριστη θερμοκρασία για το φύτευμα και την ανάπτυξη του είναι οι 20-25 °C. Η σπορά του στην Ελλάδα προτιμάται και συνηθίζεται να πραγματοποιείται το φθινόπωρο κατά το μήνα Νοέμβριο, καθώς οι ανοιξιάτικες σπορές μειώνουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοση της καλλιέργειας. Οι ανάγκες του χειμερινού σιταριού σε N και P καλύπτονται μέσω της λίπανσης με τη βασική να πραγματοποιείται κατά τη σπορά της καλλιέργειας και την επιφανειακή νωρίς την άνοιξη (Παπακώστα- Τασοπούλου 2012). Η σωστή λίπανση με άζωτο είναι πολύ σημαντική γιατί έτσι αποφεύγονται οι διάφορες απώλειες απόδοσης και η κακή ποιότητα του σπόρου (Tedone et al. 2016).

Γνωστοί παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγικότητα της καλλιέργειας αυτής είναι οι διάφορες αγρονομικές πρακτικές, ο τύπος του εδάφους καθώς και οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Στις σοβαρές βιοτικές απειλές συμπεριλαμβάνονται η προσβολή από τον μύκητα *Fusarium* που προσβάλλει τα σιτηρά και η εμφάνιση ζιζανίων (Beres et al. 2020).

Σε έρευνα που έλαβε χώρα στην Αυστραλία αξιολογήθηκε η επίδραση της έλλειψης νερού στην απόδοση του σιταριού. Σε γονότυπους σκληρού σιταριού που παρουσίασαν μικρότερη μείωση της απόδοσης παρατηρήθηκε επίσης μικρότερη μείωση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη, της σχετικής περιεκτικότητας σε νερό καθώς και του υδατικού δυναμικού των φύλλων (Liu et al. 2015). Σε πείραμα θερμικής καταπόνησης που εφαρμόστηκε σε διάφορους γονότυπους του σκληρού σιταριού από τους Cosentino et al. (2018), παρατηρήθηκε μετά την άνθιση, αρνητική επίδραση της θερμικής καταπόνησης στη φωτοσύνθεση. Μέσω της διεξαγωγής πειράματος σε βιολογική καλλιέργεια σκληρού σιταριού υπό ελλειμματική αλλά και πλήρη άρδευση και μετά την εφαρμογή βακτηρίων του γένους *Bacillus* φαίνεται πως η απόδοση του

σιταριού βελτιώθηκε σημαντικά και πως οι εφαρμογές αυτές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την μείωση των επιπτώσεων του στρες που προκαλεί η ξηρασία (Mutlu 2022). Τέλος, σε γενικές γραμμές έχει παρατηρηθεί χαμηλότερη πυκνότητα ζιζανίων σε παλιότερες ποικιλίες σιταριού σε σχέση με σύγχρονες, γεγονός που τις κάνει ολοένα και πιο περιζήτητες (Scavo et al. 2022).

1.3 Είδη ζιζανίων

Ορισμένα είδη πλατύφυλλων ζιζανίων που συναντάμε σε καλλιέργειες σκληρού σιταριού στην περιοχή του Βελεστίου και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας παρατίθενται στον πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1. Είδη πλατύφυλλων ζιζανίων που συναντήσαμε στον πειραματικό αγρό σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού στη περιοχή του Βελεστίου (επιστημονική και κοινή ονομασία).

Επιστημονική Ονομασία	Κοινή ονομασία
<i>Anthemis arvensis</i> L.	Ανθεμίδα
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Ζωχός
<i>Scandix pecten-veneris</i> L.	Μυρώνι
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Παπαρούνα
<i>Sinapis arvensis</i> L.	Άγριο Σινάπι

1.3.1 Ανθεμίδα

Η ανθεμίδα με την επιστημονική ονομασία *Anthemis arvensis* ανήκει στην οικογένεια Asteraceae. Είναι ένα ετήσιο χειμερινό ζιζάνιο με μικρό βιολογικό κύκλο το οποίο βλαστάνει το φθινόπωρο (Gomez and Soriano 2019). Τα σπορόφυτα έχουν παχιές, άμισχες, κοτυληδόνες, ωοειδούς σχήματος και χωρίς τρίχες. Τα στελέχη είναι πράσινα ή/και κόκκινα στο έντονο φως, ελαφρώς τριχωτά και το ύψος τους φτάνει τα

50 cm. Τα φύλλα διαθέτουν γκριζοπράσινο χρώμα και καλύπτονται από τρίχες (Kay 1971), (Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1. Φυτό ανθεμίδας στον πειραματικό αγρό στις 05/04/2022.

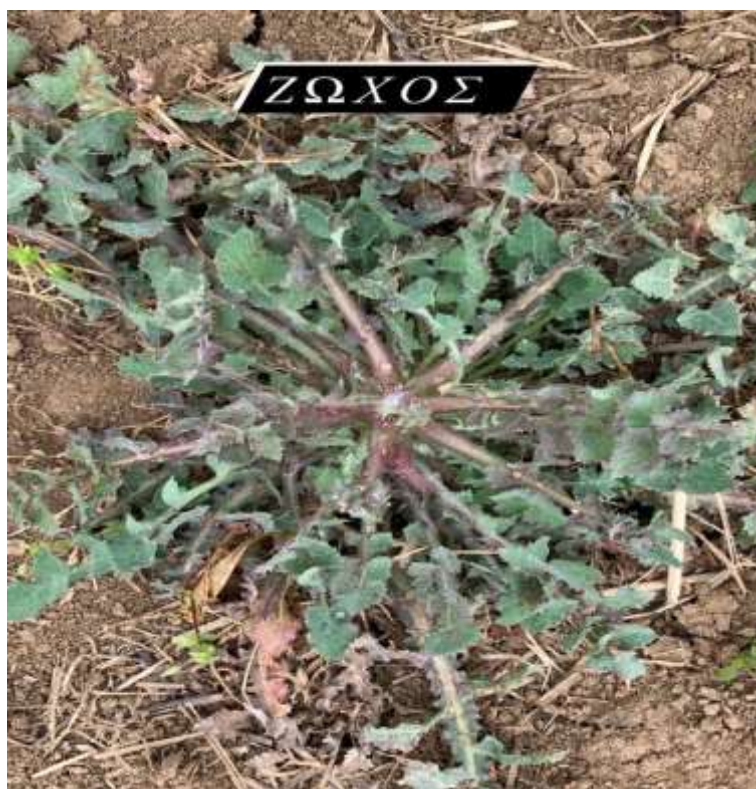
Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Gomez and Soriano (2019) γίνεται αναφορά στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου της ανθεμίδας η οποία κυμαίνεται από 156 έως 224 ημέρες. Όσον αφορά τη μακροζωία των σπόρων της, σε ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε, το 89% των σπόρων επιβίωσε για 1 χρόνο, ενώ το 47% επιβίωσε για 11 χρόνια (Kay 1971).

Η αντοχή της ανθεμίδας στην ξηρασία είναι υψηλή. Επίσης είναι ικανή να αναπτυχθεί και να ανθίσει με χαμηλά επίπεδα αζώτου και φωσφόρου. Η ανθεμίδα αναπτύσσεται αρκετά καλά τόσο σε ασβεστούχα όσο και σε μέτρια όξινα εδάφη με τιμές pH 7-8 και 5,6-6,6 αντίστοιχα, με την προϋπόθεση βέβαια να υπάρχει άμεσα διαθέσιμο άζωτο. Καλά στραγγιζόμενα, αργιλώδη ως αμμώδη εδάφη, είναι τα κατάλληλα για την ανάπτυξη της. Σε περίπτωση που οι μίσχοι κοπούν, νέοι βλαστοί αναπτύσσονται πάλι με ταχύτατους ρυθμούς (Kay 1971).

Τέλος, οι Carpio et al. (2020) αναφέρουν πως η αυτοσπορά της ανθεμίδας αποτελεί αποτελεσματική καλλιέργεια κάλυψης στις περιόδους του χειμώνα και της άνοιξης και μειώνει τη διάβρωση του εδάφους.

1.3.2 Ζωχός

Ο ζωχός με την επιστημονική ονομασία *Sonchus oleraceus* (Εικόνα 1.2) ανήκει στην οικογένεια Asteraceae (Chen et al. 2019). Συμπεριλαμβάνεται στα ετήσια, χειμερινά ζιζάνια και έχει καταγωγή από την Ευρασία και τη Βόρεια Αφρική, ενώ τα τελευταία δέκα χρόνια η εξάπλωσή του είναι τόσο μεγάλη που πλέον αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των αγροοικολογικών συστημάτων. Λόγοι αυτής της εξάπλωσης είναι η γενετική ποικιλότητα, ο μικρής έντασης λήθαργος των σπόρων καθώς και η μεγάλη αντοχή του φυτού στα ζιζανιοκτόνα (Peerzada et al. 2019).



Εικόνα 1.2. Φυτό ζωχού στον πειραματικό αγρό στις 05/04/2022.

Ο χημικός έλεγχος του συγκεκριμένου ζιζανίου μπορεί να αποδειχθεί αρκετά δύσκολος μιας και η αντοχή του σε ζιζανιοκτόνα όπως το chlorsulfuron είναι πολύ

μεγάλη (Adkins et al. 2008). Παρόλα αυτά κάποια μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα όπως τα carfentrazone, florasulam, bromoxynil octanate, και sulfentrazone έχουν βρεθεί αποτελεσματικά έναντι του ζωχού. Βέβαια, όσον αφορά τον μακροπρόθεσμο έλεγχο του ζιζανίου, οι αποτελεσματικότερες μέθοδοι περιλαμβάνουν την επιλογή ανταγωνιστικών καλλιεργειών, την άροση και την αμειψισπορά (Peerzada et al. 2019).

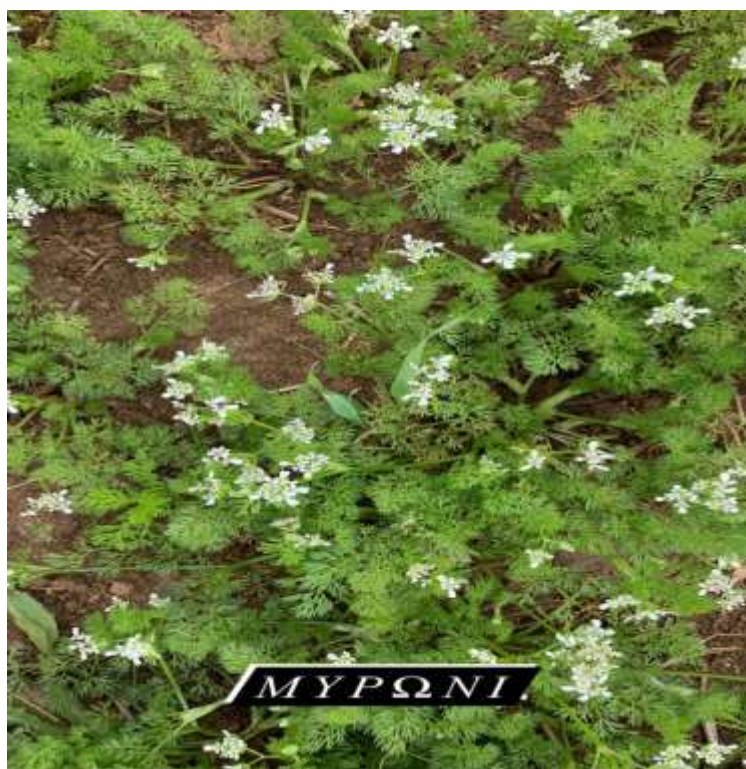
Σύμφωνα με τους Gomaa et al. (2014) βρέθηκε αλληλοπάθεια του ζωχού έναντι ορισμένων άλλων ζιζανίων, καθώς επίσης και οι Hassan et al. (2014) αναφέρουν πως οι αλληλοπαθητικές ενώσεις που απελευθερώθηκαν στο έδαφος από τα υπολείμματα του φυτού παρέμεναν αρκετά στο έδαφος. Συγκεκριμένα, μελέτη που πραγματοποιήθηκε καταδεικνύει το *S. oleraceus* να παρουσιάζει τοξικότητα κατά της *Artemia salina* (Lima et al. 2009).

Θεωρείται φαρμακευτικό φυτό του οποίου τα φύλλα διαθέτουν αντιοξειδωτικά όπως πολυφαινόλες, βιταμίνη C, καροτενοειδή και οξαλικό οξύ (Fucalova et al. 2021), ενώ χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία γαστρεντερικών διαταραχών και φλεγμονών (Chen et al. 2019). Επίσης είναι γνωστό και για αντιβακτηριακές, αντιγηραντικές (Li et al. 2018), αντικαταθλιπτικές (Vilela et al. 2010) και αντικαρκινικές ιδιότητες (Huyan et al. 2016). Το *S. oleraceus* διαθέτει υψηλά επίπεδα βασικών θρεπτικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένων των ωμέγα-3 λιπαρών οξέων (Guil-Guerrero et al. 1999). Σύμφωνα με τους Vilela et al. (2010) το εκχύλισμα του ζωχού περιέχει συστατικά που διαθέτουν αντικαταθλιπτικές ιδιότητες, γεγονός που θα μπορούσε να βοηθήσει στη θεραπεία των καταθλιπτικών διαταραχών. Επιπλέον, το εκχύλισμα του ζωχού διαθέτει και αντικαρκινικές ιδιότητες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε φάρμακα για τη θεραπεία του καρκίνου του ήπατος ή της λευχαιμίας (Huyan et al. 2016). Μετά από πείραμα που διεξάχθηκε σε ποντίκια που τρέφονταν με συνδυασμό σπόρων κάνναβης και ζωχών από τους Li et al. (2018), αποδεικνύεται ότι είχαν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και βελτιωμένη γνωστική λειτουργία. Επομένως γίνεται αντιληπτό πως το συγκεκριμένο ζιζάνιο αποτελεί μια βιώσιμη πηγή υγιεινής τροφής, προάγοντας την υγεία και τη μακροζωία. Οι Chen et al. (2019) με τη μελέτη τους υποστηρίζουν πως ο ζωχός θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ως φυσικό «φάρμακο» για την καθυστέρηση μιας πιθανής ηπατικής δυσλειτουργίας. Επίσης, ευρήματα υποδεικνύουν το ζωχό ως πολλά υποσχόμενο συμπλήρωμα διατροφής ή συστατικό σε φάρμακα για την προστασία και την αποφυγή της παχυσαρκίας (Chen et al. 2021).

1.3.3 Μυρώνι

Το μυρώνι με την επιστημονική ονομασία *Scandix pecten-veneris* ανήκει στην οικογένεια Apiaceae. Ιστορικά έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τον Θεόφραστο η κατανάλωση άγριων φυτών, όπως το μυρώνι, για πάνω από δύο χιλιάδες χρόνια (Liopa-Tsakalidi 2014). Γεωγραφικά η κατανομή του μυρωνιού στην Ευρώπη επικεντρώνεται στη Μεσόγειο, με βόρειο σύνορο τη Δανία και δυτικό τη Μεγάλη Βρετανία (Allen και Hatfield 2004). Πλέον καταγράφεται ως απειλούμενο είδος και είδος ζιζανίου υπό εξαφάνιση στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη (Wahab et al. 2018), ωστόσο δεν ισχύει το ίδιο και για τη Νότια Ευρώπη όπου η εμφάνιση του είναι αρκετά συχνή και την καθιστά ως την πιθανή περιοχή προέλευσής του (Liopa-Tsakalidi 2014).

Το μυρώνι είναι ένα ετήσιο, χειμερινό ζιζάνιο που φτάνει έως και τα 50 cm σε ύψος (Liopa-Tsakalidi 2014). Τα φύλλα του διαθέτουν έντονο πράσινο χρώμα (Εικόνα 1.3). Τα άνθη του χαρακτηρίζονται από λευκό χρώμα με μικρά, μυτερά στην άκρη πέταλα (Cohen 2002). Χαρακτηριστικό γνώρισμα του συγκεκριμένου φυτού αποτελούν οι μεγάλες σε μήκος, βελονοειδείς κοτυληδόνες που διαθέτει (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης 2009).



Εικόνα 1.3. Φυτά μυρωνιού στον πειραματικό αγρό στις 05/04/2022.

Απαντάται κυρίως σε ξηρά, ηλιόλουστα μέρη που διαθέτουν ασβεστώδη αργιλώδη και αμμώδη εδάφη με αρκετή υγρασία, ενώ η ανάπτυξή του περιορίζεται στη σκιά (Liopa-Tsakalidi 2014). Σε ένα πείραμα που διεξήχθη σε καλλιέργειες χειμερινού σιταριού για 3 χρόνια παρατηρήθηκε πως το μυρόνι άνθισε νωρίτερα σε θερμότερες συνθήκες, διέθετε λιγότερους σπόρους καθώς και λιγότερη βιομάζα (Peters and Gerowitt 2014). Οι Storkey et al. (2010) αναφέρουν πως οι αυξανόμενες εφαρμογές αζωτούχων λιπασμάτων μείωσαν την εμφάνιση του ζιζανίου. Μάλιστα, σε ένα πείραμα που πραγματοποιήθηκε το 1989, παρατηρήθηκε πόσο ευαίσθητο ήταν το φυτό σε όλες τις χημικές ουσίες που δοκιμάστηκαν (Wilson, 1990).

Η Liopa-Tsakalidi (2014) αναφερόμενη στο συγκεκριμένο ζιζάνιο κάνει λόγο για ένα άγριο, βρώσιμο φυτό που χρησιμοποιείται ευρέως στη Μεσογειακή διατροφή. Τα φύλλα είναι τα κύρια μέρη του φυτού που καταναλώνονται, είτε βρασμένα είτε σαν γέμιση σε πίτες.

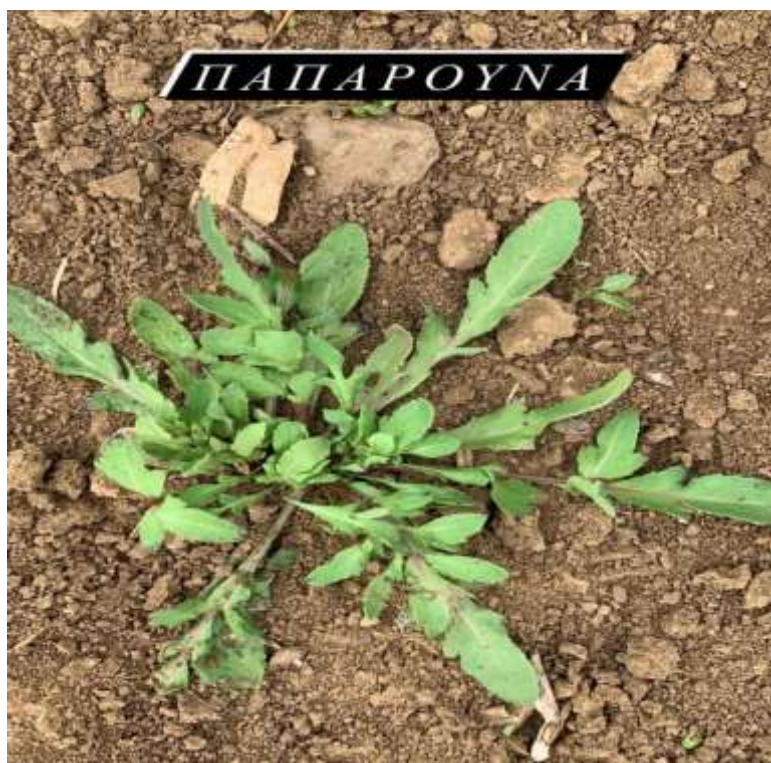
Εκτός από φυτό που χρησιμοποιείται για κατανάλωση τροφής, το μυρόνι έχει επίσης και φαρμακευτικές ιδιότητες βοηθώντας στην πήξη του αίματος και σε σωματικούς πόνους (Grace 2010). Λόγω της αντιφλεγμονώδους δράσης και άλλων ιδιοτήτων του, το αφέψημα που προκύπτει από το μυρόνι χρησιμοποιήθηκε για τη δυσπεψία, τη γαστρεντερίτιδα, την κυστίτιδα, τη νεφρίτιδα και την πυελίτιδα (Guarino et al. 2008). Επίσης οι Sharifi-Rad et al. (2016), μετά τη διεξαγωγή πειράματος αναφέρουν αντικαρκινικές ιδιότητες. Τέλος, έχει χρησιμοποιηθεί και για την ανακούφιση από πονόδοντο (Allen and Hatfield 2004).

1.3.4. Παπαρούνα

Η παπαρούνα με την επιστημονική ονομασία *Papaver rhoeas* ανήκει στην οικογένεια Papaveraceae (Marsoul et al. 2020). Είναι ένα ετήσιο, πλατύφυλλο, χειμερινό ζιζάνιο, το πιο γνωστό του γένους του και αντιπροσωπευτικό της οικογένειας *Papaveraceae* (Adamczewski et al. 2014). Ιστορικά αναφέρεται πως αυτό το είδος εξαπλώθηκε από την Ανατολική Μεσόγειο στην Κεντρική Ευρώπη πριν από περίπου 5.000 χρόνια (Kadereit 1990).

Το ύψος του βλαστού της παπαρούνας μπορεί να φτάσει έως και τα 70 cm περίπου και το σχήμα του είναι κυλινδρικό με τρίχες. Διαθέτει 4 πέταλα κόκκινου χρώματος, συνήθως με μια μαύρη κηλίδα στη μέση (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης 2009),

(Εικόνα 1.4). Έχει προτίμηση σε αλκαλικά, πηλώδη εδάφη με αρκετή υγρασία, ενώ η ανάπτυξή της περιορίζεται αρκετά σε περίπτωση που βρεθεί σε αλατούχα εδάφη (Cirujeda et al. 2008).



Εικόνα 1.4. Φυτό παπαρούνας στον πειραματικό αγρό στις 05/04/2022.

Προσβάλει κυρίως τα χειμερινά σιτηρά και αν αφεθεί ανεξέλεγκτο τότε μειώνει σημαντικά τις αποδόσεις των καλλιεργειών (Cirujeda et al. 2008, Rey-Caballero et al. 2016). Αυτό οφείλεται στην ικανότητα του ζιζανίου να αποικίζει και να ανταγωνίζεται τις καλλιέργειες για νερό και φως, ιδιότητες που συνδέονται άμεσα με την παραγωγή σημαντικής ποσότητας σπόρων παπαρούνας (Cirujeda et al. 2008, Torra and Recasens 2008). Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί πως σύμφωνα με τους Cirujeda et al. (2008), σπόροι που παρέμειναν στο έδαφος σε βάθος 20 cm για περισσότερο από 6 χρόνια, φύτευαν σε ποσοστό 53%. Βέβαια, άλλοι λόγοι της αυξημένης πυκνότητας του *Paraver rhoeas* ίσως να αποτελούν και οι λανθασμένες αγρονομικές πρακτικές όπως η μη ύπαρξη αμειψισποράς και η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων χωρίς αυτά να εναλλάσσονται ανά έτος (Torra et al. 2010, Pérez-Porras et al. 2022).

Η χημική της καταπολέμηση βασίζεται κυρίως σε μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα (Torra et al. 2010). Το 2012 σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Adamczewski

et al. (2014) στην Πολωνία ανιχνεύθηκε ανθεκτικότητα της παπαρούνας στο tribenuron methyl, ακόμα και μετά την εφαρμογή της τετραπλάσιας συνιστώμενης δόσης του ζιζανιοκτόνου.

Είναι ένα βρώσιμο φυτό το οποίο έχει και φαρμακευτικές ιδιότητες μιας και καταπραΰνει τα συμπτώματα των φλεγμονών και του βήχα, ενώ βοηθάει στις διαταραχές του ύπνου και του πεπτικού συστήματος (Janda et al. 2020, Lafta and Hamad 2021). Επιπλέον εμφανίζει ηρεμιστικές, ναρκωτικές, αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Sahraei et al. 2006, Marsoul et al. 2020). Πιο συγκεκριμένα, οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες που διαθέτει η παπαρούνα προέρχονται από την κόκκινη χρωστική ουσία που υπάρχει στα άνθη της και προέρχεται από τις ανθοκυανίνες (Kostic 2010). Η Janda et al. (2020) αναφέρει πως τα αφεψήματα από τα πέταλα της παπαρούνας τα οποία παρασκευάζονται σε θερμοκρασία 80-90 °C θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως συμπληρώματα διατροφής, παρέχοντας αντιοξειδωτικές ουσίες, μέταλλα, πολυφαινόλες και βιταμίνη C τα οποία χρειάζεται ο ανθρώπινος οργανισμός για τη σωστή λειτουργία του.

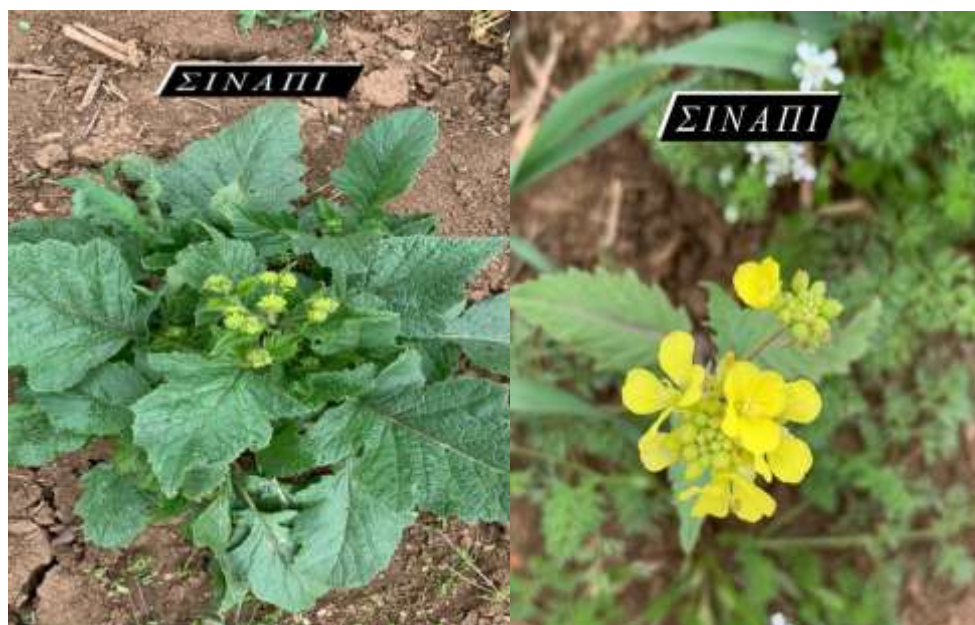
Παρά τις ευεργετικές αυτές ιδιότητες που παρουσιάζει η παπαρούνα στους ανθρώπους, μετά την άνθισή της είναι δηλητηριώδης και τοξική για τον άνθρωπο και για τα ζώα, προκαλώντας διαταραχές του κεντρικού νευρικού συστήματος ή του ήπατος και μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε αιφνίδιο θάνατο. Οι παρενέργειες που προκύπτουν μετά την κατανάλωση σπόρων παπαρούνας εκδηλώνονται με συμπτώματα όπως εμετός, ναυτία, κόπωση και εξάντληση (Koçak et al. 2016).

1.3.5. Άγριο Σινάπι

Το άγριο σινάπι με την επιστημονική ονομασία *Sinapis arvensis* ανήκει στην οικογένεια Brassicaceae. Είναι ένα ετήσιο, πλατύφυλλο, ανταγωνιστικό ζιζάνιο, το οποίο απαντάται κυρίως σε περιοχές όπου το κλίμα που επικρατεί χαρακτηρίζεται ως εύκρατο. Ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το ύψος του μπορεί να φτάσει περίπου ως 100 cm. Διαθέτει καρδιόσχημες κοτυληδόνες με μίσχο, και ο βλαστός του είναι όρθιας έκφυσης και τριχωτός. Τα άνθη του έχουν κίτρινο χρώμα (Ελευθεροχωρινός και Γιαννοπολίτης 2009) (Εικόνα 1.5).

Οι Karkanis et al. (2022) αναφέρουν πως στην πρώιμη σπορά του σκληρού σιταριού η πυκνότητα του σιναπιού ήταν μεγαλύτερη έως και 75% σε σχέση με την όψιμη σπορά του. Λόγω της ταχείας πρώιμης του ανάπτυξης καθώς και της ικανότητας βλάστησης του, ανταγωνίζεται τις καλλιέργειες για φως, νερό και θρεπτικά συστατικά, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τις μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών (Pala et al. 2020).

Το σινάπι είναι ένα ζιζάνιο που επικρατεί στις καλλιέργειες σιταριού (Gherekhloo et al. 2018, Pala et al. 2020) με πυκνότητα που φτάνει το 40%, μειώνοντας έτσι την απόδοση του σπόρου του σιταριού ως και 43% (Behdarvand et al., 2012, 2013). Η αύξηση των επιπέδων αζώτου στην καλλιέργεια αυξάνει την ανταγωνιστική ικανότητα του ζιζανίου και την απώλεια απόδοσης του σιταριού σύμφωνα με τους Behdarvand et al. (2012, 2013). Η έλλειψη νερού μπορεί να προκαλέσει τη μειωμένη ανάπτυξη φυτών σιναπιού (Akter & Klečka 2022), τη μείωση του μεγέθους ορισμένων μορφολογικών χαρακτηριστικών τους, καθώς και τον μικρότερο αριθμό φυτών που θα αναπτυχθούν (Kuppler et al. 2021). Επίσης, σύμφωνα με τη μελέτη των Höfer et al. (2020, 2023), τα φυτά έχουν την ικανότητα να αντισταθμίσουν εν μέρει το στρες από την ξηρασία, προκειμένου να διατηρήσουν τα αναπαραγωγικά τους χαρακτηριστικά (π.χ. άρωμα των ανθέων) και να είναι ελκυστικά προς τους επικονιαστές. Ο συνδυασμός χαμηλής διαθεσιμότητας νερού και υψηλής ποσότητας αζώτου οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής νέκταρ στα φυτά που καλλιεργήθηκαν την άνοιξη (Akter & Klečka 2022).



Εικόνα 1.5. Φυτό και άνθος σιναπιού στον πειραματικό αγρό στις 05/04/2022.

Οι Lyon et al. (2018) αναφέρουν πως οι δραστικές ουσίες metsulfuron, triasulfuron, propoxycarbazone ή pyroxsulam είναι ικανές να περιορίσουν την εξάπλωση του ζιζανίου στο σιτάρι. Σύμφωνα και με τους Karkanis et al. (2022), τα ζιζανιοκτόνα florasulam + 2,4-D και bromoxynil + 2,4-D παρουσίασαν υψηλή αποτελεσματικότητα (>98%) έναντι του *S. arvensis*, ενώ μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην όψιμη σπορά σε σχέση με την πρόιμη σπορά εμφάνισαν τα ζιζανιοκτόνα tribenuron-methyl και florasulam + clorpyralid. Τέλος, σε ορισμένες μελέτες αναφέρεται ότι το σινάπι έχει αναπτύξει ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα που δρουν αναστέλλοντας το ένζυμο οξικογαλακτική συνθάση (ALS) (Ntoanidou et al. 2020).

1.4 Χημική καταπολέμηση των ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού

Πολλά είναι τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταπολέμηση διαφόρων ζιζανίων σε καλλιέργειες σκληρού σιταριού. Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζονται 9 σκευάσματα των οποίων η χρήση έχει εγκριθεί στην Ελλάδα και τα οποία στοχεύουν στην αντιμετώπιση πλατύφυλλων αλλά και αγρωστωδών ζιζανίων (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων 2023).

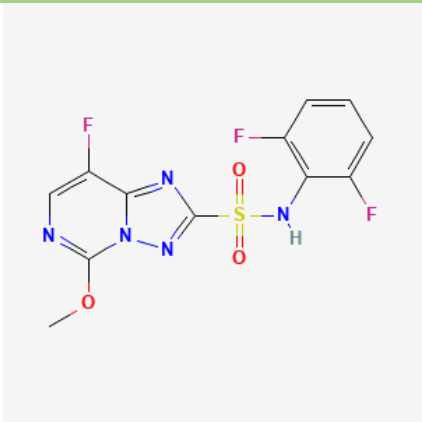
Πίνακας 1.2. Επιλεγμένα σκευάσματα και οι δραστικές τους ουσίες, τα οποία χρησιμοποιούνται στην καταπολέμηση πλατύφυλλων και αγρωστωδών ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων 2023).

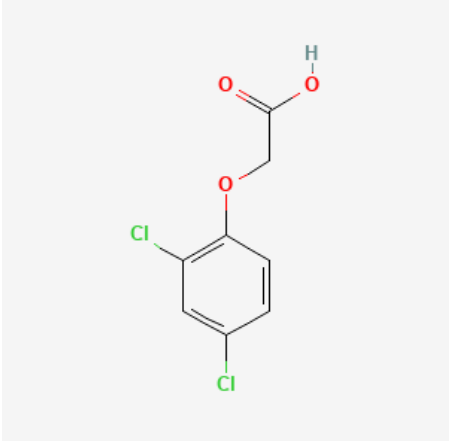
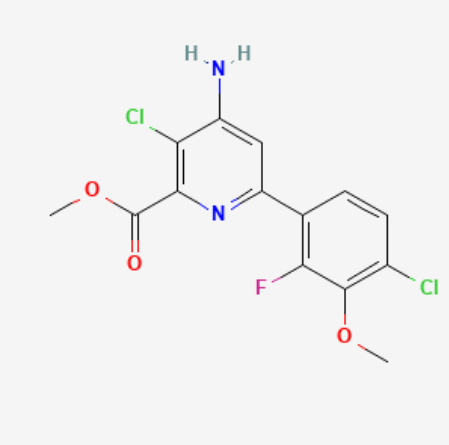
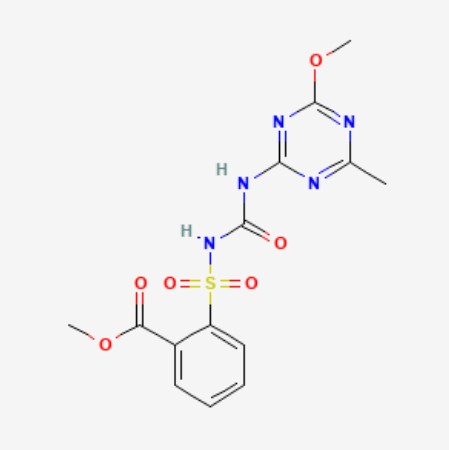
Δραστική ουσία	Εμπορική Ονομασία	Αντιμετώπιση
pinoxaden + florasulam	KUGAR ONE 30/30/7.5 EC	Αγρωστώδη + Πλατύφυλλα Ζιζάνια
dicamba + tritosulfuron	ARRAT 25/50 WG	Πλατύφυλλα Ζιζάνια
clodinafop-propargyl + pyroxsulam	SERRATE 20/7.5 WG	Αγρωστώδη + Πλατύφυλλα Ζιζάνια
aminopyralid + florasulam	LANCELOT 450 WG	Πλατύφυλλα Ζιζάνια
pyroxsulam	SENIOR 75 WG	Αγρωστώδη + Πλατύφυλλα Ζιζάνια

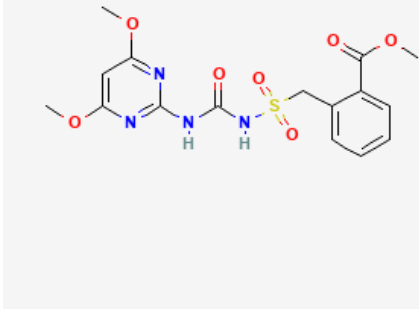
chlorotoluron + diflufenican	CONSTEL F	Αγρωστώδη + Πλατύφυλλα Ζιζάνια
2,4- D, σε οξύ	LENTEMUL	Πλατύφυλλα Ζιζάνια
florasulam	FLYER	Πλατύφυλλα Ζιζάνια
pyroxsulam + florasulam	BROADWAY 85 WG	Αγρωστώδη + Πλατύφυλλα Ζιζάνια

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1.3), παρατίθενται οι δραστικές ουσίες που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία με τον μοριακό τους τύπο και την χημική τους δομή.

Πίνακας 1.3. Οι μοριακοί τύποι και η χημική δομή των δραστικών ουσιών που μελετήθηκαν.

<i>Δραστική Ουσία</i>	<i>Μοριακός τύπος</i>	<i>Χημική δομή</i>
Florasulam	C ₁₂ H ₈ F ₃ N ₅ O ₃ S	 Εικόνα 1.6. Χημική δομή του florasulam (Pubchem 2023a)

2,4-D	$C_8H_6Cl_2O_3$ ή $Cl_2C_6H_3OCH_2COOH$	 Εικόνα 1.7. Χημική δομή του 2,4-D (Pubchem 2023b)
Halauxifen-methyl	$C_{14}H_{11}Cl_2FN_2O_3$	 Εικόνα 1.8. Χημική δομή του halauxifen-methyl (Pubchem 2023c)
Metsulfuron-methyl	$C_{14}H_{15}N_5O_6S$	 Εικόνα 1.9. Χημική δομή του metsulfuron-methyl (Pubchem 2023d)

Bensulfuron-methyl	$C_{16}H_{18}N_4O_7S$	 Εικόνα 1.10. Χημική δομή του bensulfuron-methyl (Pubchem 2023e)
--------------------	-----------------------	--

1.4.1 Ζιζανιοκτόνο florasulam

Το florasulam είναι ένα μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο με υψηλή δραστηριότητα, που καταπολεμά πλατύφυλλα ζιζάνια, είναι ιδανικό για εφαρμογές σε καλλιέργειες σιτηρών και ανήκει στην οικογένεια των τριαζολοπυριμιδινών (Krieger et al. 2000b). Ο μοριακός τύπος και η χημική του δομή απεικονίζονται στον Πίνακα 1.3, Εικόνα 1.6. Χρησιμοποιείται στις καλλιέργειες σιταριού λόγω της υψηλής δραστηριότητας του και της μικρής δοσολογίας που απαιτείται προκειμένου να αντιμετωπίσει τα ζιζάνια (Wang et al. 2023).

Για την αποικοδόμηση του florasulam, σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τους Krieger et al. (2000a), ο χρόνος ημιζωής κυμάνθηκε από 1 ως 8,5 μέρες όταν η θερμοκρασία ήταν στους 20-25 °C, ενώ σε θερμοκρασία 5 °C από 6,4 έως 85 μέρες, αντίστοιχα. Προκύπτει λοιπόν άμεση συσχέτιση της αποικοδόμησης της χημικής ένωσης με τη θερμοκρασία που επικρατεί στο περιβάλλον. Οι Mukherjee et al. (2016) αναφέρουν ότι ο χρόνος ημιζωής του ζιζανιοκτόνου κυμαίνεται από 12,65 ως 16,82 ημέρες και πως μετά την εφαρμογή της συνιστώμενης δόσης του σκευάσματος οι μικροοργανισμοί του εδάφους παρέμειναν ανεπηρέαστοι. Παρομοίως, για την ίδια ουσία σε άλλη μελέτη σε καλλιέργεια σιταριού καταγράφεται χρόνος ημιζωής 2,76 έως 10,83 ημέρες (Dong et al. 2015).

Οι Karkanis et al. (2018), σε πείραμα που έλαβε χώρα στην περιοχή της Στερεάς Ελλάδας και προκειμένου να προσδιοριστεί η συμβατότητα ορισμένων ζιζανιοκτόνων

και μυκητοκτόνων σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού, διαπίστωσαν πως το ζιζανιοκτόνο florasulam+2,4-D όχι μόνο αποδείχθηκε ασφαλές για χρήση, αλλά είτε μόνο είτε σε συνδυασμό με μυκητοκτόνα δεν προκάλεσε τοξικότητα στην καλλιέργεια. Επιπλέον, το ίδιο ζιζανιοκτόνο παρουσίασε αποτελεσματικότητα κατά των *Sinapis arvensis* και *Silybum marianum* σε ποσοστό >98% (Karkanis et al. 2022).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Wang et al. (2023) ερευνήθηκαν οι επιδράσεις που είχε το florasulam στα διαφορετικά στάδια ανάπτυξης των ψαριών ζέβρα (zebrafish)-*Danio rerio*. Η τελική παρατήρηση αναφέρει πως όσο μεγαλύτερος ήταν ο χρόνος έκθεσης στη δραστική ουσία, τόσο μεγαλύτερη ήταν και η τοξικότητά της στα ενήλικα ψάρια. Αντιστοίχως, σε μελέτη των Jiao et al. (2022) ερευνήθηκε η τοξική επίδραση του florasulam στο μικροφύκι του γλυκού νερού *Chlorella vulgaris*. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έδειξαν πως μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου για 96 ώρες μειώθηκε αρκετά η ανάπτυξη των φυκιών. Επιπλέον ανιχνεύθηκαν αυξημένα επίπεδα ενεργού οξυγόνου που οδήγησαν σε οξειδωτική βλάβη και έντονη δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών ενζύμων. Τα ευρήματα από τις δύο παραπάνω μελέτες, δείχνουν τους κινδύνους που μπορεί να προκαλέσει η απερίσκεπτη χρήση του ζιζανιοκτόνου αυτού στα υδάτινα οικοσυστήματα.

1.4.2 Ζιζανιοκτόνο 2,4-D

Το 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) είναι μια συνθετική αυξίνη, ανήκει στην οικογένεια των φαινοξυαλκανοϊκών οξέων και αποτελεί ένα από τα δημοφιλέστερα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και την καταπολέμηση των πλατύφυλλων ζιζανίων από τα μέσα της δεκαετίας του 1940 (EPA 2005, Figueiredo et al. 2017, Brucha et al. 2021). Ο μοριακός τύπος και η χημική του δομή απεικονίζονται στον Πίνακα 1.3, Εικόνα 1.7. Πρόκειται για ένα επιλεκτικό, αποτελεσματικό ζιζανιοκτόνο, που λόγω της αρκετά οικονομικής του τιμής χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα στη γεωργία παγκοσμίως. Μια καλλιέργεια στην οποία δημιουργήθηκαν ανθεκτικές ποικιλίες στο 2,4-D τα τελευταία χρόνια είναι η σόγια (*Glycine max*) (Shyam et al. 2020).

Η παρουσία του στο υδάτινο περιβάλλον είναι απειλητική για την υγεία των ανθρώπων αλλά και για όλο το οικοσύστημα (Jaafarzadeh et al. 2018). Είναι ένα ζιζανιοκτόνο αρκετά επικίνδυνο ως προς τη μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα λόγω

της υψηλής του κινητικότητας και του μεγάλου χρόνου ημιζωής σε συνθήκες ανοξίας (Brucha et al. 2021). Οι δυσμενείς επιπτώσεις που έχει στο περιβάλλον μειώνονται σημαντικά λόγω της γρήγορης ανοργανοποίησής του, το 50% της εφαρμοζόμενης δόσης ανοργανοποιήθηκε μέσα σε 10 μέρες (Boivin et al. 2005).

Σε έρευνα των Figueiredo et al. (2017) όπου εξετάστηκε ο μηχανισμός ανθεκτικότητας του ζιζανιοκτόνου έναντι του ζιζανίου *Amaranthus tuberculatus* καταδεικνύεται πως, ο γρήγορος μεταβολισμός του συμβάλλει στην ανθεκτικότητα του, ενώ διαφορές στην απορρόφηση ή τη μετακίνηση του 2,4-D μεταξύ ανθεκτικών και ευαίσθητων φυτών *A. tuberculatus* δεν έγιναν αντιληπτές. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται ο ταχύτερος μεταβολισμός του ζιζανιοκτόνου από τα ανθεκτικά φυτά (χρόνος ημιζωής: 22 ώρες) σε σχέση με τα ευαίσθητα φυτά (χρόνος ημιζωής: 105 ώρες).

1.4.3 Ζιζανιοκτόνο halauxifen-methyl

Το halauxifen-methyl ανήκει σε μια νέα οικογένεια ζιζανιοκτόνων με δράση αυξίνης και στοχεύει στον έλεγχο των πλατύφυλλων ζιζανίων (McCauley et al. 2018). Ο μοριακός τύπος και η χημική του δομή απεικονίζονται στον Πίνακα 1.3, Εικόνα 1.8. Διαθέτει την ικανότητα να απορροφάται από το φύλλωμα των φυτών και να μετατοπίζεται μέσω του φλοιώματος και του ξυλώματος τους, ώσπου τελικά να συσσωρευτεί στον μεριστωματικό ιστό. Μέσω ορισμένων δοκιμών έχει διαπιστωθεί ότι αποικοδομείται ταχύτατα στο έδαφος ενώ είναι αρκετά αποτελεσματικό στον έλεγχο σημαντικών πλατύφυλλων ζιζανίων (EFSA 2014). Στα συμπτώματα που παρουσιάζονται στα φυτά μετά τη χρήση του περιλαμβάνονται η επιναστία, η παραμόρφωση, η γήρανση και τελικά η ξήρανση των φυτών (Xu et al. 2022).

Σε σχέση με άλλα ζιζανιοκτόνα με δράση αυξίνης, η χρήση του μπορεί να γίνει με λιγότερους περιορισμούς λόγω της χαμηλής κινητικότητας και του μικρού χρόνου ημιζωής που έχει στο έδαφος (Ludwig-Müller et al. 2021, Zimmer et al. 2018). Οι Soltani et al. (2022) παρατήρησαν αποτελεσματικότητα 89% κατά του ζιζανίου κόνυζα η Καναδική (horseweed) στην οποία είχε εφαρμοστεί συνδυασμός glyphosate με halauxifen-methyl. Ο συγκεκριμένος πληθυσμός της κόνυζας παρουσίαζε ανθεκτικότητα στο glyphosate.

1.4.4 Ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl

Το metsulfuron-methyl είναι ένα ζιζανιοκτόνο το οποίο ανήκει στην ομάδα των σουλφονυλουριών και αποτελεί ένα από τα δημοφιλέστερα της ομάδας αυτής για την αντιμετώπιση πλατύφυλλων ζιζανίων. Ο μοριακός τύπος και η χημική του δομή απεικονίζονται στον Πίνακα 1.3, Εικόνα 1.9. Ο λόγος που το κάνει τόσο προσιτό και δημοφιλές για χρήση είναι η χαμηλή του τοξικότητα στα θηλαστικά, η εξαιρετική του δράση καθώς και οι χαμηλές δόσεις εφαρμογής (Azcarate et al. 2015). Παράγοντες που επηρεάζουν την υδρόλυση του metsulfuron-methyl αλλά και την μικροβιακή διάσπαση είναι η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους (Wang et al. 2007).

Μέσω διαφόρων μελετών έχει διαπιστωθεί αρνητική συσχέτιση μεταξύ της προσρόφησης του metsulfuron-methyl και του pH του εδάφους και πιο συγκεκριμένα, σε υψηλές τιμές pH η προσρόφηση ήταν μικρότερη. Επομένως το συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως σε όξινα εδάφη η προσρόφηση του ζιζανιοκτόνου είναι μεγαλύτερη σε σχέση με ουδέτερα ή αλκαλικά εδάφη. Επιπλέον γίνεται αναφορά στο γεγονός ότι σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία η φυτοτοξικότητα του ζιζανιοκτόνου μειώνεται (Tahir and Sing 2006, Zanini et al. 2009). Βασιζόμενοι σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να μελετηθεί η αποικοδόμηση του metsulfuron methyl, οι Brigante et al. (2013) διαπιστώνουν ότι σε υδατικό διάλυμα με τιμές pH 6,5-9,5, η χημική αποικοδόμηση δεν είναι ανιχνεύσιμη. Ωστόσο, η ανίχνευση αυξάνεται ως και 300 ή 500 περίπου φορές, μειώνοντας το pH στο 2 ή αυξάνοντας το στο 11,5, αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει πως σε τιμές pH 2 και 11,5 ο χρόνος ημιζωής του ζιζανιοκτόνου είναι μικρότερος από μία ημέρα, ενώ σε pH 6 μεγαλύτερος από ένα χρόνο.

Τα τελευταία χρόνια προκύπτουν ανησυχίες σχετικά με τη μόλυνση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων λόγω της κινητικότητας που παρουσιάζει το ζιζανιοκτόνο (Zanini et al. 2009). Κάποιες διαπιστώσεις που έκαναν οι Gomes da Silva et al. (2021) ύστερα από την έρευνά τους είναι πως όταν το ζιζανιοκτόνο εφαρμοστεί κοντά στην εποχή σποράς της σόγιας έχει αρνητικά αποτελέσματα όπως τη μείωση του βάρους των σπόρων καθώς και της παραγωγικότητας της σόγιας. Το συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο είναι μη ασφαλές για χρήση 45 ημέρες πριν τη σπορά της σόγιας.

1.4.5 Ζιζανιοκτόνο bensulfuron-methyl

Το bensulfuron-methyl είναι ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται εναλλακτικά του tribenuron-methyl και στοχεύει στον έλεγχο πλατύφυλλων ζιζανίων, ενώ ανήκει στην ομάδα των σουλφονυλουριών (Lin et al. 2012, Lou et al. 2022). Ο μοριακός τύπος και η χημική του δομή απεικονίζονται στον Πίνακα 1.3, Εικόνα 1.10. Η δράση του περιλαμβάνει την αναστολή του ενζύμου ALS, το οποίο εμπλέκεται στη σύνθεση αμινοξέων διακλαδισμένης αλυσίδας και με αυτό τον τρόπο οδηγεί στην διακοπή της κυτταρικής διαίρεσης. Η προσρόφησή του γίνεται κυρίως μέσω των φύλλων (EFSA 2016). Σε περίπτωση υπερβολικής χρήσης του οι επιπτώσεις είναι αρνητικές, βλάπτοντας το περιβάλλον και δημιουργώντας ανθεκτικότητα στα ζιζάνια (Wang et al. 2022a).

Οι Chen et al. (2005) μετά από μελέτη τους αναφέρουν πως ο χρόνος ημιζωής του bensulfuron-methyl ήταν 15,4 ημέρες. Σε πείραμα που διεξήχθη από τους Wu and Hu (2014) στο έδαφος και στο άχυρο σιταριού προκύπτει πως το ζιζανιοκτόνο είχε χρόνο ημιζωής 4,62-8,66 και 2,39-4,05 ημέρες αντίστοιχα. Οι Wang et al. (2022b) συσχετίζουν αρνητικά την ποσότητα του bensulfuron-methyl που βρέθηκε στο έδαφος με την οργανική ουσία, αλλά θετικά με την τιμή του pH, ενώ ο χρόνος ημιζωής που παρατήρησαν έφτασε τις 7,94 ημέρες.

Σε ένα πείραμα που διεξήχθη προκειμένου να διερευνηθούν οι επιδράσεις του bensulfuron-methyl στην ανάπτυξη και τη φωτοσυνθετική ικανότητα μια ποικιλίας αγγουριού, τα αποτελέσματα ήταν αρνητικά μιας και έδειξαν ανασταλτική δράση όταν τα υπολείμματά του στο έδαφος ξεπερνούσαν τα $50\mu\text{g kg}^{-1}$ (Sun et al. 2019). Σε μια άλλη έρευνα που αξιολογήθηκαν οι φωτοσυνθετικές παράμετροι (τιμή SPAD, ο καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης, η αντίσταση στοματικών και ο ρυθμός διαπνοής) σε φυτά σόγιας και αραχίδας παρατηρήθηκε μείωση των παραμέτρων αυτών όταν η συγκέντρωση του bensulfuron-methyl αυξήθηκε (Su et al. 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός αγρός

Η παρούσα πειραματική μελέτη υλοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (Εικόνα 2.1) κατά τη χρονική περίοδο από το Νοέμβριο του 2021 έως τον Ιούνιο του 2022, όπου πραγματοποιήθηκε και η συγκομιδή της καλλιέργειας. Το έδαφος του πειραματικού αγρού χαρακτηρίζεται ως αργιλοπηλοαμμώδες και το pH του είναι αλκαλικό. Γενικά, ο αγρός χωρίστηκε σε δώδεκα πειραματικά τεμάχια διαστάσεων 2,5 m x 3,5 m, και πιο συγκεκριμένα σε δυο σειρές των έξι τεμαχίων.



Εικόνα 2.1. Πειραματικός αγρός κατά τη σπορά (11/11/2021).

2.2 Πειραματικό σχέδιο

Το πείραμα εκτελέστηκε με βάση το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων, με τρεις επαναλήψεις και τέσσερις επεμβάσεις. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 18 cm, ενώ χρησιμοποιήθηκε ποσότητα σπόρου 25 kg/στρέμμα.

Οι επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι εξής:

1. Αψέκαστος μάρτυρας

2. Ψεκασμός με το ζιζανιοκτόνο florasulam 0.625% β/ο + 2.4-D 2-EHE 45.25% β/ο (εμπορική ονομασία: Mustang 306 SE)
3. Ψεκασμός με το ζιζανιοκτόνο halauxifen-methyl 10.4% β/β + florasulam 10% β/β (εμπορική ονομασία: Quelex WG)
4. Ψεκασμός με το ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl 4% β/β + bensulfuron-methyl 50% β/β (εμπορική ονομασία: Phytton)

Πίνακας 2.1. Πειραματικό σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με 3 επαναλήψεις και 4 επεμβάσεις.

<i>3_η Επανάληψη</i>	Halauxifen-methyl+florasulam	Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl
	Florasulam+2,4-D	Αψέκαστος Μάρτυρας
<i>2_η Επανάληψη</i>	Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	Florasulam+2,4-D
	Halauxifen-methyl+florasulam	Αψέκαστος Μάρτυρας
<i>1_η Επανάληψη</i>	Florasulam+2,4-D	Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl
	Αψέκαστος Μάρτυρας	Halauxifen-methyl+florasulam

2.3 Καλλιεργητικές εργασίες

Αρχικά, όσον αφορά τις ενέργειες που υλοποιήθηκαν πριν τη σπορά της καλλιέργειας, αυτές ήταν το όργωμα του αγρού σε βάθος 20-30 cm και έπειτα ακολούθησαν δύο περάσματα με καλλιεργητή. Η σπορά του σιταριού πραγματοποιήθηκε στις 11 Νοεμβρίου 2021 με τη χρήση γεωργικού ελκυστήρα και σπαρτικής μηχανής σιτηρών, ενώ το φύτευμα της καλλιέργειας ολοκληρώθηκε στις 3 Δεκεμβρίου 2021.

Ο ψεκασμός με τα τρία διαφορετικά ζιζανιοκτόνα μεταφυτρωτικά έγινε στο στάδιο του αδελφώματος έως και τον 1^ο κόμβο, στις 16 Μαρτίου 2022. Το ξεστάχυσμα του σιταριού ολοκληρώθηκε στις 25 Απριλίου 2022.

Τέλος, στις 27 Ιουνίου 2022, με τη βοήθεια θεριζοαλωνιστικής μηχανής πλάτους κοπής 1,4 m, συγκομίστηκε η καλλιέργεια και έτσι ολοκληρώθηκαν οι καλλιεργητικές απαιτήσεις του πειράματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 2.2) παρουσιάζονται τα ζιζανιοκτόνα με την εμπορική τους ονομασία καθώς και οι δοσολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος.

Πίνακας 2.2. Σκευάσματα και Δόσεις εφαρμογής.

Εμπορική Ονομασία Σκευασμάτων	Δόση εφαρμογής
Mustang 306 SE	80 mL/στρέμμα
Quelex WG	5 g/στρέμμα
Phyton	10 g/στρέμμα

Επεξήγηση σκευασμάτων του Πίνακα 2.2:

- Florasulam 0.625% β/ο + 2.4-D 2-EHE 45.25% β/ο με εμπορική ονομασία Mustang 306 SE. Αποτελεί διασυστηματικό, μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο το οποίο καταπολεμά πλατύφυλλα ζιζάνια σε καλλιέργειες σιταριού, κριθαριού και αραβοσιταριού. Η δράση του επιτυγχάνεται μέσω της συσσώρευσης του στους μεριστωματικούς ιστούς βλαστών και ριζών.
- Halauxifen-methyl 10.4% β/β + florasulam 10% β/β με εμπορική ονομασία Quelex WG. Αποτελεί επίσης διασυστηματικό, μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο πλατύφυλλων ζιζανίων χειμερινών σιτηρών όπως βρώμη, κριθάρι, σίκαλη και σιτάρι. Προκαλεί τη διατάραξη της φυσιολογικής ανάπτυξης των ζιζανίων, ιδιαίτερα κατά τη διαδικασία της κυτταρικής διαίρεσης.
- Metsulfuron-methyl 4% β/β + bensulfuron methyl 50% β/β με εμπορική ονομασία Phyton. Όπως τα προηγούμενα, έτσι και το παρόν, αποτελεί

διασυστηματικό, μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση πλατύφυλλων ζιζανίων στα σιτηρά σιτάρι, κριθάρι και σίκαλη. Ο τρόπος δράσης του περιλαμβάνει την απορρόφηση του κυρίως από τα φύλλα και δευτερευόντως από τις ρίζες των ζιζανίων, ενώ στη συνέχεια μεταφέρεται διασυστηματικά στους μεριστωματικούς ιστούς αποπλαστικά και συμπλαστικά.

2.4 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις-παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την εκτίμηση των φυτικών χαρακτηριστικών του σιταριού είναι τέσσερις. Κατά τις τρεις πρώτες παρατηρήσεις συλλέχθηκαν δεδομένα από μετρήσεις που εκτελέσθηκαν στο αγρόκτημα καθώς και στο εργαστήριο ζιζανιολογίας, ενώ η τελευταία μέτρηση πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά στο εργαστήριο.

Στις πρώτες 3 μετρήσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στις 5, 12 Απριλίου και 5 Μαΐου 2022 (Εικόνα 2.2), τα φυτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας που μελετήθηκαν είναι:

- Ύψος (cm): Οι μετρήσεις του ύψους πραγματοποιήθηκαν σε 4 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο, ενώ έπειτα υπολογίστηκε ο μέσος τους όρος.
- Αριθμός αδελφιών: Ο αριθμός αδελφιών πραγματοποιήθηκε επίσης σε 4 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο και ακολούθησε ο υπολογισμός του μέσου όρου.
- Σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμή SPAD): Η μέτρηση της χλωροφύλλης υλοποιήθηκε με το φορητό όργανο SPAD-502 chlorophyll meter (Konica Minolta Optics Inc.), μέσω της μέτρησης τριών φύλλων διαφορετικών φυτών ανά πειραματικό τεμάχιο και στη συνέχεια έγινε υπολογισμός του μέσου όρου αυτών (Εικόνα 2.3).
- Νωπό βάρος σιταριού (g): Για τον υπολογισμό του νωπού βάρους έγινε δειγματοληψία, ανά πειραματικό τεμάχιο, φυτών σιταριού σε μήκος 30 cm επί της γραμμής σποράς και στη συνέχεια τα φυτά αυτά ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας.
- Ξηρό βάρος σιταριού (g): Τα δείγματα του νωπού βάρους σιταριού τοποθετήθηκαν σε κλίβανο για 4 ημέρες και σε θερμοκρασία 60 °C. Έπειτα, ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας.

Επίσης, υπολογίστηκαν τα:

- Νωπό βάρος ζιζανίων (g): Για τη μέτρηση του νωπού βάρους των ζιζανίων συλλέχθηκαν τα περισσότερα ζιζάνια που υπήρχαν σε έκταση 40 cm x 40 cm κάθε πειραματικού τεμαχίου ξεχωριστά, ενώ στη συνέχεια ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας.
- Ξηρό βάρος ζιζανίων (g): Τα δείγματα του νωπού βάρους των ζιζανίων μεταφέρθηκαν σε κλίβανο για 4 ημέρες και σε θερμοκρασία 60 °C, ενώ ύστερα ακολούθησε η ζύγισή τους σε ζυγαριά ακριβείας.



Εικόνα 2.2. Πειραματικός αγρός στις 5 και στις 12 Απριλίου 2022, κατά τις 2 πρώτες μετρήσεις.

Κατά την τρίτη μέτρηση, που έγινε στις 5 Μαΐου 2022 μετρήθηκε επίσης και το μήκος στάχew (cm). Για τη συγκεκριμένη παράμετρο λήφθηκαν μετρήσεις από 4 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο και έπειτα έγινε υπολογισμός του μέσου όρου τους.

Η συγκομιδή όπως αναφέρθηκε παραπάνω έγινε μηχανικά στις 29 Ιουνίου 2022 όπου καταγράφηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

- Απόδοση σε σπόρο (g): Συγκομίστηκαν οι σπόροι σιταριού κάθε αγροτεμαχίου ξεχωριστά και ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας.

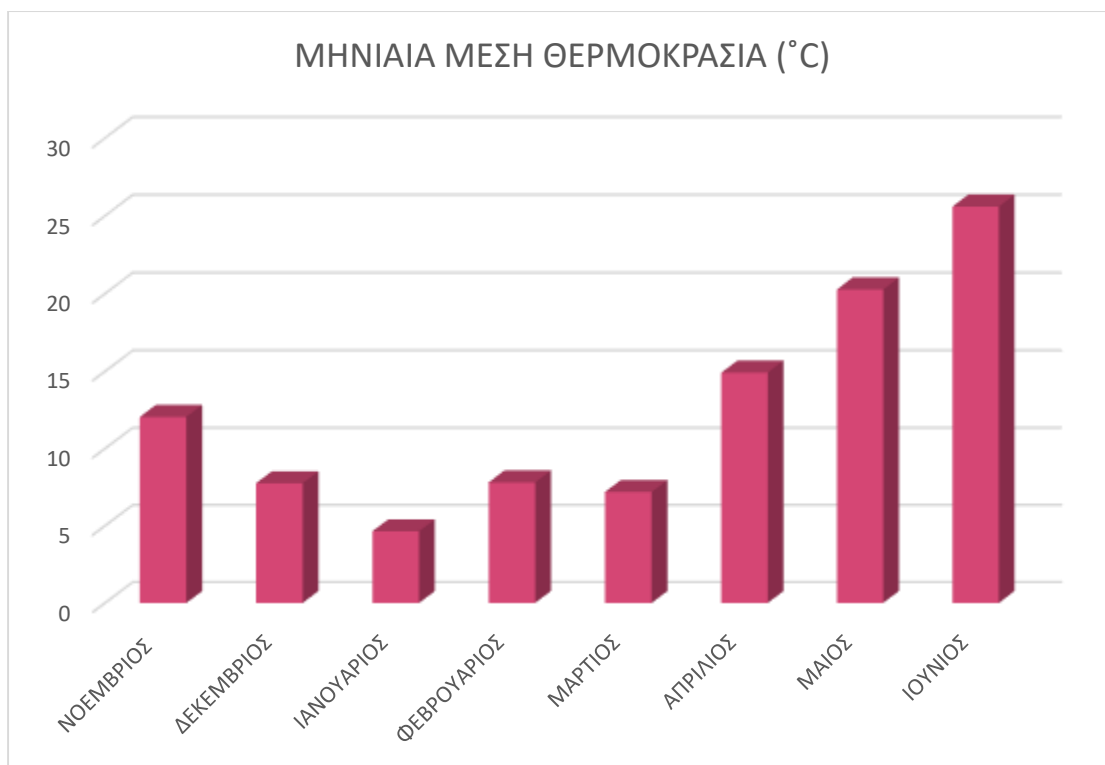
- Βάρος 100 σπόρων σιταριού (g): Υπολογίστηκε το βάρος, σε ζυγαριά ακριβείας, ενός τριών τυχαίων δειγμάτων 100 σπόρων από τους συνολικούς του κάθε τεμαχίου.



Εικόνα 2.3. Μέτρηση της σχετικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης με το όργανο SPAD-502 chlorophyll meter.

2.5 Μετεωρολογικά δεδομένα

Ακολουθούν διαγράμματα στα οποία παρουσιάζονται η μέση μηνιαία θερμοκρασία (Διάγραμμα 2.1) και η μηνιαία βροχόπτωση (Διάγραμμα 2.2) που επικράτησαν στην περιοχή του Βελεστίνου. Τα δεδομένα αφορούν τους μήνες διεξαγωγής του πειράματος, δηλαδή από το Νοέμβριο 2021 έως και τον Ιούνιο 2022. Όσον αφορά τη μέση θερμοκρασία, οι υψηλότερες τιμές απαντώνται κατά το μήνα Ιούνιο ενώ το σύνολο των ψυχρότερων ημερών φαίνεται να καταλαμβάνει ο Ιανουάριος. Επίσης, το υψηλότερο ύψος βροχόπτωσης καταγράφηκε τον Ιανουάριο, σε αντίθεση με το Μάιο που διαθέτει τις χαμηλότερες τιμές βροχοπτώσεως.



Διάγραμμα 2.1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη χρονική περίοδο Νοέμβριος 2021- Ιούνιος 2022 στην περιοχή του Βελεστίνου.



Διάγραμμα 2.2. Μηνιαία βροχόπτωση κατά τη χρονική περίοδο Νοέμβριος 2021- Ιούνιος 2022 στην περιοχή του Βελεστίνου.

2.6 Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διασποράς με βάση το σχέδιο των **τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων** [Randomized Complete Block Design (**RCBD**)] χρησιμοποιώντας το λογισμικό SigmaPlot 12 (Systat Software Inc., San Jose, CA). Σε περιπτώσεις όπου η ανάλυση ANOVA έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, συγκρίθηκαν οι επεμβάσεις του πειράματος. Η σύγκριση αυτή επιτεύχθηκε με τη χρήση της μεθόδου της **Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς** [Least Significance Difference (**LSD**)] για **επίπεδο σημαντικότητας 5%**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Αποτελέσματα

3.1 Ύψος φυτών σιταριού

1^η Μέτρηση

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα ύψη των φυτών σιταριού κατά την 1^η μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 5 Απριλίου 2022. Το χαμηλότερο ύψος των 22,2 cm παρατηρήθηκε στο αγροτεμάχιο όπου είχε εφαρμοστεί το ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, ενώ ψηλότερα ήταν τα φυτά του αψέκαστου μάρτυρα με ύψος 24,1 cm. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ύψους των φυτών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις 4 επεμβάσεις του πειράματος (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam).

Πίνακας 3.1. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ύψος των φυτών σιταριού κατά την 1^η μέτρηση (5 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ύψος (cm)
Αψέκαστος Μάρτυρας	24,1 α
Florasulam+2,4-D	23,6 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	22,2 α
Halauxifen-methyl+florasulam	24,0 α
LSD _{5%}	-
Τιμή F	2,844
Τιμή P	0,128

2^η Μέτρηση

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση δεδομένων του ύψους των φυτών σιταριού κατά τη 2^η μέτρηση στις 12 Απριλίου 2022 (Πίνακας 3.2) διαπιστώθηκε η μη ύπαρξη στατιστικώς σημαντικών διαφορών μεταξύ των μεταχειρίσεων του πειράματος (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Το ύψος κυμάνθηκε από 31,4 cm έως 33,1 cm όπου η

χαμηλότερη τιμή ανήκει στο πειραματικό τεμάχιο με το halauxifen-methyl+florasulam και η μεγαλύτερη στον αψέκαστο μάρτυρα.

Πίνακας 3.2. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ύψος των φυτών σιταριού κατά τη 2^η μέτρηση (12 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ύψος (cm)
Αψέκαστος Μάρτυρας	33,1 α
Florasulam+2,4-D	32,8 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	32,3 α
Halauxifen-methyl+florasulam	31,4 α
LSD _{5%}	-
Τιμή F	0,276
Τιμή P	0,841

3^η Μέτρηση

Στην 3^η μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 5 Μαΐου 2022, το μεγαλύτερο ύψος των φυτών σιταριού σημειώθηκε στο πειραματικό τεμάχιο με το florasulam+2,4-D (74,8 cm), ενώ τα χαμηλότερα φυτά ύψους 73,2 cm παρατηρήθηκαν στο αγροτεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl (Πίνακας 3.3). Η ανάλυση διασποράς έδειξε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις διαφορετικές επεμβάσεις του πειράματος (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Σε σχέση με την πρώτη μέτρηση, το ύψος των φυτών σιταριού όλων των μεταχειρίσεων αυξήθηκε κατά μέσο όρο 68,24 %.

3.2 Σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης (SPAD) σιταριού

1^η Μέτρηση

Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 3.4, κατά την 1^η μέτρηση της σχετικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης (τιμή SPAD) οι τιμές κυμάνθηκαν από 47,1 ως 50,5 με χαμηλότερη αυτή του τεμαχίου με το halauxifen-methyl+florasulam και υψηλότερη

στο αγροτεμάχιο με το ζιζανιοκτόνο florasulam+2,4-D. Η στατιστική επεξεργασία δεδομένων υπέδειξε την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικών διαφορών μεταξύ του halauxifen-methyl+florasulam με τις υπόλοιπες 3 μεταχειρίσεις (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl).

Πίνακας 3.3. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ύψος των φυτών σιταριού κατά την 3^η μέτρηση (5 Μαΐου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ύψος (cm)
Αψέκαστος Μάρτυρας	74,3 α
Florasulam+2,4-D	74,8 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	73,2 α
Halauxifen-methyl+florasulam	73,4 α
LSD _{5%}	-
Τιμή F	0,862
Τιμή P	0,510

Πίνακας 3.4. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στη σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης του σιταριού κατά την 1^η μέτρηση (5 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Τιμή SPAD
Αψέκαστος Μάρτυρας	49,7 α
Florasulam+2,4-D	50,5 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	49,3 α
Halauxifen-methyl+florasulam	47,1 β
LSD _{5%}	2,101
Τιμή F	5,583
Τιμή P	0,036

2^η Μέτρηση

Κατά τη 2^η μέτρηση στις 12 Απριλίου, η τιμή SPAD του αγροτεμαχίου με το ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl κατέχει την υψηλότερη τιμή, 52,9, η οποία είναι μεγαλύτερη κατά 11,5% από το αγροτεμάχιο με τον απέκαστο μάρτυρα που έχει τη μικρότερη τιμή (46,8) (Πίνακας 3.5). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων για τη σχετική συγκέντρωση της χλωροφύλλης έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ του απέκαστου μάρτυρα και των μεταχειρίσεων με florasulam+2,4-D και metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl.

Πίνακας 3.5. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (απέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στη σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης του σιταριού κατά τη 2^η μέτρηση (12 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Τιμή SPAD
Απέκαστος Μάρτυρας	46,8 β
Florasulam+2,4-D	51,5 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	52,9 α
Halauxifen-methyl+florasulam	50,3 αβ
LSD _{5%}	3,640
Τιμή F	6,204
Τιμή P	0,029

3^η Μέτρηση

Στον πίνακα 3.6 διακρίνεται πως μετά τη στατιστική ανάλυση διασποράς για την παράμετρο SPAD υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στον απέκαστο μάρτυρα με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις του πειράματος (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Συγκεκριμένα κατά την 3^η μέτρηση (5 Μαΐου), η μικρότερη σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης ανήκει στον απέκαστο μάρτυρα (51,5) και είναι μόλις 3,4% περισσότερη από την 1^η μέτρηση. Αντίστοιχα, η τιμή SPAD στο metsulfuron-methyl+bensulfuron-

methyl αυξήθηκε κατά 12,5% σε σχέση με την αρχική δειγματοληψία και έχει τιμή 56,4.

Πίνακας 3.6. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στη σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης του σιταριού κατά την 3^η μέτρηση (5 Μαΐου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Τιμή SPAD
Αψέκαστος Μάρτυρας	51,5 β
Florasulam+2,4-D	55,5 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	56,4 α
Halauxifen-methyl+florasulam	55,4 α
LSD _{5%}	2,317
Τιμή F	10,324
Τιμή P	0,009

3.3 Αριθμός αδελφιών ανά φυτό σκληρού σιταριού

1^η Μέτρηση

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση της διασποράς του αριθμού των αδελφιών ανά φυτό σκληρού σιταριού κατά την 1^η μέτρηση στις 5 Απριλίου 2022 (Πίνακας 3.7) δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων του πειράματος (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Οι τιμές κυμάνθηκαν από 2,1 ως 2,4 αδελφια/φυτό, όπου οι χαμηλότερες μετρήσεις ανήκουν στα πειραματικά τεμάχια του αψέκαστου μάρτυρα και του florasulam+2,4-D, ενώ η μεγαλύτερη στη μεταχείριση με halauxifen-methyl+florasulam.

Πίνακας 3.7. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στον αριθμό αδελφιών των φυτών σιταριού κατά την 1^η μέτρηση (5 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Αριθμός αδελφιών/φυτό
Αψέκαστος Μάρτυρας	2,1 α
Florasulam+2,4-D	2,1 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	2,3 α
Halauxifen-methyl+florasulam	2,4 α
LSD _{5%}	-
Τιμή F	0,055
Τιμή P	0,744

2^η Μέτρηση

Στην 2^η μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 12 Απριλίου 2022, τα περισσότερα αδέρφια/φυτό σιταριού σημειώθηκαν στο πειραματικό τεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl (1,8), ενώ τα λιγότερα αδέρφια/φυτό (1,6) παρατηρήθηκαν στα αγροτεμάχια με τον αψέκαστο μάρτυρα και την επέμβαση με halauxifen-methyl+florasulam (Πίνακας 3.8). Η ανάλυση διασποράς έδειξε ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις διαφορετικές επεμβάσεις του πειράματος (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam).

3^η Μέτρηση

Παρομοίως και για την 3^η δειγματοληψία, γίνεται αντιληπτό ότι μετά τη στατιστική ανάλυση δεδομένων οι διαφορές μεταξύ των τεσσάρων επεμβάσεων του πειράματος (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) δεν είναι στατιστικώς σημαντικές (Πίνακας 3.9). Τα λιγότερα αδέρφια εμφανίζονται στο πειραματικό τεμάχιο με το florasulam+2,4-D (1,1) ενώ τα περισσότερα τα συναντάμε στις μεταχειρίσεις του αψέκαστου μάρτυρα και του halauxifen-methyl+florasulam με τιμή 1,3. Οι τιμές που παρατηρούνται κατά τις 3

μετρήσεις έχουν μια μικρή μείωση από την 1^η στη 2^η και από την 2^η στην 3^η μέτρηση, αντίστοιχα.

Πίνακας 3.8. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στον αριθμό αδελφιών των φυτών σιταριού κατά τη 2^η μέτρηση (12 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Αριθμός αδελφιών/φυτό
Αψέκαστος Μάρτυρας	1,6 α
Florasulam+2,4-D	1,7 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	1,8 α
Halauxifen-methyl+florasulam	1,6 α
LSD _{5%}	-
Τιμή F	0,234
Τιμή P	0,870

Πίνακας 3.9. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στον αριθμό αδελφιών των φυτών σιταριού κατά την 3^η μέτρηση (5 Μαΐου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Αριθμός αδελφιών/φυτό
Αψέκαστος Μάρτυρας	1,3 α
Florasulam+2,4-D	1,1 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	1,2 α
Halauxifen-methyl+florasulam	1,3 α
LSD _{5%}	-
Τιμή F	0,550
Τιμή P	0,666

3.4 Νωπό βάρος φυτών σιταριού

1^η Μέτρηση

Στον πίνακα 3.10 φαίνεται πως το νωπό βάρος στο αγροτεμάχιο με το florasulam+2,4-D έχει τη μεγαλύτερη τιμή, 1824,6 kg/στρέμμα, ενώ στο αγροτεμάχιο με τον ασφέκαστο μάρτυρα συναντάται η μικρότερη μέτρηση όπου το νωπό βάρος είναι 1447,1 kg/στρέμμα. Μετά τη στατιστική ανάλυση προκύπτει πως υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στον ασφέκαστο μάρτυρα και στις υπόλοιπες επεμβάσεις του πειράματος (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Το πειραματικό τεμάχιο με το florasulam+2,4-D έδωσε 20,7% μεγαλύτερο νωπό βάρος από τον ασφέκαστο μάρτυρα.

Πίνακας 3.10. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (ασφέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο νωπό βάρος του σιταριού κατά την 1^η μέτρηση (5 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Νωπό Βάρος (kg/στρέμμα)
Ασφέκαστος Μάρτυρας	1447,1 β
Florasulam+2,4-D	1824,6 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	1802,9 α
Halauxifen-methyl+florasulam	1743,7 α
LSD _{5%}	255,691
Τιμή F	5,612
Τιμή P	0,036

2^η Μέτρηση

Κατά τη 2^η μέτρηση του νωπού βάρους στις 12 Απριλίου, διαπιστώθηκε πως και αυτή τη φορά ο ασφέκαστος μάρτυρας έχει τη μικρότερη τιμή (1643,2 kg/στρέμμα), ενώ η μεγαλύτερη τιμή (2513,9 kg/στρέμμα) ανήκει στο αγροτεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl (Πίνακας 3.11). Η διαφορά της ποσότητας νωπού βάρους του ασφέκαστου μάρτυρα με τη διαχείριση με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl

ανέρχεται στο 34,6%. Στατιστικά σημαντικές διαφορές έπειτα από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προκύπτουν μεταξύ όλων των ζιζανιοκτόνων (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα.

Πίνακας 3.11. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (ανέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο νωπό βάρος του σιταριού κατά τη 2^η μέτρηση (12 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Νωπό Βάρος (kg/στρέμμα)
Ανέκαστος Μάρτυρας	1643,2 β
Florasulam+2,4-D	2505,3 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	2513,9 α
Halauxifen-methyl+florasulam	2409,8 α
LSD _{5%}	620,406
Τιμή F	5,468
Τιμή P	0,038

3^η Μέτρηση

Η στατιστική ανάλυση του νωπού βάρους σιταριού κατά την 3^η μέτρηση υπέδειξε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ ανέκαστου μάρτυρα και λοιπών μεταχειρίσεων (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Το νωπό βάρος του ανέκαστου μάρτυρα έχει αυξηθεί κατά 38% από την 1^η μέτρηση, αλλά ακόμα διαθέτει τη μικρότερη τιμή (2340,9 kg/στρέμμα). Όσον αφορά τη μεγαλύτερη μέτρηση του νωπού βάρους (2927,6 kg/στρέμμα), αυτή ανήκει στο αγροτεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl και έχει επίσης αύξηση περίπου 38% από την αρχική δειγματοληψία (Πίνακας 3.12).

Πίνακας 3.12. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο νωπό βάρος του σιταριού κατά την 3^η μέτρηση (5 Μαΐου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικές σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Νωπό Βάρος (kg/στρέμμα)
Αψέκαστος Μάρτυρας	2340,9 β
Florasulam+2,4-D	2874,1 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	2927,6 α
Halauxifen-methyl+florasulam	2897,3 α
LSD _{5%}	402,846
Τιμή F	5,795
Τιμή P	0,033

3.5 Ξηρό βάρος φυτών σιταριού

1^η Μέτρηση

Κατά την 1^η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών σιταριού παρατηρήθηκε μεγαλύτερη τιμή στο αγροτεμάχιο με το florasulam+2,4-D (305,2 kg/στρέμμα) και μικρότερη στον αψέκαστο μάρτυρα (187,9 kg/στρέμμα), διαφορά που αγγίζει το 38,4%. Η ανάλυση διασποράς φανέρωσε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στον αψέκαστο μάρτυρα και στις άλλες τρεις μεταχειρίσεις (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) (Πίνακας 3.13).

2^η Μέτρηση

Στον πίνακα 3.14 απαντώνται οι τιμές της 2^{ης} μέτρησης του ξηρού βάρους του σιταριού στις διάφορες επεμβάσεις του πειράματος (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Η μεγαλύτερη μέτρηση ανήκει στο πειραματικό τεμάχιο όπου εφαρμόστηκε το florasulam+2,4-D και είναι 591,2 kg/στρέμμα, ενώ η μικρότερη είναι 389,7 kg/στρέμμα και ανήκει στον αψέκαστο μάρτυρα. Η στατιστική ανάλυση των

δεδομένων έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων με τον αψέκαστο μάρτυρα.

Πίνακας 3.13. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ξηρό βάρος των φυτών σιταριού κατά την 1^η μέτρηση (5 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)
Αψέκαστος Μάρτυρας	187,9 β
Florasulam+2,4-D	305,2 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	260,7 α
Halauxifen-methyl+florasulam	257,6 α
LSD _{5%}	53,240
Τιμή F	9,912
Τιμή P	0,010

Πίνακας 3.14. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ξηρό βάρος των φυτών σιταριού κατά τη 2^η μέτρηση (12 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)
Αψέκαστος Μάρτυρας	389,7 β
Florasulam+2,4-D	591,2 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	561,6 α
Halauxifen-methyl+florasulam	574,9 α
LSD _{5%}	134,476
Τιμή F	5,836
Τιμή P	0,033

3^η Μέτρηση

Ο πίνακας 3.15 αποτυπώνει τις μετρήσεις της 3^{ης} δειγματοληψίας στις 5 Μαΐου όπου φαίνεται ο ασφέκαστος μάρτυρας να έχει τη χαμηλότερη τιμή ξηρού βάρους σιταριού (848,2 kg/στρέμμα) και η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε στο αγροτεμάχιο με το halauxifen-methyl+florasulam (1088,3 kg/στρέμμα). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ξηρού βάρους σιταριού αποκαλύπτει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στον ασφέκαστο μάρτυρα και στις άλλες τρεις μεταχειρίσεις (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Από τον ασφέκαστο μάρτυρα λήφθηκε 22% λιγότερο ξηρό βάρος σιταριού σε σχέση με το βάρος που λήφθηκε από το αγροτεμάχιο με halauxifen-methyl+florasulam. Συνολικά, το ξηρό βάρος της 3^{ης} μέτρησης του ασφέκαστου μάρτυρα είναι κατά 77,8% περισσότερο από την 1^η μέτρηση. Αντίστοιχα από το πειραματικό τεμάχιο με halauxifen-methyl+florasulam λήφθηκε 76,3% περισσότερο ξηρό βάρος σιταριού κατά την 3^η μέτρηση.

Πίνακας 3.15. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (ασφέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ξηρό βάρος των φυτών σιταριού κατά την 3^η μέτρηση (5 Μαΐου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)
Ασφέκαστος Μάρτυρας	848,2 β
Florasulam+2,4-D	1049,0 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	1065,9 α
Halauxifen-methyl+florasulam	1088,3 α
LSD _{5%}	155,535
Τιμή F	6,093
Τιμή P	0,030

3.6 Απόδοση σε σπόρο και βάρος 1000 σπόρων σιταριού

Όσον αφορά την απόδοση σπόρου της καλλιέργειας η μεγαλύτερη τιμή (269,9 kg/στρέμμα) καταγράφηκε στη μεταχείριση με halauxifen-methyl+florasulam, ενώ η

εμφανώς μικρότερη τιμή (198,1 kg/στρέμμα) σημειώθηκε στον αψέκαστο μάρτυρα (Πίνακας 3.16). Η ποσοστιαία αυτή διαφορά αγγίζει το 26,6%. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων υπογραμμίζει τις σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των τριών επεμβάσεων (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) με τον αψέκαστο μάρτυρα.

Πίνακας 3.16. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στην απόδοση σπόρου της καλλιέργειας σιταριού. Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικές σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Απόδοση (kg/στρέμμα)
Αψέκαστος Μάρτυρας	198,1 β
Florasulam+2,4-D	257,5 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	250,1 α
Halauxifen-methyl+florasulam	269,9 α
LSD _{5%}	46,536
Τιμή F	5,532
Τιμή P	0,037

Στον πίνακα 3.17 διακρίνεται ότι το βάρος 1000 σπόρων είναι μεγαλύτερο κατά 1,2% στο αγροτεμάχιο που εφαρμόστηκε halauxifen-methyl+florasulam (54,1 g) σε σχέση με τη μεταχείριση με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl όπου το βάρος είχε τη μικρότερη τιμή (53,4 g). Μετά την στατιστική ανάλυση δε διαπιστώθηκαν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam).

3.7 Μήκος στάχewς σκληρού σιταριού

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.18 το μικρότερο μήκος στάχewς των φυτών σιταριού έχει τιμή 6,17 cm και απαντάται στον αψέκαστο μάρτυρα. Το μεγαλύτερο μήκος στάχewς διακρίνεται στη μεταχείριση με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl με

τιμή 6,67 cm. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές μεταχειρίσεις κυμαίνεται περίπου στο 7,5%. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που σημειώνονται από την επεξεργασία των δεδομένων αφορούν τον αψέκαστο μάρτυρα έναντι των άλλων επεμβάσεων (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam).

Πίνακας 3.17. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο βάρος 1000 σπόρων σιταριού. Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Βάρος 1000 σπόρων (g)
Αψέκαστος Μάρτυρας	53,6 α
Florasulam+2,4-D	53,8 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	53,4 α
Halauxifen-methyl+florasulam	54,1 α
LSD _{5%}	-
Τιμή F	0,123
Τιμή P	0,943

Πίνακας 3.18. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο μήκος στάχewς των φυτών σιταριού. Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Μήκος στάχewς (cm)
Αψέκαστος Μάρτυρας	6,17 β
Florasulam+2,4-D	6,64 α
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	6,67 α
Halauxifen-methyl+florasulam	6,58 α
LSD _{5%}	0,322
Τιμή F	6,351
Τιμή P	0,027

3.8 Συνολικός αριθμός ζιζανίων

Η στατιστική ανάλυση του αριθμού ζιζανίων του σιταριού που μετρήθηκαν στη τελευταία δειγματοληψία των ζιζανίων υπέδειξε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ ασφέκαστου μάρτυρα και λοιπών μεταχειρίσεων (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Ο συνολικός αριθμός ζιζανίων στο μάρτυρα έχει τη μεγαλύτερη τιμή η οποία είναι 48 ζιζάνια/m². Όσον αφορά τη μικρότερη μέτρηση του αριθμού ζιζανίων, αυτή είναι 20 ζιζάνια/m² και ανήκει στο αγροτεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl. Τα ζιζάνια που υπάρχουν στον ασφέκαστο μάρτυρα είναι 58,3% περισσότερα σε σχέση με το αγροτεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl (Πίνακας 3.19).

Πίνακας 3.19. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (ασφέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στον συνολικό αριθμό ζιζανίων της καλλιέργειας. Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Συνολικός αριθμός ζιζανίων (αριθμός/m ²)
Ασφέκαστος Μάρτυρας	48,00 α
Florasulam+2,4-D	22,00 β
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	20,00 β
Halauxifen-methyl+florasulam	23,33 β
LSD _{5%}	17,379
Τιμή F	6,890
Τιμή P	0,023

3.9 Νωπό βάρος ζιζανίων

1^η Μέτρηση

Στον πίνακα 3.20 φαίνεται πως το νωπό βάρος των ζιζανίων στον ασφέκαστο μάρτυρα έχει τη μεγαλύτερη τιμή, 1023,81 kg/στρέμμα, ενώ στο αγροτεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl συναντάται η μικρότερη μέτρηση όπου το νωπό βάρος είναι 261,23 kg/στρέμμα. Μετά τη στατιστική ανάλυση προκύπτει πως

υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στον ασφέκαστο μάρτυρα και στις υπόλοιπες επεμβάσεις του πειράματος (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Το πειραματικό τεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl έδωσε 74,5% λιγότερο νωπό βάρος ζιζανίων από τον ασφέκαστο μάρτυρα.

Πίνακας 3.20. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (ασφέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο νωπό βάρος των ζιζανίων κατά την 1^η μέτρηση (5 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Νωπό Βάρος (kg/στρέμμα)
Ασφέκαστος Μάρτυρας	1023,81 α
Florasulam+2,4-D	437,92 β
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	261,23 β
Halauxifen-methyl+florasulam	460,48 β
LSD _{5%}	419,529
Τιμή F	7,448
Τιμή P	4,308

2^η Μέτρηση

Κατά τη 2^η μέτρηση του νωπού βάρους των ζιζανίων στις 12 Απριλίου παρατηρήθηκε μεγαλύτερο νωπό βάρος στον ασφέκαστο μάρτυρα με τιμή 1618,75 kg/στρέμμα, ενώ μικρότερη μέτρηση είχε η μεταχείριση με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl με 158,73 kg/στρέμμα (Πίνακας 3.21). Η στατιστική ανάλυση έδειξε την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ του ασφέκαστου μάρτυρα με τις υπόλοιπες 3 μεταχειρίσεις του πειράματος (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Από τον ασφέκαστο μάρτυρα λήφθηκε 90% μεγαλύτερο νωπό βάρος ζιζανίων από το πειραματικό τεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl.

Πίνακας 3.21. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο νωπό βάρος των ζιζανίων κατά τη 2^η μέτρηση (12 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Νωπό Βάρος (kg/στρέμμα)
Αψέκαστος Μάρτυρας	1618,75 α
Florasulam+2,4-D	216,17 β
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	158,73 β
Halauxifen-methyl+florasulam	262,19 β
LSD _{5%}	707,443
Τιμή F	11,874
Τιμή P	0,006

3^η Μέτρηση

Στον πίνακα 3.22 διακρίνεται πως η μεγαλύτερη (1269,75 kg/στρέμμα) και η μικρότερη (39,71 kg/στρέμμα) μέτρηση νωπού βάρους ανήκουν για ακόμη μία φορά στον αψέκαστο μάρτυρα και στο αγροτεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, αντίστοιχα. Το νωπό βάρος ζιζανίων που ελήφθησαν από τον αψέκαστο μάρτυρα ήταν σχεδόν κατά 97% μεγαλύτερο από ότι στη μεταχείριση με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl. Από τη στατιστική ανάλυση δεδομένων έγινε αντιληπτή η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στον αψέκαστο μάρτυρα και στις υπόλοιπες επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πείραμα (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam).

3.10 Ξηρό βάρος ζιζανίων

1^η Μέτρηση

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση της διασποράς της ποσότητας του ξηρού βάρους ζιζανίων ανά στρέμμα σκληρού σιταριού κατά την 1^η μέτρηση στις 5 Απριλίου 2022 (Πίνακας 3.23) παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ζιζανιοκτόνων (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl,

halauxifen-methyl+florasulam) και του αψέκαστου μάρτυρα. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 52,00 ως 139,02 kg/στρέμμα, όπου η χαμηλότερη τιμή ανήκει στο πειραματικό τεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, ενώ η κατά 62,6% μεγαλύτερη τιμή ανήκει στον αψέκαστο μάρτυρα.

Πίνακας 3.22. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο νωπό βάρος των ζιζανίων κατά την 3^η μέτρηση (5 Μαΐου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Νωπό Βάρος (kg/στρέμμα)
Αψέκαστος Μάρτυρας	1269,75 α
Florasulam+2,4-D	131,17 β
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	39,71 β
Halauxifen-methyl+florasulam	266,13 β
LSD _{5%}	530,535
Τιμή F	13,807
Τιμή P	0,004

Πίνακας 3.23. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ξηρό βάρος των ζιζανίων κατά την 1^η μέτρηση (5 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)
Αψέκαστος Μάρτυρας	139,02 α
Florasulam+2,4-D	58,63 β
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	52,00 β
Halauxifen-methyl+florasulam	64,46 β
LSD _{5%}	55,809
Τιμή F	6,353
Τιμή P	0,027

2^η Μέτρηση

Όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 3.24, κατά την 2^η μέτρηση του ξηρού βάρους ζιζανίων οι τιμές κυμάνθηκαν από 43,46 έως 264,92 kg/στρέμμα με χαμηλότερη αυτή του τεμαχίου με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl και υψηλότερη στο αγροτεμάχιο με τον απέκαστο μάρτυρα. Η στατιστική επεξεργασία δεδομένων υπέδειξε την ύπαρξη στατιστικώς σημαντικών διαφορών μεταξύ των τριών επεμβάσεων (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) με τον απέκαστο μάρτυρα, ο οποίος έδωσε 83,6% μεγαλύτερο ξηρό βάρος ζιζανίων σε σχέση με τη μεταχείριση με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl.

Πίνακας 3.24. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (απέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ξηρό βάρος των ζιζανίων κατά τη 2^η μέτρηση (12 Απριλίου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)
Απέκαστος Μάρτυρας	264,92 α
Florasulam+2,4-D	44,25 β
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	43,46 β
Halauxifen-methyl+florasulam	55,06 β
LSD _{5%}	89,592
Τιμή F	17,657
Τιμή P	0,002

3^η Μέτρηση

Στην 3η μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 5 Μαΐου 2022, το μεγαλύτερο ξηρό βάρος ζιζανίων ανά στρέμμα σιταριού σημειώθηκε στο πειραματικό τεμάχιο με τον απέκαστο μάρτυρα (329,15 kg/στρέμμα), ενώ η μικρότερη μέτρηση ξηρού βάρους παρατηρήθηκε στο αγροτεμάχιο με το metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl (Πίνακας 3.25). Η ανάλυση διασποράς έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις διαφορετικές επεμβάσεις του πειράματος (απέκαστος

μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Σε σχέση με την πρώτη μέτρηση, το ξηρό βάρος ζιζανίων από τον απέκαστο μάρτυρα αυξήθηκε κατά 57,8%. Αντιθέτως, το ξηρό βάρος που προήλθε από το πειραματικό τεμάχιο με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl μειώθηκε σε ποσοστό 74,7 %.

Πίνακας 3.25. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (απέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στο ξηρό βάρος των ζιζανίων κατά την 3^η μέτρηση (5 Μαΐου 2022). Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δείχνουν μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Επεμβάσεις	Ξηρό Βάρος (kg/στρέμμα)
Απέκαστος Μάρτυρας	329,15 α
Florasulam+2,4-D	34,85 β
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	13,15 β
Halauxifen-methyl+florasulam	73,60 β
LSD _{5%}	155,535
Τιμή F	6,093
Τιμή P	0,030

3.11 Αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων έναντι των κυριότερων ζιζανίων της καλλιέργειας

Στον πίνακα 3.26 παρουσιάζεται η αποτελεσματικότητα που είχε το κάθε ζιζανιοκτόνο απέναντι στα 3 βασικά ζιζάνια (*P. rhoeas*, *A. arvensis* και *S. pecten-veneris*) που παρουσιάστηκαν στη συγκεκριμένη καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Όσον αφορά τα ζιζάνια παπαρούνα και ανθέμιδα, τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι ακριβώς τα ίδια. Η αποτελεσματικότητα και των τριών ζιζανιοκτόνων (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) ήταν 100 %.

Για το πόσο αποτελεσματικές ήταν οι διάφορες μεταχειρίσεις στο μυρόνι, η στατιστική ανάλυση υποδεικνύει την ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ όλων των επεμβάσεων (απέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-

methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam). Τα ζιζανιοκτόνα halauxifen-methyl+florasulam και florasulam+2,4-D είχαν ποσοστό αποτελεσματικότητας 40,55% και 70,98%. αντίστοιχα, ενώ τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα ενάντια στο μυρώνι είχε το ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl σε ποσοστό 87,68%.

Πίνακας 3.26. Επίδραση των 4 επεμβάσεων (αψέκαστος μάρτυρας, florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) στην αποτελεσματικότητα κατά της ανθεκτικότητας των κύριων ζιζανίων της καλλιέργειας σιταριού, *P. rhoeas*, *A. arvensis* και *S. pecten-veneris*.

Επεμβάσεις	Ποσοστό αποτελεσματικότητας (%)		
	Παπαρούνα	Ανθέμιδα	Μυρώνι
Αψέκαστος Μάρτυρας	0 β	0 β	0 δ
Florasulam+2,4-D	100 α	100 α	70,98 β
Metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl	100 α	100 α	87,68 α
Halauxifen-methyl+florasulam	100 α	100 α	40,55 γ
LSD _{5%}	-	-	15,701
Τιμή P	<0,001	<0,001	<0,001

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: Συζήτηση – Συμπεράσματα

4.1 Αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων έναντι των πλατύφυλλων ζιζανίων της καλλιέργειας σιταριού

Τα τρία ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή του πειράματος (florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, halauxifen-methyl+florasulam) αποτελούν διασυστηματικά, μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα που στοχεύουν στην καταπολέμηση πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργειες σιτηρών. Τα κύρια ζιζάνια που εμφανίστηκαν στην καλλιέργεια σιταριού του πειράματος είναι, με σημαντική αριθμητική υπεροχή το μυρώνι, το οποίο ακολουθείται από την ανθεμίδα και την παπαρούνα. Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν μετά τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας, η αποτελεσματικότητα και των τριών ζιζανιοκτόνων έναντι των ζιζανίων παπαρούνα και ανθεμίδα ήταν 100%. Η αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων φαίνεται και από το γεγονός ότι η ξηρή βιομάζα των ζιζανίων μετά την τελευταία μέτρηση εμφάνισε μείωση στα τεμάχια με τα ζιζανιοκτόνα, με τη μικρότερη βιομάζα να παρατηρείται στην επέμβαση με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, ενώ στα τεμάχια του ασφέκαστου μάρτυρα το ξηρό βάρος των ζιζανίων παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές. Κάποια από τα συμπτώματα που παρατηρήθηκαν στα ζιζάνια μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων είναι η αναστολή της ανάπτυξής τους, η χλώρωση και η παραμόρφωση των φύλλων και βλαστών τους. Επίσης, στη μεταχείριση με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl σημειώθηκαν επιπλέον ξηράνσεις στη κορυφή των φυτών.

Σε μελέτη των Karkanis et al. (2022) το ζιζανιοκτόνο florasulam+2,4-D παρουσίασε υψηλή αποτελεσματικότητα έναντι πλατύφυλλων ζιζανίων, με το ποσοστό αποτελεσματικότητας έναντι του *S. arvensis* να είναι 98%. Ωστόσο, η δράση του όπως και η δράση του halauxifen-methyl+florasulam εναντίον του μυρωνιού δεν ήταν υψηλή στο πείραμα μας, ενώ το ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl παρουσίασε υψηλή αποτελεσματικότητα (>85%) (Εικόνα 4.1). Επίσης, ο Yanev (2022) αναφέρει ότι το ζιζανιοκτόνο halauxifen-methyl+florasulam παρουσίασε ποσοστό αποτελεσματικότητας από 92,5 έως 100% έναντι των ζιζανίων ανθεμίδα και παπαρούνα με το μεγαλύτερο ποσοστό να καταγράφεται στην υψηλότερη δόση του ζιζανιοκτόνου.



Εικόνα 4.1. Η πυκνότητα του μυρωνιού στις μεταχειρίσεις με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl και halauxifen-methyl+florasulam, αντίστοιχα, κατά την τελευταία μέτρηση στις 05/05/2022.

Όσον αφορά την αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων που μελετήθηκαν έναντι άλλων πλατύφυλλων ζιζανίων, σε πείραμα το οποίο έλαβε χώρα στις περιοχές της Δομοκού και του Βελεστίου και στο οποίο αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων έναντι του ζιζανίου μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium* L.) σε καλλιέργεια σκληρού σίτου, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ζιζανιοκτόνο halauxifen-methyl+florasulam ήταν το αποτελεσματικότερο με ποσοστά που κυμαίνονταν από 89 έως 97%, ενώ αντίθετα η αποτελεσματικότητα του ζιζανιοκτόνου metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl ήταν μικρότερη από 11% (Sparangis et al. 2023).

4.2 Ανάπτυξη και απόδοση του σιταριού στις διάφορες επεμβάσεις

Όσον αφορά την επίδραση που είχαν οι επεμβάσεις με τα ζιζανιοκτόνα και ο ανταγωνισμός των ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού, ένα σύνολο διαφορετικών μετρήσεων που αφορούσαν την ανάπτυξη των φυτών καθώς και τη συνολική απόδοση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε, ώστε να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα. Από τα αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό πως ο ανταγωνισμός των ζιζανίων επηρέασε την ανάπτυξη των φυτών αλλά και την απόδοση της καλλιέργειας, ενώ δεν

παρατηρήθηκαν συμπτώματα φυτοτοξικότητας από τα ζιζανιοκτόνα που εφαρμόστηκαν κάτι που αναφέρετε και στη μελέτη των Sparangis et al. (2023).

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ορισμένοι παράμετροι όπως το ύψος των φυτών δεν επηρεάστηκε από τον ανταγωνισμό των ζιζανίων κάτι που έχει παρατηρηθεί στη μελέτη των Sparangis et al. (2023). Ανάμεσα στις διάφορες επεμβάσεις, η μικρότερη βιομάζα του σκληρού σιταριού και η μικρότερη απόδοση σε σπόρο σημειώθηκε στον αψέκαστο μάρτυρα. Σε πείραμα που πραγματοποίησαν οι Sparangis et al. (2023) για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ζιζανιοκτόνων έναντι του ζιζανίου μικρόκαρπη κολλητσίδα σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού, η υψηλότερη ξηρή βιομάζα του σιταριού, το μεγαλύτερο βάρος 1000 σπόρων καθώς και η υψηλότερη απόδοση σε σπόρο καταγράφηκε στο ζιζανιοκτόνο *halauxifen-methyl+florasulam* το οποίο καταπολέμησε αποτελεσματικά τη μικρόκαρπη κολλητσίδα, ενώ οι μικρότερες τιμές καταγράφηκαν στον αψέκαστο μάρτυρα. Σε άλλη μελέτη, οι Karkanis et al. (2022) παρατήρησαν ότι η αποτελεσματική καταπολέμηση των ζιζανίων στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν ζιζανιοκτόνα είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση των αποδόσεων. Τέλος, οι Kanatas et al. (2023) παρατήρησαν σημαντική μείωση της απόδοσης στον αψέκαστο μάρτυρα (>30%) σε σχέση με τις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων. Στο πείραμα μας, η απόδοση στον αψέκαστο μάρτυρα ήταν μικρότερη έως 26,6% σε σύγκριση με τις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων. Η μη παρατήρηση σημαντικών διαφορών μεταξύ των ζιζανιοκτόνων οφείλεται στο γεγονός ότι δεν καταγράφηκαν διαφορές στο συνολικό ξηρό βάρος των ζιζανίων.

4.3 Συμπεράσματα

Μετά το πέρας της πειραματικής διαδικασίας και σύμφωνα με τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν και που παρουσιάστηκαν παραπάνω προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων για το ύψος και τον αριθμό των αδελφιών των φυτών.
- Η μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλλης μετρήθηκε στα πειραματικά τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το *metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl*, ενώ η μικρότερη στον αψέκαστο μάρτυρα.

- Οι μικρότερες τιμές του νωπού και του ξηρού βάρους σιταριού καθώς και το μικρότερο μήκος στάχewς καταγράφηκαν στα τεμάχια του απέκαστου μάρτυρα.
- Υψηλότερη απόδοση σε σπόρο παρατηρήθηκε στις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων χωρίς να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.
- Οι μεγαλύτερες τιμές του ξηρού βάρους ζιζανίων και του αριθμού των ζιζανίων μετρήθηκαν στη μεταχείριση του απέκαστου μάρτυρα. Αντίθετα, οι μικρότερες τιμές σημειώθηκαν στις επεμβάσεις με metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl.
- Η αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων florasulam+2,4-D, metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl και halauxifen-methyl+florasulam έναντι της παπαρούνας και της ανθεμίδας ήταν 100%. Όσον αφορά για το ζιζάνιο μυρώνι, μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα παρουσίασε το ζιζανιοκτόνο metsulfuron-methyl+bensulfuron-methyl, ενώ μικρότερη το ζιζανιοκτόνο halauxifen-methyl+florasulam.

Βιβλιογραφία

❖ Ελληνική Βιβλιογραφία

Ελευθεροχωρινός Η.Γ και Γιαννοπολίτης Κ.Ν. 2009. Ζιζάνια: Οδηγός Αναγνώρισης. Εκδόσεις Αγροτύπος, Αθήνα.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2023. Κατάλογος Φυτοπροστατευτικών προϊόντων κατά καλλιέργεια. MINAGRIC database. <https://1click.minagric.gr/oneClickUI/frmFytoPro.zul> (Πρόσβαση στις 15 Μαρτίου 2023).

Παπακώστα-Τασοπούλου Δ., 2012. Σιτηρά και Ψυχανθή: Ειδική Γεωργία. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

❖ Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Adamczewski K., Kierzek R. and Matysiak K., 2014. Biotypes of scentless chamomile *Matricaria maritima* (L.) ssp. *inodora* (L.) Dostal and common poppy *Papaver rhoeas* (L.) resistant to tribenuron methyl, in Poland. Journal of plant protection research, 54(4): 401-406.

Adkins S.W., Wills D., Boersma M., Walker S.R., Robinson G., McLeod R.J. and Einam J.P., 2008. Weeds resistant to chlorsulfuron and atrazine from the north-east grain region of Australia. Weed Research 37(5): 343-349.

Akter A. and Klečka J., 2022. Water stress and nitrogen supply affect floral traits and pollination of the white mustard, *Sinapis alba* (Brassicaceae). PeerJ, 10: e13009.

Allen D.E. and Hatfield G., 2004. Medicinal plants in folk tradition: An ethnobotany of Britain and Ireland. 2nd edition. Timber Press, Portland, Cambridge, pp. 183.

Azcarate M.P., Montoya J.C. and Koskinen W.C., 2015. Sorption, desorption and leaching potential of sulfonylurea herbicides in Argentinean soils. Journal of Environmental Science and Health: Part B, 50(4): 229-237.

Behdarvand P., Chinchani G.S. and Dhumal K.N., 2012. Influences of different nitrogen levels on competition between spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). Journal of Agricultural Science, 4(12): 134-139.

- Behdarvand P., Chinchani G.S., Dhumal K.N. and Baghestani M.A., 2013. Effects of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and wild oat (*Avena ludoviciana* L.) densities on grain yield and yield components of wheat in response to various levels of nitrogen. *Advances in Environmental Biology*, pp. 1082.
- Beres B.L., Rahmani E., Clarke J.M., Grassini P., Pozniak C.J., Geddes C.M., Porker K.D., May W.E. and Ransom J.K., 2020. A systematic review of durum wheat: enhancing production systems by exploring genotype, environment, and management ($G \times E \times M$) synergies. *Frontiers in Plant Science*, 11: 568657.
- Boivin A., Amellal S., Schiavon M., Genuchten M.T., 2005. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) sorption and degradation dynamics in three agricultural soils. *Environmental Pollution*, 138(1): 92-99.
- Brigante M., Zanini G. and Avena M., 2013. Effects of montmorillonite on the chemical degradation kinetics of metsulfuron methyl in aqueous media. *Applied Clay Science*, 80-81: 211-218.
- Brucha G., Aldas-Vargas A., Ross Z., Peng P., Atashgahi S., Smidt H., Langenhoff A. and Sutton N.B., 2021. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid degradation in methanogenic mixed cultures obtained from Brazilian Amazonian soil samples. *Biodegradation*, 32: 419-433.
- Carpio A., Soriano M.A., Gomez J.A. and Tortosa F.S., 2020. The self-seeding of *Anthemis arvensis* L. for cover crop in olive groves under intense rabbit grazing. *Agronomy*, 10: 1412.
- Chen X., Li G., Kong F. and Xie G., 2005. Studies on safety of sulfonylurea herbicides to maize and degradation dynamics in soil. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, (5): 42-45.
- Chen L., Lin X., Xiao J., Tian Y., Zheng B. and Teng H., 2019. *Sonchus oleraceus* Linn protects against LPS-induced sepsis and inhibits inflammatory responses in RAW264.7 cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 236: 63-69.
- Chen C.Y., Su C.W., Li X., Liu Y., Pan Q., Cao T. and Kang J.X., 2021. Lipid extract from a vegetable (*Sonchus oleraceus*) attenuates adipogenesis and high fat diet-

- induced obesity associated with AMPK activation. *Frontiers in Nutrition*, 8, 624283.
- Cirujeda A., Recasens J., Torra J. and Taberner A., 2008. A germination study of herbicide-resistant field poppies in Spain. *Agronomy for Sustainable Development*, 28: 207-220.
- Cohen O., 2002. Studies on the genus *Scandix* L. (Apiaceae) I: *Scandix verna* spec. nov. The new identity of the common *Scandix* species in Israel. *Israel Journal of Plant Sciences*, 50: 25-35.
- Cosentino S.L., Sanzone E., Testa G., Patané C., Anastasi U. and Scordia D., 2018. Does post-anthesis heat stress affect plant phenology, physiology, grain yield and protein content of durum wheat in a semi-arid Mediterranean environment? *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205(3): 309-323.
- Dong B., Qian W. and Hu J., 2015. Dissipation kinetics and residues of florasulam and tribenuron-methyl in wheat ecosystem. *Chemosphere*, 120: 486-491.
- Environmental Protection Agency (EPA), 2005. Reregistration Eligibility Decision for 2,4-D. https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/24d_red.pdf
- European Food Safety Authority-EFSA, 2014. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance halauxifen-methyl (XDE-729 methyl). *EFSA Journal*, 12(12): 3913.
- European Food Safety Authority-EFSA, 2016. Review of the existing maximum residue levels forbansulfuron-methyl according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. *EFSA Journal*, 14(10): 4596.
- Figueiredo M.R.A., Leibhart L.J., Reicher Z.J., Tranel P.J., Nissen S.J., Westra P., Bernards M.L., Kruger G.R., Gaines T.A. and Jugulam M., 2017. Metabolism of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid contributes to resistance in a common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) population. *Wiley Online Library: Pest Management Science*, 74(10): 2356-2362.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. FAOSTAT database. <https://www.fao.org/faostat/en/> (Πρόσβαση στις 15 Μαρτίου 2023)

- Fukalova T.F., Martínez M.D.G. and Raigón M.D., 2021. Five undervalued edible species inherent to autumn-winter season: nutritional composition, bioactive constituents and volatiles profile. *PeerJ*, 9: e12488.
- Gherekhloo J., Hatami Z.M., Alcántara-de la Cruz R., Sadeghipour H.R. and De Prado R., 2018. Continuous use of tribenuron-methyl selected for cross-resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides in wild Mustard (*Sinapis arvensis*). *Weed Science*, 66(4): 424-432.
- Gomaa N.H., Hassan M.O., Fahmy G.M., González L., Hammouda O. and Atteya A.M., 2014. Allelopathic effects of *Sonchus oleraceus* L. on the germination and seedling growth of crop and weed species. *Acta Botanica Brasilica*, 28(3): 408-416.
- Gomes da Silva J.D., Galon L., Pawelkiewicz R., Franceschetti M.B., Portes J.C., Rossetto E.R.O., Perin G.F. and Müller C., 2021. Physiological and productive traits of soybean with metsulfuron-methyl application at early desiccation. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* v.56: e02496.
- Gómez J.A and Soriano M.A., 2019. Evaluation of the suitability of three autochthonous herbaceous species as cover crops under Mediterranean conditions through the calibration and validation of a temperature-based phenology model. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 291: 106788.
- Grace A., 2010. Introductory biogeography to bees of the Eastern Mediterranean and Near East. 1st edition. Bexhill Museum, Sussex, United Kingdom.
- Guarino C., De Simone L. and Santoro S., 2008. Ethnobotanical study of the Sannio Area, Campania, Southern Italy. *Ethnobotany Research & Applications*, 6: 255-317.
- Guil-Guerrero J.L., Giménez-Giménez A., Rodríguez-García I., Torija-Isasa M.E., 1999. Nutritional composition of *Sonchus species* (*S. asper* L, *S. oleraceus* L and *S. tenerrimus* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(4): 628-632.
- Guzmán C., Autrique J.E., Mondal S., Singh R.P., Govindan V., Morales-Dorantes A., Posadas-Romano G., Crossa J., Ammar K. and Peña R.J., 2016. Response to

- drought and heat stress on wheat quality, with special emphasis on bread-making quality, in durum wheat. *Field Crops Research*, 186: 157-165.
- Hassan M.O., Gomaa N.H., Fahmy G.M., González L., Hammouda O., Atteya A.M., 2014. Interactions between *Sonchus oleraceus* L. and some weeds in agroecosystems in Egypt. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(2): 221-228.
- Höfer R.J., Ayasse M. and Kuppler J., 2020. Bumblebee Behavior on Flowers, but Not Initial Attraction, Is Altered by Short-Term Drought Stress. *Frontiers in Plant Science*, 11: 564802.
- Höfer R.J., Lindner T., Ayasse M. and Kuppler J., 2023. Reduced seed set under water deficit is driven mainly by reduced flower numbers and not by changes in flower visitations and pollination. *Functional Ecology*, 37: 461–471.
- Huyan T., Li Q., Wang Y.L., Li J., Zhang J.Y., Liu Y.X., Shahid M.R., Yang H. and Li H.Q., 2016. Anti-tumor effect of hot aqueous extracts from *Sonchus oleraceus* (L.) L. and *Juniperus sabina* L. – Two traditional medicinal plants in China. *Journal of Ethnopharmacology*, 185(5): 289-299.
- Jaafarzadeh N., Ghanbari F. and Zahedi A., 2018. Coupling electrooxidation and Oxone for degradation of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) from aqueous solutions. *Journal of Water Process Engineering*, 22: 203-209.
- Janda K., Jakubczyk K., Kupnicka P., Bosiacki M. and Gutowska I., 2020. Mineral composition and antioxidant potential in the common poppy (*Papaver rhoeas* L.) Petal Infusions. *Biological Trace Element Research*, 199: 371-381.
- Jiao Q., Mu Y., Deng J., Yao X., Zhao X., Liu X., Li X., Jiang X. and Zhang F., 2022. Direct toxicity of the herbicide florasulam against *Chlorella vulgaris*: An integrated physiological and metabolomic analysis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 246: 114135.
- Kabbaj H., Sall A.T., Al-Abdallat A., Geleta M., Amri A., Filali-Maltouf A., Belkadi B., 2, Ortiz R. and Bassi F.M., 2017. Genetic diversity within a global panel of durum wheat (*Triticum durum*) landraces and modern germplasm reveals the history of alleles exchange. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1277.

- Kadereit J.W., 1990. Some suggestions on the geographical origin of the central, west and north European synanthropic species of *Papaver* L. Botanical Journal of the Linnean Society, 103(3): 221-231.
- Kanatas P., Gazoulis I., Antonopoulos N., Tataridas A. and Travlos I., 2023. The potential of a precision agriculture (PA) practice for in situ evaluation of herbicide efficacy and selectivity in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Agronomy, 13(3): 732.
- Karkanis A., Angou A., Athanasiadou D., Giannoulis K.D., Askianaki R., Kousi N., Sarridis A., Souipas S. and Karamoutis C., 2022. using post-emergence herbicides in combination with the sowing date to suppress *Sinapis arvensis* and *Silybum marianum* in durum wheat. Agronomy, 12(10): 2583.
- Karkanis A., Vellios E., Grigoriou F., Gkrimpizis T. and Giannouli P., 2018. Evaluation of efficacy and compatibility of herbicides with fungicides in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under different environmental conditions: Effects on grain yield and gluten content. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 46(2): 601-607.
- Kay Q.O.N., 1971. *Anthemis arvensis* L. Journal of Ecology. British Ecological Society, 59(2): 637-648.
- Koçak S., Karabulut K., Ertekin B., Nak H. and Cander B., 2016. Red Poppy (*Papaver Rhoeas*) Poisoning: A Report of Three Cases. Cyprus Journal of Medical Sciences, 1: 11-3.
- Kostic D.A., Mitic S.S., Mitic M.N., Zarubica A.R., Velickovic J.M., Dordevic A.S. and Randelovic S.S., 2010. Phenolic contents, antioxidant and antimicrobial activity of *Papaver rhoeas* L. extracts from Southeast Serbia. Journal of Medicinal Plants Research, 17(4): 1727-1732.
- Krieger M.S., Pillar F. and Ostrander J.A., 2000a. Effect of temperature and moisture on the degradation and sorption of florasulam and 5-hydroxyflorasulam in soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(10): 4757-4766.

- Krieger M.S., Yoder R.N. and Gibson R., 2000b. Photolytic degradation of florasulam on soil and in water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8): 3710-3717.
- Kuppler J., Wieland J., Junker R.R. and Ayasse M., 2021. Drought-induced reduction in flower size and abundance correlates with reduced flower visits by bumble bees. *AoB PLANTS*, 13(1): 1-8.
- Lafta A.A. and Hamad M.N., 2021. Isolation of Alkaloids from *Papaver rhoeas* (Papaveraceae) Wildly Grown in Iraq. *Iraqi Journal of Pharmaceutical Science*, 30(2).
- Le Gouis J., Oury F.X. and Charmet G., 2020. How changes in climate and agricultural practices influenced wheat production in Western Europe. *Journal of Cereal Science*, 93: 102960.
- Li X.Y., Liu Y.H., Wang B., Chen C.Y., Zhang H.M. and Kang J.X., 2018. Identification of a sustainable two-plant diet that effectively prevents age-related metabolic syndrome and extends lifespan in aged mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 51: 16-26.
- Lima J.M., Silva C.A., Rosa M.B., Santos J.B., Oliveira T.G. and Silva M.B., 2009. Phytochemical prospecting of *Sonchus oleraceus* and its toxicity to *Artemia salina*. *Planta Daninha* 27: 7-11.
- Liopa-Tsakalidi A., 2014. *Scandix pecten-veneris* L.: A wild green leafy vegetable. *Australian Journal of Crop Science*, 8(1): 103-108.
- Liu H., Searle I.R., Mather D.E., Able A.J. and Able J.A., 2015. Morphological, physiological and yield responses of durum wheat to pre-anthesis water-deficit stress are genotype-dependent. *Crop and Pasture Science*, 66(10): 1024-1038.
- Lou T., Wang K., Chen J., Cao J., 1 Gu T., Jiang L., Lou Y., Cao R. and Wang H., 2022. Survey reveals frequency of multiple resistance to tribenuron-methyl, bensulfuron-methyl and halosulfuron-methyl in cleavers (*Galium aparine* L.). *Agronomy*, 12(11): 2695.

- Ludwig-Müller J., Rattunde R., Rößler S., Liedel K., Benade F., Rost A. and Becker J., 2021. Two auxinic herbicides affect *Brassica napus* plant hormone levels and induce molecular changes in transcription. *Biomolecules*, 11(8): 1153.
- Lyon D.J., Burke I.C. and Campbell J.M., 2018. Integrated management of mustard species in wheat production systems. Pacific Northwest Extension Publications: Washington State University, Oregon State University, University of Idaho.
- Marsoul A., Ijjaali M., Oumous I., Bennani B. and Boukir A., 2020. Determination of polyphenol contents in *Papaver rhoeas* L. flowers extracts (soxhlet, maceration), antioxidant and antibacterial evaluation. *Materials Today: Proceedings*, 31(1): 183-189.
- Martínez-Moreno F. and Solís I., 2022. Decrease in durum wheat area and varietal change in Spain from 1888-1963. *International Journal of Agriculture and Natural Resources: Crop Production*, 49(3): 123-129.
- McCauley C.L., Johnson W.G. and Young B.G., 2018. Efficacy of halauxifen-methyl on glyphosate-resistant horseweed (*Erigeron canadensis*). *Weed Science*, 66(6): 758-763.
- Mukherjee S., Tripathi S., a, Mukherjee A.K., Bhattacharyya A. and Chakrabarti K., 2016. Persistence of the herbicides florasulam and halauxifen-methyl in alluvial and saline alluvial soils, and their effects on microbial indicators of soil quality. *European Journal of Soil Biology*, 73: 93-99.
- Mutlu A., 2022. The influence of different bacteria consortium and irrigation levels on yield and physiological attributes of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) grown under organic farming conditions. *Journal of King Saud University – Science*, 34(8): 102366.
- Ntoanidou S., Madesis P., Menexes G. and Eleftherohorinos I., 2020. Growth rate and genetic structure of *Sinapis arvensis* susceptible and herbicide resistant populations originating from Greece. *Euphytica*, 216(12): 185.
- Pala F., Erman M., Cig G. and Dilmen H., 2020. A study on weed flora and importance value index of weeds in wheat crop. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 6(1): 49-59.

- Peerzada A.M., O'Donnell C. and Adkins S., 2019. Biology, impact, and management of common sowthistle (*Sonchus oleraceus* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 41: 136.
- Pérez-Porras F.J., Torres-Sánchez J., López-Granados F. and Mesas-Carrascosa F.J., 2022. Early and on-ground image-based detection of poppy (*Papaver rhoeas*) in wheat using YOLO architectures. *Weed Science*, 1: 1-9.
- Peters K. and Gerowitt B., 2014. Response of the two rare arable weed species *Lithospermum arvense* and *Scandix pecten-veneris* to climate change conditions. *Plant Ecology*, 215: 1013–1023.
- Pubchem, 2023a. National Library of Medicine: National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11700495> (Πρόσβαση στις 8 Μαρτίου 2023).
- Pubchem, 2023b. National Library of Medicine: National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1486> (Πρόσβαση στις 8 Μαρτίου 2023).
- Pubchem, 2023c. National Library of Medicine: National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/16656802> (Πρόσβαση στις 8 Μαρτίου 2023).
- Pubchem, 2023d. National Library of Medicine: National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/52999> (Πρόσβαση στις 8 Μαρτίου 2023).
- Pubchem, 2023e. National Library of Medicine: National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/54960> (Πρόσβαση στις 8 Μαρτίου 2023).
- Rey-Caballero J., Menéndez J., Giné-Bordonaba J., Salas M., Alcántara R. and Torra J., 2016. Unravelling the resistance mechanisms to 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) in corn poppy (*Papaver rhoeas*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 133: 67-72.
- Sahraei H., Fatemi S.M., Pashaei-Rad S., Faghih-Monzavi Z., Salimi S.H. and Kamalinegad M., 2006. Effects of *Papaver rhoeas* extract on the acquisition and

- expression of morphine-induced conditioned place preference in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 103(3): 420-4.
- Scavo A., Restuccia A., Bannò M. and Mauromicale G., 2022. differentiated weed-suppressive ability of modern and old durum wheat cultivars after long-term cultivation under semi-arid climate. *Plants*, 11(23): 3368.
- Sharifi-Rad M., Tayeboon G.S., Miri A., Sharifi-Rad M., Setzer W.N., Fallah F., Kuhestani K., Tahanzadeh N. and Sharifi-Rad J., 2016. Mutagenic, antimutagenic, antioxidant, anti-lipoxygenase and antimicrobial activities of *Scandix pecten-veneris* L. *Cellular and Molecular Biology*, 62(6): 8-16.
- Shyam C., Chahal P.S., Jhala A.J. and Jugulam M., 2020. Management of glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in 2,4-D-, glufosinate-, and glyphosate-resistant soybean. *Weed Technology*, 35(1): 136-143.
- Soltani N., Shropshire C. and Sikkema P.H., 2022. Control of glyphosate-resistant horseweed with Group 4 herbicides in soybean. *Weed Technology*, 36(5).
- Sparangis P., Efthimiadou A., Katsenios N. and Karkanis A., 2023. Control of Resistant False Cleavers (*Galium spurium* L.) Population to ALS-Inhibiting Herbicides and Its Impact on the Growth and Yield of Durum Wheat. *Agronomy*, 13(4), 1087.
- Storkey J., Moss S.R. and Cussans J.W., 2010. Using assembly theory to explain changes in a weed flora in response to agricultural intensification. *Weed Science*, 58(1): 39-46.
- Su W.C., Sun L.L., Ge Y.H., Wu R.H., Xu H.L. and Lu C.T., 2018. The residual effects of bensulfuron-methyl on growth and photosynthesis of soybean and peanut. *Photosynthetica*, 56: 670-677.
- Sun L., Xu H., Hao H., An S., Lu C., Wu R. and Su W., 2019. Effects of bensulfuron-methyl residue on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in leaves of cucumber seedlings. *PLoS ONE* 14(4): e0215486.
- Tahir N.M. and Sing N.Y.J., 2006. adsorption of metsulfuron-methyl on soils under oil palm plantation: a case study. *Proceedings of the 1st International Conference on Natural Resources Engineering & Technology*. pp. 591-596.

- Tedone L., Ali S.A. and De Mastro G., 2016. Optimization of nitrogen in durum wheat in the mediterranean climate: The agronomical aspect and greenhouse gas (GHG) emissions. *Nitrogen in Agriculture – Updates*. 8, 131–162.
- Torra J. and Recasens J., 2008. Demography of corn poppy (*Papaver rhoeas*) in relation to emergence time and crop competition. *Weed Science*, 56(6): 826-833.
- Torra J., Cirujeda A., Recasens J., Taberner A. and Powles S.B., 2010. PIM (Poppy Integrated Management): A bio-economic decision support model for the management of *Papaver rhoeas* in rain-fed cropping systems. *Weed Research*, 50(2): 127-139.
- Trnka M., Rötter R.P., Ruiz-Ramos M., Kersebaum K.C., Olesen J.E., Žalud Z. and Semenov M.A., 2014. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change*, 4: 637–643.
- Vilela F.C., Padilha M., Alves-Da-Silva G., Soncini R. and Giusti-Paiva A., 2010. Antidepressant-like activity of *Sonchus oleraceus* in mouse models of immobility tests. *Journal of Medicinal Food*, 13: 219-222.
- Wahab A., Jan S.A., Rauf A., Rehman Z., Khan Z., Ahmed A., Syed F., Safi S.Z., Khan H. and Imran M., 2018. Phytochemical composition, biological potential and enzyme inhibition activity of *Scandix pecten-veneris* L. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 19: 120–129.
- Wang H., Liu X., Wu J., Huang P., Xu J. and Tang C., 2007. Impact of soil moisture on metsulfuron-methyl residues in Chinese paddy soils. *Geoderma*, 142(3-4): 325-333.
- Wang Y., Chen X., Li H., Ma Y., Zeng D., Du L. and Jin D., 2022a. Characterization and genomic analysis of a bensulfuron methyl-degrading endophytic bacterium *Proteus* sp. CD3 isolated from barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). *Frontiers in Microbiology*, 13: 1032001.
- Wang D.Q., Wang X., Zhu X.Z., Zhao H.Y. and Lin C.B., 2022b. residual characteristics and degradation dynamics of butachlor and bensulfuron methyl in agricultural fields. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 38(1): 120-125.

- Wang X., Zhang J., Liu Y., Lu C., Hou K., Huang Y., Juhasz A., Zhu L., Du Z. and Li B., 2023. Effect of florasulam on oxidative damage and apoptosis in larvae and adult zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Hazardous Materials*, 446: 130682.
- Wu M. and Hu J.Y., 2014. Anion exchange solid-phase extraction combined with high performance liquid chromatography to determine bensulfuron methyl in wheat and soil. *Asian Journal of Chemistry*, 26(24): 8387-8391.
- Xu J., Liu X., Napier R., Dong L. and Li J., 2022. Mode of action of a novel synthetic auxin herbicide halauxifen-methyl. *Agronomy*, 12(7): 1659.
- Yanev M., 2022. Herbicidal weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific Papers, Series A. Agronomy*, Vol. LXV: 613-624.
- Zanini G.P., Maneiro C., Waiman C., Galantini J.A. and Rosell R.A., 2009. Adsorption of metsulfuron-methyl on soils under no-till system in semiarid Pampean Region, Argentina. *Geoderma*, 149: 110-115.