



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑΣ

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

«Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων κατά των ζιζανίων αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.), λαφάνα (*Sinapis arvensis* L.) και μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium* L.) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού»

Δημήτριος Αραμπατζής



Επιβλέπων Καθηγητής: Ανέστης Καρκάνης (Αναπληρωτής Καθηγητής)

Βόλος, 2022

Θέμα Πτυχιακής Εργασίας:

«Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων κατά των ζιζανίων αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.), λαψάνα (*Sinapis arvensis* L.) και μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium* L.) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού»

Δημήτριος Αραμπατζής

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. Καρκάνης Ανέστης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Επιβλέπων
2. Τσιρόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής, Μέλος
3. Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής, Μέλος

Βόλος, 2022

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ζιζανιολογίας, υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Ανέστη Καρκάνη, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την ανάθεση του θέματος και την επιστημονική υποστήριξη, την καθοδήγηση και την άψογη συνεργασία τόσο κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων όσο και κατά τη συγγραφή της εργασίας. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο και τον Καθηγητή κ. Νικόλαο Δαναλάτο για τη συμμετοχή τους στη Συμβουλευτική Επιτροπή και για το χρόνο που διέθεσαν για τη μελέτη της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος Γραφημάτων	vi
Κατάλογος Εικόνων	viii
Κατάλογος Πινάκων	viii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ix
Abstarct.....	x
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή.....	1
1.1. Σιτάρι.....	1
1.1.1. Ιστορικά στοιχεία - Γενικά	1
1.1.2. Βοτανική/Μορφολογική περιγραφή	4
1.1.3. Αγρωστώδη και πλατύφυλλα ζιζάνια στην καλλιέργεια σιταριού	4
1.1.4. Έλεγχος και καταπολέμηση ζιζανίων στην καλλιέργεια σιταριού.....	5
1.2. Ζιζάνια.....	7
1.2.1. Αγριοβρώμη (<i>Avena sterilis</i> L.).....	7
1.2.2. Λαψάνα (<i>Sinapis arvensis</i> L.)	8
1.2.3. Μικρόκαρπη κολλησίδα (<i>Galium spurium</i> L.)	8
1.3. Ζιζανιοκτόνα	9
1.3.1. <i>Bromoxynil</i>	9
1.3.2. 2,4-D.....	10
1.3.3. <i>Mesosulfuron-methyl</i>	11
1.3.4. <i>Iodosulfuron-methyl-sodium</i>	12
1.3.5. <i>Pyroxsulam</i>	13
1.3.6. <i>Florasulam</i>	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Υλικά και Μέθοδοι	15
2.1. Πειραματικός αγρός	15
2.2. Πειραματικό σχέδιο	16
2.3. Καλλιεργητικά στοιχεία	17
2.3.1. Προετοιμασία εδάφους – Λίπανση	17
2.3.2. Φυτικό υλικό – Σπορά	18
2.3.3. Εφαρμογή ζιζανιοκτόνων.....	18
2.3.4. Μετρήσεις.....	19
2.4. Μετεωρολογικά δεδομένα	20
2.5. Στατιστική επεξεργασία δεδομένων	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα	24

3.1. Αριθμός αδελφιών	24
3.2. Ύψος φυτών σκληρού σιταριού	25
3.3. Συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμές SPAD)	26
3.4. Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών	27
3.5. Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών	29
3.6. Μήκος στάχυ	30
3.7. Βάρος 1000 σπόρων	31
3.8. Απόδοση σε σπόρο	31
3.9. Δείκτης συγκομιδής (Harvest Index)	32
3.10. Πυκνότητα φυτών ζιζανίων ανά m ²	33
3.11. Ξηρό βάρος ζιζανίων	36
3.12. Αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συζήτηση – Συμπεράσματα	40
4.1. Ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας	40
4.2. Αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων	44
4.2. Συμπεράσματα	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1. Παραγωγή σιταριού στον κόσμο, σε εκατομμύρια τόνους, από το 2015 έως και το 2020.....	2
Γράφημα 2. Παραγωγή σιταριού στην Ελλάδα, σε εκατομμύρια τόνους, από το 2015 έως και το 2020.....	2
Γράφημα 3. Καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι στον κόσμο, σε εκατομμύρια στρέμματα, από το 2015 έως και το 2020.....	3
Γράφημα 4. Καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι στην Ελλάδα, σε εκατομμύρια στρέμματα, από το 2015 έως και το 2020.....	3
Γράφημα 5. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.....	21
Γράφημα 6. Μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.....	21
Γράφημα 7. Ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας ανά μήνα στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.....	22
Γράφημα 8. Μέγιστες τιμές θερμοκρασίας ανά μήνα στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.....	22
Γράφημα 9. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στον αριθμό των αδελφιών σκληρού σιταριού (1 ^η μέτρηση).....	24
Γράφημα 10. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στον αριθμό των αδελφιών σκληρού σιταριού (2 ^η μέτρηση).....	25
Γράφημα 11. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ύψος των φυτών σκληρού σιταριού (1 ^η μέτρηση).....	25
Γράφημα 12. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ύψος των φυτών σκληρού σιταριού (2 ^η μέτρηση).....	26
Γράφημα 13. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στις τιμές SPAD (συγκέντρωση χλωροφύλλης) φυτών σκληρού σιταριού (1 ^η μέτρηση).....	27
Γράφημα 14. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στις τιμές SPAD (συγκέντρωση χλωροφύλλης) φυτών σκληρού σιταριού (2 ^η μέτρηση).....	27
Γράφημα 15. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο νωπό βάρος φυτών σκληρού σιταριού (1 ^η μέτρηση).....	28
Γράφημα 16. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο νωπό βάρος φυτών σκληρού σιταριού (2 ^η μέτρηση).....	28
Γράφημα 17. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών σκληρού σιταριού (1 ^η μέτρηση).....	29
Γράφημα 18. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών σκληρού σιταριού (2 ^η μέτρηση).....	30
Γράφημα 19. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο μήκος του στάχου φυτών σκληρού σιταριού.....	30

Γράφημα 20. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο βάρος 1000 σπόρων σκληρού σιταριού.	31
Γράφημα 21. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην απόδοση σε σπόρο φυτών σκληρού σιταριού.	32
Γράφημα 22. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στον δείκτη συγκομιδής.	32
Γράφημα 23. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών κολλητσίδας.	33
Γράφημα 24. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών λαψάνας.	33
Γράφημα 25. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών αγριοβρώμης.	34
Γράφημα 26. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών ζιζανίων εκτός από κολλητσίδα, λαψάνα και αγριοβρώμη.	35
Γράφημα 27. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών ζιζανίων.	35
Γράφημα 28. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών κολλητσίδας.	36
Γράφημα 29. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών λαψάνας.	36
Γράφημα 30. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών αγριοβρώμης.	37
Γράφημα 31. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών ζιζανίων εκτός από κολλητσίδα, λαψάνα και αγριοβρώμη.	38
Γράφημα 32. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών ζιζανίων.	38
Γράφημα 33. Αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων.	39
Γράφημα 34. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σε σπόρο και του ξηρού βάρους της μικρόκαρπης κολλητσίδας.	42
Γράφημα 35. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σε σπόρο και του ξηρού βάρους άλλων ζιζανίων.	42
Γράφημα 36. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σε σπόρο και του ξηρού βάρους του συνόλου των ζιζανίων.	43
Γράφημα 37. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους της καλλιέργειας και του ξηρού βάρους του συνόλου των ζιζανίων.	43

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Φυτό αγριοβρώμης σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.	7
Εικόνα 2. Φυτό λαψάνας στο στάδιο των 4 φύλλων.	8
Εικόνα 3. Φυτά μικρόκαρπης κολλητσίδας σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.	9
Εικόνα 4. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου bromoxynil.	10
Εικόνα 5. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου 2,4-D.	11
Εικόνα 6. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl.	12
Εικόνα 7. Απεικόνιση χημικής δομής ζιζανιοκτόνου iodosulfuron-methyl-sodium.	13
Εικόνα 8. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου pyroxsulam.	13
Εικόνα 9. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου florasulam.	14
Εικόνα 10. Τοποθεσία πειραματικού αγρού.	15
Εικόνα 11. Πειραματικό τεμάχιο – Διαστάσεις 2 x 25 m.	16
Εικόνα 12. Πειραματικός αγρός στις 7 Μαρτίου του 2021 στο στάδιο του αδελφώματος του σκληρού σιταριού.	16

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Χημικές και φυσικές ιδιότητες εδάφους πειραματικού αγρού.	15
Πίνακας 2. Πειραματικό σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με 4 επεμβάσεις και 3 επαναλήψεις.	17

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην καλλιέργεια του σιταριού αρκετά αγρωστώδη και πλατύφυλλα ζιζάνια επιδρούν αρνητικά και όταν δεν καταπολεμούνται, ενώ οι απώλειες στην απόδοση της καλλιέργειας μπορούν να είναι μεγάλες, ανάλογα με την πυκνότητα των ζιζανίων και τη διάρκεια του ανταγωνισμού. Η αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.) αποτελεί ένα από τα κυριότερα και πιο οικονομικά ζημιογόνα αγρωστώδη ζιζάνια σε καλλιέργειες σιταριού πολλών χωρών, ενώ στη χώρα μας σημαντικά ζιζάνια είναι τα πλατύφυλλα είδη λαψάνα (*Sinapis arvensis* L.) και μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium* L.). Σκοπός της παρούσας πτυχιακής διατριβής είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων κατά των τριών προαναφερθέντων ζιζανίων. Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε πείραμα αγρού στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021, με βάση το πειραματικό σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τέσσερις επεμβάσεις και τρεις επαναλήψεις. Πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω επεμβάσεις: 1) μάρτυρας με ζιζάνια, 2) bromoxynil+2,4-D και mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, 3) pyroxsulam και florasulam+2,4-D και 4) pyroxsulam+florasulam. Τα αποτελέσματα της πειραματικής καλλιέργειας έδειξαν ότι η μεγαλύτερη ανάπτυξη της καλλιέργειας (αριθμός αδελφιών, ύψος φυτών, συγκέντρωση χλωροφύλλης, βιομάζα καλλιέργειας) και η υψηλότερη απόδοση (μήκος στάχυ, βάρος 1000 σπόρων, απόδοση σε σπόρο) καταγράφηκε στο μίγμα των ζιζανιοκτόνων bromoxynil+2,4-D και mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium. Και για τα τρία ζιζανιοκτόνα καταγράφηκε πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα για την αγριοβρώμη, ενώ για τη λαψάνα τα πρώτα δύο είχαν αποτελεσματικότητα 100%, με το τρίτο να έχει λίγο μικρότερη αποτελεσματικότητα. Ακόμη, για την επέμβαση bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium καταγράφηκε πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα (93,6%) για τη μικρόκαρπη κολλητσίδα, ενώ το ζιζάνιο αυτό δεν καταπολεμήθηκε από υπόλοιπα ζιζανιοκτόνα.

Abstract

In wheat cultivation, several grasses and broadleaf weeds have a negative effect and when not controlled, crop yield losses can be large depending on weed density and the duration of the competition. In several countries, wild oat (*Avena sterilis* L.) is one of the main and most economically damaging grass weed in wheat crops, while in our country the broad-leaved weeds wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and false cleavers (*Galium spurium* L.) commonly found in wheat cultivation. The purpose of this experiment was to evaluate the efficacy of three post-emergence herbicides against the above-mentioned weeds. Thus, a field experiment was carried out, during the growing season 2020-2021, according to randomized complete block design with three replications and four treatments (1. weedy control, 2. bromoxynil+2,4-D and mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, 3. pyroxsulam and florasulam+2,4-D, 4. pyroxsulam+florasulam). Our results showed that the greatest values of growth parameters (number of tillers, plant height, chlorophyll concentration, and dry biomass) and the highest yield (1000-seed weight, ear length, and seed yield) was measured in the mixture of herbicides bromoxynil+2,4-D and mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-methyl-sodium. The evaluated herbicides provided high efficacy against wild oat, while their efficacy against wild mustard was excellent (100%) only for the first two herbicides, while the third had a slightly lower efficacy. Moreover, the mixture of the herbicides bromoxynil+2,4-D and mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium provided high efficacy (93.6%) against false cleavers, while this weed was not controlled by the other herbicides.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

1.1. Σιτάρι

1.1.1. Ιστορικά στοιχεία - Γενικά

Η καλλιέργειά του σιταριού ξεκίνησε από τους προϊστορικούς χρόνους από μία περιοχή στη Μέση Ανατολή που περιλαμβάνει τις λεκάνες των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη και εξαπλώνεται από την Ιορδανία και τον Λίβανο ως τη Συρία, το Ιράκ και το Ιράν. Το σιτάρι έχει αναγνωριστεί ως πρωταρχικό συστατικό της ανθρώπινης διατροφής στον αρχαίο κόσμο κατά την Εποχή του Χαλκού και τη Νεολιθική Εποχή (Arzani & Ashraf, 2017).

Το σιτάρι ανήκει στο γένος *Triticum*. Από τα είδη που συνεχίζουν να καλλιεργούνται σήμερα το πιο διαδεδομένο παγκοσμίως είναι το *Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*, το μαλακό σιτάρι, που χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή ψωμιού. Ακολουθεί με μεγάλη διαφορά το *Triticum durum* Desf., το σκληρό σιτάρι, από το οποίο παράγεται το σιμιγδάλι, που χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή ζυμαρικών (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

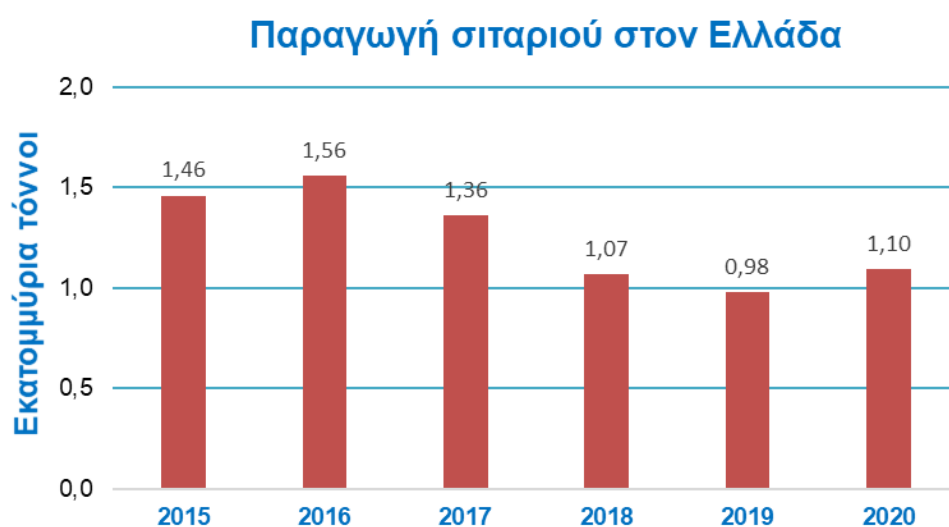
Το σιτάρι αποτελεί το πιο διαδεδομένο καλλιεργούμενο σιτηρό στον κόσμο. Η σπορά του πραγματοποιείται το φθινόπωρο, αλλά σε περιοχές με δριμείς χειμώνες καλλιεργείται ως εαρινό φυτό. Αποτελεί την πρώτη καλλιέργεια σε ότι αφορά την καλλιεργούμενη έκταση, ακολουθούμενη από το καλαμπόκι και το ρύζι, ενώ σε ότι αφορά την ετήσια παραγωγή, το 2020 βρίσκονταν στην τρίτη θέση, μετά το ζαχαροκάλαμο και το καλαμπόκι (FAO 2020). Σε παγκόσμιο επίπεδο η παραγωγή του σιταριού, σε εκατομμύρια τόνους, το 2020 ήταν 25, 118, 348, 255 και 15 για την Αφρική, την Αμερικανική ήπειρο, την Ασία, την Ευρώπη και την Ωκεανία, αντίστοιχα. Διαφορές παρατηρούνται και στις μέσες αποδόσεις ανά ήπειρο, με την απόδοση σε kg/στρέμμα να είναι 253, 328, 342, 414 και 151 για την Αφρική, την Αμερικανική ήπειρο, την Ασία, την Ευρώπη και την Ωκεανία, αντίστοιχα (FAO 2020). Τα τελευταία 35 χρόνια η παραγωγή σιταριού αυξήθηκε κατά περίπου 30%, αν και η καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι μειώθηκε το ίδιο χρονικό διάστημα κατά περίπου 7%. Αυτό οφείλεται στη

δημιουργία ποικιλιών με υψηλή απόδοση και στη βελτίωση των καλλιεργητικών πρακτικών (Karkanis et al., 2018).

Σε ότι αφορά την παγκόσμια παραγωγή σιταριού αυτή ήταν 742 εκατομμύρια τόνοι το 2016, ενώ το 2020 η παραγωγή ήταν αυξημένη κατά 2,6% στους 761 εκατομμύρια τόνους (Γράφημα 1). Στην Ελλάδα η παραγωγή σιταριού το 2020 ήταν 1,10 εκατομμύρια τόνοι, μειωμένη κατά περίπου 25% σε σύγκριση με την παραγωγή του 2016 (Γράφημα 2).



Γράφημα 1. Παραγωγή σιταριού στον κόσμο (εκατομμύρια τόνοι), από το 2015 έως και το 2020 (FAO 2020).



Γράφημα 2. Παραγωγή σιταριού στην Ελλάδα, σε εκατομμύρια τόνους, από το 2015 έως και το 2020 (FAO 2020).

Σε ότι αφορά την καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι στον κόσμο, αυτή ήταν το 2020 2190 εκατομμύρια στρέμματα, παρουσιάζοντας μία μείωση σε σχέση με την έκταση καλλιέργειας το 2016 περίπου 2% (Γράφημα 3). Στην Ελλάδα η καλλιεργήσιμη έκταση σιταριού το 2020 ήταν 3,56 εκατομμύρια στρέμματα, μειωμένη κατά περίπου 29% σε σχέση με την έκταση του 2016 (Γράφημα 4).



Γράφημα 3. Καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι στον κόσμο, σε εκατομμύρια στρέμματα, από το 2015 έως και το 2020 (FAO 2020).



Γράφημα 4. Καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι στην Ελλάδα, σε εκατομμύρια στρέμματα, από το 2015 έως και το 2020 (FAO 2020).

1.1.2. Βοτανική/Μορφολογική περιγραφή

Το ριζικό σύστημα του σκληρού σιταριού όπως και σε άλλα μονοκοτυλήδωνα φυτά είναι θυσσανώδες και αποτελείται από τις εμβρυακές και τις μόνιμες ρίζες. Περισσότερο εκτεταμένο ριζικό σύστημα εμφανίζουν οι χειμερινοί τύποι σιταριού, ενώ αυτό δεν σχετίζεται με το ύψος των φυτών που εξαρτάται από τον γονότυπο. Ο βλαστός (καλάμι) είναι κυλινδρικός, κοίλος στο εσωτερικό του, με συμπαγή γόνατα. Τα φύλλα έχουν παράλληλα νεύρα και αποτελείται από τον κολεό και το έλασμα, ενώ η ταξιανθία είναι στάχυς. Σε ξηροθερμικά κλίματα έχουμε ποικιλίες με άγανα, ενώ σε εύκρατα κλίματα ο στάχυς δεν έχει άγανα. Ο καρπός είναι καρύωση (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

1.1.3. Αγρωστώδη και πλατύφυλλα ζιζάνια στην καλλιέργεια σιταριού

Τα ζιζάνια μπορεί να μειώσουν την απόδοση του χειμερινού σιταριού έως και 23% κατά μέσο όρο παγκοσμίως (Gaba et al., 2016). Τα κυριότερα αγρωστώδη ζιζάνια στην καλλιέργεια σιταριού είναι: *Lolium* spp. (ήρα), *Alopecurus* spp. (αλεπονουρά), *Phalaris* spp. (φάλαρη), *Avena* spp. (αγριοβρώμη) και *Bromus* spp. (βρόμος), ενώ τα κυριότερα πλατύφυλλα ζιζάνια είναι: *Sinaris* spp. (σινάπια), *Papaver rhoeas* (παπαρούνα), *Veronica* spp. (βερόνικα), *Gallium* spp. (κολλητσίδα), *Stelaria media* (στελλάρια), *Polygonum aviculare* (πολυκόμπι), *Fumaria* spp. (καπνόχορτο), *Cirsium arvense* (κίρσιο), *Capsela bursa-pastoris* (καφέλλα), *Chenopodium album* (λουβουδιά) (Alizade et al., 2021; Awan et al., 2021; Chhokar et al., 2012; Ελευθεροχωρινός, 2014).

Όταν τα ζιζάνια δεν καταπολεμούνται, οι απώλειες στην απόδοση της καλλιέργειας του σιταριού μπορούν να είναι μεγάλες ανάλογα με την πυκνότητα των ζιζανίων και τη διάρκεια του ανταγωνισμού (Oerke, 2006). Η αγριοβρώμη (*Avena sterilis*) αποτελεί ένα από τα πιο ανθεκτικά και οικονομικά ζημιογόνα αγρωστώδη ζιζάνια σε καλλιέργειες σιταριού πολλών χωρών, όπως η Αυστραλία, η Ινδία, το Ιράν και οι ΗΠΑ, ενώ στη Δυτική Ασία το *Hordeum spontaneum* (αγριοκρίθαρο) είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα και με μεγάλη οικονομική σημασία ζιζάνια στις χειμερινές καλλιέργειες σιταριού και μπορεί να

προκαλέσει έως και 38% μείωση στην απόδοση της καλλιέργειας (Alizade et al., 2021).

Ο έλεγχος των ζιζανίων στη συγκεκριμένη καλλιέργεια μπορεί να γίνει με διάφορες καλλιεργητικές μεθόδους, όμως η χημική καταπολέμηση υπερτερεί έναντι των καλλιεργητικών μεθόδων. Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων για την αντιμετώπιση των ζιζανίων είναι πολύ αποτελεσματική και αποδοτική σε ότι αφορά τόσο το κόστος όσο και τα οφέλη στην παραγωγή. Ωστόσο, η επαναλαμβανόμενη, εκτεταμένη και εντατική χρήση ζιζανιοκτόνων οδήγησε στην εξέλιξη και εξάπλωση ζιζανίων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα σε πολλές καλλιέργειες (Ελευθεροχωρινός, 2014; Alizade et al., 2021). Μάλιστα, το σιτάρι κατέχει την πρώτη θέση σε αναφερόμενο αριθμό ειδών ζιζανίων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα, συνολικά 74 είδη, σύμφωνα με την διεθνή βάση δεδομένων International Herbicide-Resistant Weed Database (Heap, 2022).

1.1.4. Έλεγχος και καταπολέμηση ζιζανίων στην καλλιέργεια σιταριού

Ο έλεγχος και η καταπολέμηση των ζιζανίων στην καλλιέργεια του σιταριού γίνεται με διάφορα προληπτικά και καλλιεργητικά μέτρα καθώς και με ζιζανιοκτόνα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Το βοτάνισμα/τσάπισμα, δηλαδή η απομάκρυνση των ζιζανίων με το χέρι ή με τσάπα, παρότι είναι μία αειφορική και αποτελεσματική διαδικασία έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί γιατί έχει αυξημένο κόστος, είναι χρονοβόρα και υπάρχει έλλειψη εργατικού δυναμικού (Imran & Amanullah, 2021; Shahzad, Jabran, et al., 2021).

Στα προληπτικά μέτρα περιλαμβάνονται ο προσεκτικός καθαρισμός εργαλείων και μηχανημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε περιοχές μολυσμένες από ζιζάνια, η καταστροφή των ζιζανίων που συναντάμε στα περιθώρια των αγρών και η χρησιμοποίηση σπόρου σποράς απαλλαγμένου από σπόρους ζιζανίων (Ελευθεροχωρινός, 2014).

Η δημιουργία ποικιλιών σιταριού με αυξημένη ανταγωνιστική ικανότητα αποτελεί ένα από τα καλλιεργητικά μέτρα για την καταπολέμηση των ζιζανίων (Kissing Kucek et al., 2021). Στα καλλιεργητικά μέτρα περιλαμβάνεται η εφαρμογή αμειψισποράς (εναλλαγή καλλιεργειών με διαφορετικό βιολογικό

κύκλο), η μεταβολή της πυκνότητας της καλλιέργειας (συνήθως η αύξησή της) και η ρύθμιση του χρόνου σποράς (Nath et al., 2022; Shahzad, Hussain, et al., 2021; Sharma et al., 2021;). Σύμφωνα με τους Karkanis et al. (2016) στις καλλιέργειες σιταριού σε μεσογειακές χώρες τόσο η πρώιμη σπορά στα τέλη Οκτωβρίου όσο και η όψιμη σπορά τον Δεκέμβριο μπορούν να μειώσουν την ανταγωνιστικότητα του σιταριού έναντι των ζιζανίων. Ακόμη στα καλλιεργητικά μέτρα περιλαμβάνεται η χρήση οργανισμών με αλληλοπαθητική δράση, δηλαδή οργανισμών που έχουν ικανότητα παραγωγής και έκκρισης ουσιών που αναστέλλουν το φύτρωμα ή την ανάπτυξη των ζιζανίων (Ελευθεροχωρινός, 2014). Τα ευρήματα της έρευνας των Raza et al. (2021) έδειξαν ότι η συνδυασμένη εφαρμογή αλληλοπαθητικών ριζοβακτηριδίων και αλληλοπαθητικού εκχυλίσματος σόργου ήταν αποτελεσματική για τον έλεγχο των ζιζανίων και τη βελτίωση της ανάπτυξης και των χαρακτηριστικών απόδοσης καλλιέργειας σιταριού. Τέλος, σημαντικό ρόλο παίζει και η καλή προετοιμασία του εδάφους για σπορά και η ορθή λίπανση (Nath et al., 2022; Petroselli et al., 2021). Σε πείραμα των Behdarvand et al. (2014) η εφαρμογή της αζωτούχου λίπανσης αύξησε την ανταγωνιστικότητα της λαφάνας και μείωσε την απόδοση σε σπόρο. Πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι η αποτελεσματικότητα των καλλιεργητικών μεθόδων επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Η χημική μέθοδος καταπολέμησης των ζιζανίων, δηλαδή η χρήση ζιζανιοκτόνων πλεονεκτεί έναντι των άλλων μεθόδων γιατί αυτά παρέχουν τη δυνατότητα αντιμετώπισης φυτρωμένων ζιζανίων σε μη γραμμικές καλλιέργειες, όπως είναι το σιτάρι, και επιτρέπουν τον έλεγχο των ζιζανίων στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών της καλλιέργειας, ενώ έχουν ευρύ φάσμα δράσης, ταχύτερη και μεγαλύτερης διάρκειας δράση και έναντι των πολυετών ζιζανίων είναι αποτελεσματικότερα.

Η χρήση των ζιζανιοκτόνων παρουσιάζει και μειονεκτήματα, όπως η πιθανή μειωμένη δράση λόγω διαφόρων παραγόντων, η πρόκληση φυτοτοξικότητας στην καλλιέργεια, η ρύπανση υπόγειων και επιφανειακών νερών λόγω έκπλυσης και απορροής και η ανάπτυξη ανθεκτικότητας στους πληθυσμούς των ζιζανίων (Ελευθεροχωρινός, 2014).

1.2. Ζιζάνια

1.2.1. Αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.)

Η αγριοβρώμη είναι μονοετές, αγρωστώδες, χειμωνιάτικο ζιζάνιο (Εικόνα 1), και θεωρείται ως ένα από τα πιο ανταγωνιστικά ζιζάνια σε καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα προκαλώντας σημαντικές απώλειες στη απόδοση των καλλιεργειών (Castillejo-González et al., 2019). Πολλαπλασιάζεται μόνο με σπόρο. Ένα μέρος των σπόρων ωριμάζει νωρίτερα από το σιτάρι και πέφτει στο έδαφος, όπου μπορεί να περάσει μία περίοδο λήθαργου έως 7 χρόνια, ενώ το υπόλοιπο των σπόρων πέφτει στο χωράφι κατά τον θερισμό ή μολύνει τον συγκομιζόμενο σπόρο του σιταριού (Λόλας, 2014). Στην Ελλάδα είναι το σημαντικότερο ζιζάνιο στα χειμερινά δημητριακά, μάλιστα ανιχνεύθηκε στα περισσότερα χωράφια της κεντρικής Ελλάδας με σιτάρι (83-91%) κατά την ωρίμανση της καλλιέργειας (Papapanagiotou et al., 2020). Σε πειράματα που έγιναν στη Βόρεια Ελλάδα η παρουσία της αγριοβρώμης μείωσε την απόδοση σε σπόρο σιταριού κατά 26%, ενώ στην Αυστραλία η παρουσία 16 φυτών αγριοβρώμης ανά m² μείωσε την απόδοση κατά 50% (Dhima & Eleftherohorinos, 2005; Mahajan & Chauhan, 2021).



Εικόνα 1. Φυτό αγριοβρώμης σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

1.2.2. Λαψάνα (*Sinapis arvensis* L.)

Η λαψάνα ή αγριοσινάπι ή βρούβα είναι μονοετές, πλατύφυλλο, χειμωνιάτικο ζιζάνιο (Εικόνα 2). Πολλαπλασιάζεται με σπόρο από το φθινόπωρο έως αργά την άνοιξη. Η αύξησή της είναι συνεχής και μπορεί να παράγει καρπούς και σπόρο έως ότου καταστραφεί από παγετό ή άλλη αιτία (Λόλας, 2014). Το ύψος κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως περίπου 80 εκατοστά ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ στη Ρωσία σε πυκνότητα 32 ζιζανίων/m² υπήρξε μηδενισμός της απόδοσης σε σπόρο (Zargar et al., 2021)



Εικόνα 2. Φυτό λαψάνας στο στάδιο των 4 φύλλων.

1.2.3. Μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium* L.)

Η μικρόκαρπη κολλητσίδα είναι μονοετές, πλατύφυλλο, χειμωνιάτικο ζιζάνιο (Εικόνα 3). Ο βλαστός του φυτού είναι τετράγωνος και έρπει στο έδαφος ή αναρριχάται σε άλλα φυτά (Λόλας, 2014). Τα είδη του γένους *Galium* spp. είναι από τα πιο κοινά και σημαντικά ετήσια πλατύφυλλα ζιζάνια, κυρίως στο σιτάρι, που καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο. Τα τρία είδη που απαντώνται συνήθως στην Ελλάδα, είναι τα *G. spurium* L. (μικρόκαρπη κολλητσίδα), *G. aparine* L. (μεγλόκαρπη κολλητσίδα) και *G. tricornutum* Dandy (κυρτόκαρπη κολλητσίδα), ενώ το *G. spurium* είναι το κυρίαρχο είδος (Paparagioiotou et al., 2019).



Εικόνα 3. Φυτά μικρόκαρπης κολλητσίδας σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

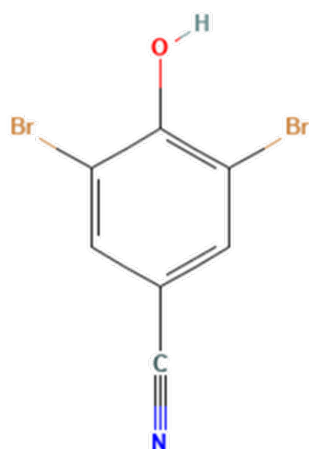
1.3. Ζιζανιοκτόνα

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της χημικής καταπολέμησης των ζιζανίων αγριοβρώμη, λαψάνα και μικρόκαρπη κολλητσίδα σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω ζιζανιοκτόνα: Brominal Nuevo (δραστικές ουσίες **bromoxynil** και **2,4-D**), Atlantis OD (δραστικές ουσίες **mesosulfuron-methyl** και **iodosulfuron-methyl-sodium**), Broadway 85WG (δραστικές ουσίες **pyroxsulam** και **florasulam**), Senior 75WG (δραστική ουσία **pyroxsulam**) και Mustang 306SE (δραστικές ουσίες **florasulam** και **2,4-D**).

1.3.1. *Bromoxynil*

Το bromoxynil (3,5-διβρωμο-4-υδροξυβενζονιτρίλιο) είναι ζιζανιοκτόνο της ομάδας των υδροξυβενζονιτριλίων (Εικόνα 4). Αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για τον μεταφυτρωτικό έλεγχο των ετήσιων πλατύφυλλων ζιζανίων, ως πιθανό

υποκατάστατο της ατραζίνης που έχει απαγορευτεί σε πολλές χώρες (Knossow et al., 2020).



Εικόνα 4. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου bromoxynil (PubChem, 2022).

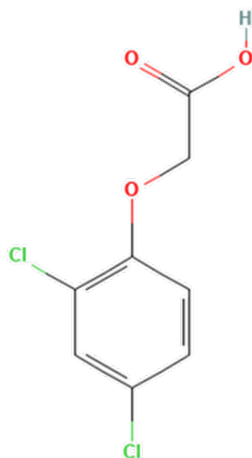
Εφαρμόζεται κυρίως μεταφυτρωτικά, πριν τα ζιζάνια ξεπεράσουν τα 4 φύλλα και χαρακτηρίζεται από περιορισμένη διελασματική δράση (ζιζανιοκτόνο επαφής). Προκαλεί την εμφάνιση χλωρωτικών και νεκρωτικών κηλίδων μέσα σε δύο ημέρες μετά τον ψεκασμό. Το bromoxynil δρα ως παρεμποδιστής της μεταφοράς ηλεκτρονίων από το φωτοσύστημα II στο φωτοσύστημα I και η εκλεκτική τοξικότητά του οφείλεται μερικώς στη μειωμένη απορρόφησή του από τα σιτηρά και κυρίως στην ικανότητά τους να το μεταβολίζουν μέσω υδρόλυσης (Carpenter et al., 1964; Ελευθεροχωρινός, 2014; Ζιώγας & Μαρκόγλου, 2017).

Δεν παρουσιάζει δράση από εδάφους γιατί ο χρόνος παραμονής στο έδαφος είναι μικρός. Σύμφωνα με τους Chen et al. (2011) και τους Cessna et al. (2017) ο χρόνος ημιζωής κυμαίνεται από 4,1 έως 10 ημέρες, ενώ σε άλλη έρευνα αναφέρεται ότι ο χρόνος ημιζωής του bromoxynil είναι μικρότερος από 1 ημέρα, ανεξάρτητα από το όργωμα ή το βάθος (Zablotowicz et al. 2009).

1.3.2. 2,4-D

Το 2,4-D ((2,4-διχλωροφαινοξυ)οξικό οξύ) είναι ένα ζιζανιοκτόνο που ανήκει στη οικογένεια των φαινοξυαλκανοϊκών οξέων (Εικόνα 5). Δημιουργήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1940 και αποτελεί μέχρι σήμερα ένα ευρέως

διαδεδομένο ζιζανιοκτόνο και χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για τον έλεγχο διάφορων πλατύφυλλων ζιζανίων (Peterson et al., 2016).



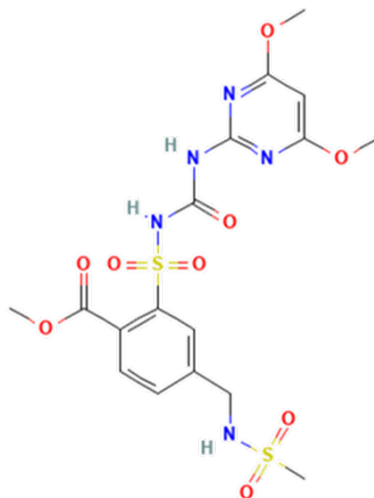
Εικόνα 5. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου 2,4-D (PubChem, 2022).

Το 2,4-D είναι διασυστηματικό ζιζανιοκτόνο και εφαρμόζεται μεταφυτρωτικά. Αν και ο μηχανισμός δράσης του είναι πολύπλοκος, είναι όμως ανάλογο του μηχανισμού των αυξινών και έχει ως αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη και τη νέκρωση για τα ευαίσθητα φυτά (Carles et al., 2021). Ο χρόνος ημιζωής του συγκεκριμένου ζιζανιοκτόνου στο έδαφος είναι σύμφωνα με τους Peterson et al. (2016) περίπου 6 ημέρες, ενώ ο αντίστοιχος χρόνος στο νερό κυμαίνεται από 10 έως 50 ημέρες (Ordaz-Guillén et al., 2014). Ακόμη, το 2,4-D και οι κύριοι μεταβολίτες της αποικοδόμησής του προκαλούν μη ειδικές τοξικές επιδράσεις σε οργανισμούς μη στόχους (Magnoli et al., 2020).

1.3.3. Mesosulfuron-methyl

Το mesosulfuron-methyl είναι ένα ζιζανιοκτόνο που ανήκει στην ομάδα των σουλφονουριών, μιας ομάδας ζιζανιοκτόνων που από το 1982 που πρωτοεμφανίστηκαν είναι τα πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενα ζιζανιοκτόνα εδάφους και φυλλώματος για την καταπολέμηση ετήσιων και πολυετών ζιζανίων σε διάφορες καλλιέργειες (Εικόνα 6). Αυτά δρουν ως παρεμποδιστές της δράσης του ενζύμου οξικογαλακτική συνθάση στη βιοσυνθετική οδό των αμινοξέων βαλίνη, λευκίνη και ισολευκίνη (Anthimidou et al., 2020). Η

μακρόχρονη χρήση των ζιζανιοκτόνων αυτής της ομάδας συνέβαλε στην εμφάνιση 169 ανθεκτικών ειδών ζιζανίων (Heap, 2022).



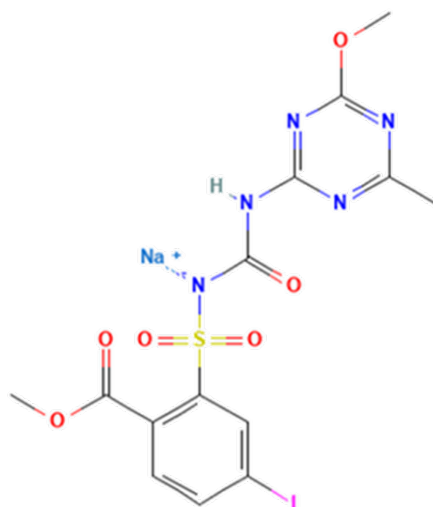
Εικόνα 6. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl.

Το mesosulfuron-methyl εφαρμόζεται μετά το φύτεμα της καλλιέργειας για την καταπολέμηση τόσο αγρωστωδών όσο και πλατύφυλλων ζιζανίων στα χειμερινά σιτηρά. Είναι διασυστηματικό ζιζανιοκτόνο που απορροφάται κυρίως από τα φύλλα και μετακινείται στους μεριστωματικούς ιστούς των φυτών. Η δράση του εκδηλώνεται μέσα σε λίγες ημέρες αναστέλλοντας την αύξηση των φυτών και προκαλώντας αυξημένη σύνθεση ανθοκυανινών, χλώρωση των φύλλων και νέκρωση των φυτών σε 2-4 εβδομάδες (Ελευθεροχωρινός, 2014; Ζιώγας & Μαρκόγλου, 2017). Ο χρόνος ημιζωής του mesosulfuron-methyl είναι 10-38 ημέρες (Cessna et al., 2017).

1.3.4. Iodosulfuron-methyl-sodium

Το iodosulfuron-methyl-sodium ανήκει στην ομάδα των σουλφονουριδίων, όπως και το mesosulfuron-methyl (Εικόνα 7). Το ζιζανιοκτόνο αυτό εφαρμόζεται μαζί με τον αντιφυτοτοξικό παράγοντα mefenpyr-diethyl ώστε να αυξηθεί η εκλεκτικότητά του, χωρίς να επηρεάζεται η δραστηριότητά του. Έχει αποτελεσματική μεταφυτρωτική ζιζανιοκτόνο δράση σε σημαντικά αγρωστώδη και πλατύφυλλα ζιζάνια που εμφανίζονται σε καλλιέργειες σιτηρών, ενώ η εκλεκτικότητά του οφείλεται στον διαφορετικό βαθμό μεταβολισμού. Ο χρόνος

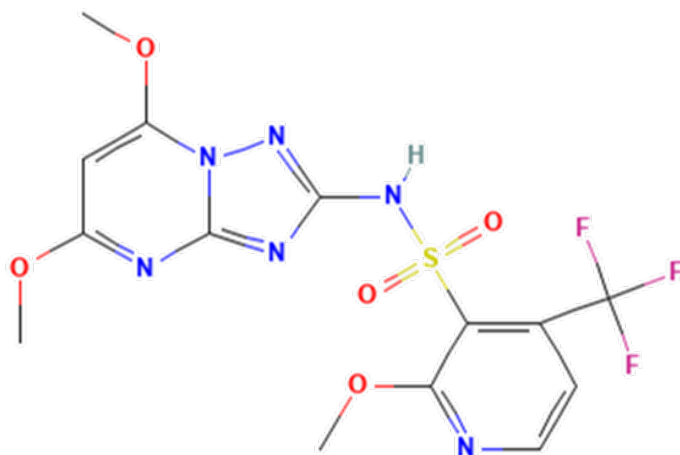
ημιζωής του iodosulfuron-methyl-sodium στο έδαφος κυμαίνεται από 30 έως 60 ημέρες (Rouchaud et al., 2003).



Εικόνα 7. Απεικόνιση χημικής δομής ζιζανιοκτόνου iodosulfuron-methyl-sodium.

1.3.5. Pyroxsulam

Το pyroxsulam είναι ένα ζιζανιοκτόνο που ανήκει στην ομάδα των τριαζολοπυριμιδινών και δρουν κι αυτές ως παρεμποδιστές της δράσης της οξικογαλακτικής συνθάσης στη βιοσυνθετική οδό της βαλίνης, λευκίνης και ισολευκίνης (Εικόνα 8). Χρησιμοποιείται για την μεταφυτρωτική καταπολέμηση αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργειες σιταριού (Abdel-Wahab et al., 2021).

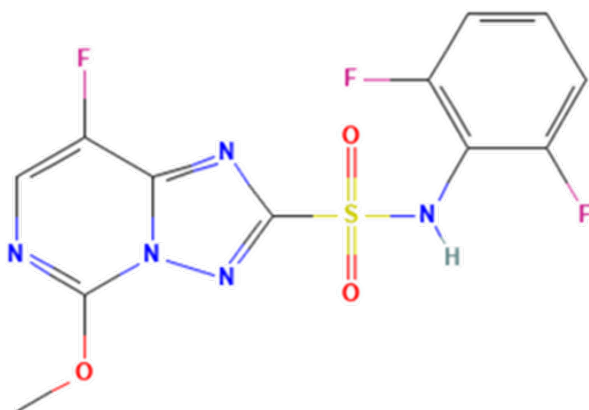


Εικόνα 8. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου pyroxsulam (PubChem, 2022).

Ο χρόνος ημιζωής του rygoxulam είναι πολύ μικρός, ενώ συχνά εφαρμόζεται σε μίγμα με το florasulam και τον φυτοπροστατευτικό παράγοντα cloquintocet-mexyl (Becker et al., 2008). Ο συνδυασμός των δύο δραστικών παρουσιάζει πλεονεκτήματα, όπως η επέκταση του φάσματος δράσης των ζιζανιοκτόνων, η μείωση της ανθεκτικότητας και του κόστους της καταπολέμησης των ζιζανίων (Bi et al., 2020).

1.3.6. *Florasulam*

Το florasulam ανήκει στην ομάδα των τριαζολοπυριμιδινών και έχει παρόμοια δράση με το rygoxulam (Εικόνα 9). Δημιουργήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και εφαρμόζεται μεταφυτρωτικά για την αντιμετώπιση μόνο πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών αλλά και του αραβοσίτου, ενώ η εκλεκτικότητα του florasulam στα δημητριακά έχει αποδοθεί στον διαφορετικό μεταβολισμό στα ανθεκτικά και τα ευαίσθητα είδη (Yu et al., 2018). Απομακρύνεται από το έδαφος μέσω της μικροβιακής αποδόμησης, με μέσο χρόνο ημιζωής 2,4 ημέρες (Jackson et al., 2000), ενώ η διαλυτότητά του στο νερό μπορεί εύκολα να οδηγήσει στη μόλυνση των επιφανειακών υδάτων και αυτό να βλάψει υδρόβιους οργανισμούς και μικροοργανισμούς (Qiao et al., 2019).

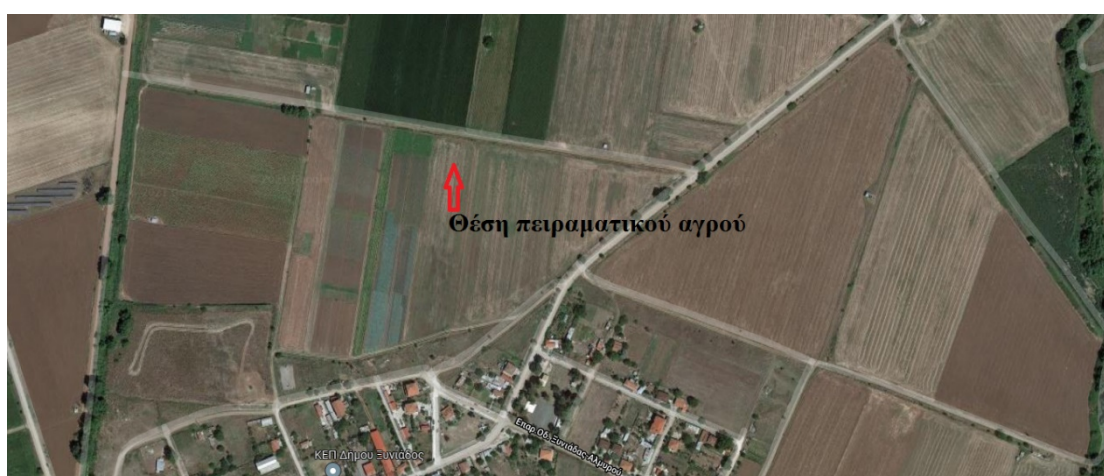


Εικόνα 9. Απεικόνιση χημικής δομής του ζιζανιοκτόνου florasulam (PubChem, 2022).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Πειραματικός αγρός

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας διάφορων ζιζανιοκτόνων κατά των ζιζανίων αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.), λαψάνα (*Sinapis arvensis* L.) και μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium* L.) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού διεξάχθηκε πείραμα σε αγρό στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού, την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021 (Εικόνα 10). Στον Πίνακα 1 καταγράφονται οι ιδιότητές του εδάφους όπου έγινε η πειραματική καλλιέργεια.



Εικόνα 10. Τοποθεσία πειραματικού αγρού.

Πίνακας 1. Χημικές και φυσικές ιδιότητες εδάφους πειραματικού αγρού.

Κοκκομετρική σύσταση και pH

Έδαφος	Αργιλώδες
Άμμος	25,2%
Ιλύς	51,2%
Άργιλος	23,6%
pH	7,6 (1:1 έδαφος/νερό)

2.2. Πειραματικό σχέδιο

Για τη διεξαγωγή του πειράματος ακολουθήθηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με 4 επεμβάσεις (αφέκαστος μάρτυρας και 3 ζιζανιοκτόνα) και 3 επαναλήψεις (Πίνακας 2). Η πειραματική καλλιέργεια έγινε σε 12 τεμάχια που είχαν διαστάσεις 2x25 m (Εικόνες 11 και 12).



Εικόνα 11. Πειραματικό τεμάχιο – Διαστάσεις 2 x 25 m.



Εικόνα 12. Πειραματικός αγρός στις 7 Μαρτίου του 2021 στο στάδιο του αδελφώματος του σκληρού σιταριού.

Πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω επεμβάσεις:

1. Αψέκαστος Μάρτυρας
2. Brominal Nuevo + Atlantis OD
3. Broadway 85WG
4. Senior 75WG + Mustang 306SE

Πίνακας 2. Πειραματικό σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με 4 επεμβάσεις και 3 επαναλήψεις.

Broadway 85WG	Senior 75WG + Mustang 306SE	Brominal Nuevo + Atlantis OD
Brominal Nuevo + Atlantis OD	Μάρτυρας	Broadway 85WG
Μάρτυρας	Brominal Nuevo + Atlantis OD	Senior 75WG + Mustang 306SE
Senior 75WG + Mustang 306SE	Broadway 85WG	Μάρτυρας

2.3. Καλλιεργητικά στοιχεία

2.3.1. Προετοιμασία εδάφους – Λίπανση

Η προετοιμασία του εδάφους έγινε με άροτρο, βάθος κατεργασίας 20-30 cm, στα μέσα Σεπτεμβρίου και έπειτα έγινε χρήση καλλιεργητή (δύο περάσματα), στις αρχές Νοεμβρίου. Βασική λίπανση (30 κιλά ανά στρέμμα) εφαρμόστηκε με

τη σπαρτική μηχανή, με ανόργανο λίπασμα 16-20-0 (N:P₂O₅:K₂O), ενώ εφαρμόστηκε επιφανειακή λίπανση 26-0-0 (ασβεστούχος νιτρική αμμωνία) στις 15 Μαρτίου 2021.

2.3.2. Φυτικό υλικό – Σπορά

Χρησιμοποιήθηκε σπόρος σκληρού σιταριού, ποικιλία LEVANTE. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 16 Νοεμβρίου 2020, με ποσότητα σπόρων 25 κιλά ανά στρέμμα. Το φύτευμα ξεκίνησε την 01 Δεκεμβρίου 2020.

2.3.3. Εφαρμογή ζιζανιοκτόνων

Ο ψεκασμός των ζιζανιοκτόνων έγινε στις 27 Μαρτίου 2021. Χρησιμοποιήθηκε ψεκαστήρας ακριβείας για την εφαρμογή, πίεση 2,5 atm, ακροφύσια ριπιδίου, ενώ ο συνολικός όγκος νερού ήταν 25 L/στρέμμα.

Χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω ζιζανιοκτόνα:

1. Brominal Nuevo (δραστικές ουσίες **bromoxynil** και **2,4-D**). Η δόση εφαρμογής ήταν 150 mL/στρέμμα. Το Brominal Nuevo χρησιμοποιείται σε καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών (σιτάρι και κριθάρι) για την αντιμετώπιση διάφορων σημαντικών πλατύφυλλων ζιζανίων.
2. Atlantis OD (Δραστικές ουσίες **mesosulfuron-methyl** και **iodosulfuron-methyl-sodium**). Η δόση εφαρμογής ήταν 150 mL/στρέμμα. Το ζιζανιοκτόνο αυτό χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων σε χειμερινό και ανοιξιότιμο σιτάρι (σκληρό και μαλακό), τριπικάλε και σίκαλη.
3. Broadway 85WG (δραστικές ουσίες **pyroxsulam** και **florasulam**). Η δόση εφαρμογής ήταν 26,5 g/στρέμμα. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο πλατύφυλλων και αγρωστωδών ζιζανίων σε καλλιέργειες σιταριού (σκληρό και μαλακό).
4. Senior 75WG (δραστική ουσία **pyroxsulam**). Η δόση εφαρμογής ήταν 25 g/στρέμμα. Είναι εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για την

καταπολέμηση αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργειες σιταριού.

5. Mustang 306SE (δραστικές ουσίες **florasulam** και **2,4-D**). Η δόση εφαρμογής ήταν 80 mL/στρέμμα. Χρησιμοποιείται ως διασυστηματικό μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο σε καλλιέργειες σιταριού, κριθαριού και αραβόσιπου για την καταπολέμηση διάφορων πλατύφυλλων ζιζανίων.

Τα ζιζανιοκτόνα Brominal Nuevo και Atlantis OD χρησιμοποιήθηκαν μαζί, όπως και τα ζιζανιοκτόνα Senior 75WG και Mustang 306SE.

2.3.4. Μετρήσεις

Τα φυτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν στο **σιτάρι** ήταν:

- **Αριθμός αδελφιών.** Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε 10 φυτά σκληρού σιταριού ανά πειραματικό τεμάχιο.
- **Ύψος.** Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 10 φυτά ανά επέμβαση και επανάληψη, ενώ δεν μετρήθηκαν φυτά στην αρχή και το τέλος των σειρών.
- **Νωπό – Ξηρό βάρος.** Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία φυτών στο κέντρο των πειραματικών τεμαχίων, σε επιφάνεια 1 m², και μέτρηση του βάρους. Η μέτρηση του ξηρού βάρους έγινε μετά από 4 ημέρες, αφού προηγήθηκε ξήρανση των φυτών, σε θερμοκρασία 60 °C, σε κλίβανο. Χρησιμοποιήθηκε ζυγαριά ακριβείας για τις μετρήσεις.
- **Συγκέντρωση χλωροφύλλης.** Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με το όργανο SPAD-502 chlorophyll meter (Konica Minolta Optics Inc.) σε φύλλα που είχαν εκπτυχθεί πλήρως. Έγιναν σε κάθε πειραματικό τεμάχιο δέκα μετρήσεις. Χρησιμοποιήθηκε η απορρόφηση για τον υπολογισμό των τιμών SPAD (σχετική συγκέντρωση χλωροφύλλης στους ιστούς φύλλων).
- **Συστατικά απόδοσης (μήκος στάχυ και βάρος 1000 σπόρων).** Μετρήθηκε το μήκος του στάχυ, σε 10 φυτά ανά πειραματικό τεμάχιο, πριν τη συγκομιδή. Για τον προσδιορισμό του βάρους των 1000 σπόρων έγιναν 6 ζυγίσεις 50 σπόρων για κάθε πειραματικό τεμάχιο.

- **Απόδοση σε σπόρο.** Πραγματοποιήθηκε συγκομιδή στις 26 Ιουνίου 2021 και υπολογίστηκε η απόδοση. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο συγκομίστηκε επιφάνεια 1 m².
- **Δείκτης συγκομιδής (Harvest Index).** Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζεται ως ο λόγος της απόδοσης σε σπόρο προς τη ξηρή βιομάζα (Sinclair, 2019).

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 24 Απριλίου και στις 14 Μαΐου 2021.

Τα φυτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν στα **ζιζάνια** αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.), λαψάνα (*Sinapis arvensis* L.) και μικρόκαρπη κολλητσιίδα (*Galium spurium* L.) ήταν:

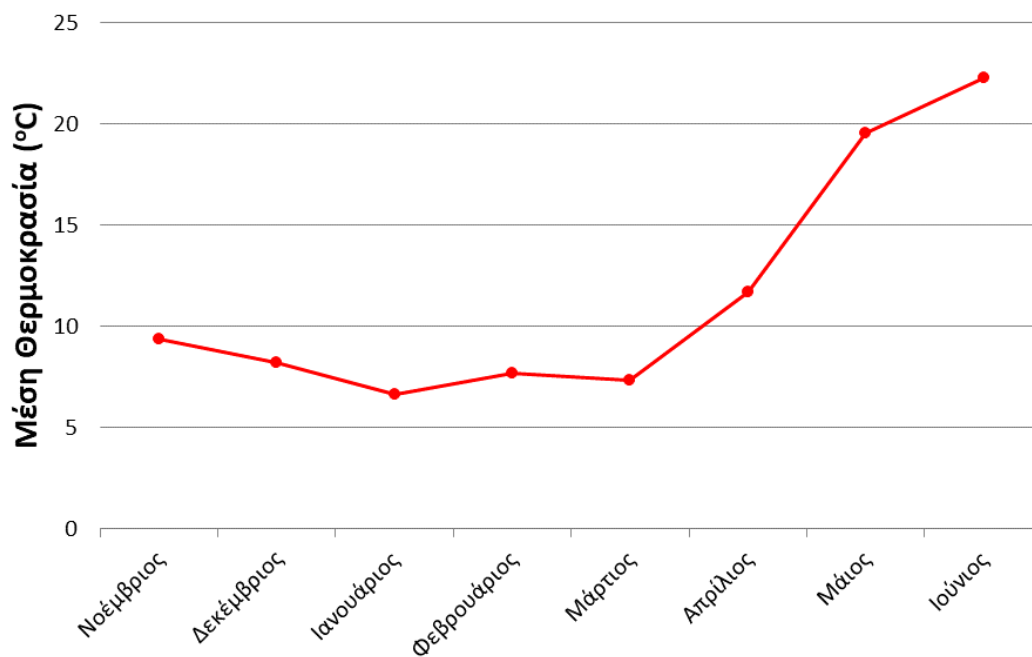
- **Πυκνότητα φυτών ζιζανίων.** Μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών στο κέντρο κάθε τεμαχίου, σε έκταση 0,16 m².
- **Ξηρό βάρος.** Μετρήθηκε με εργαστηριακό ζυγό το βάρος των φυτών των ζιζανίων που συλλέχθηκαν κατά τη μέτρηση της πυκνότητας αφού προηγήθηκε ξήρανση των φυτών, σε θερμοκρασία 60 °C, σε κλίβανο.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 14 Μαΐου 2021.

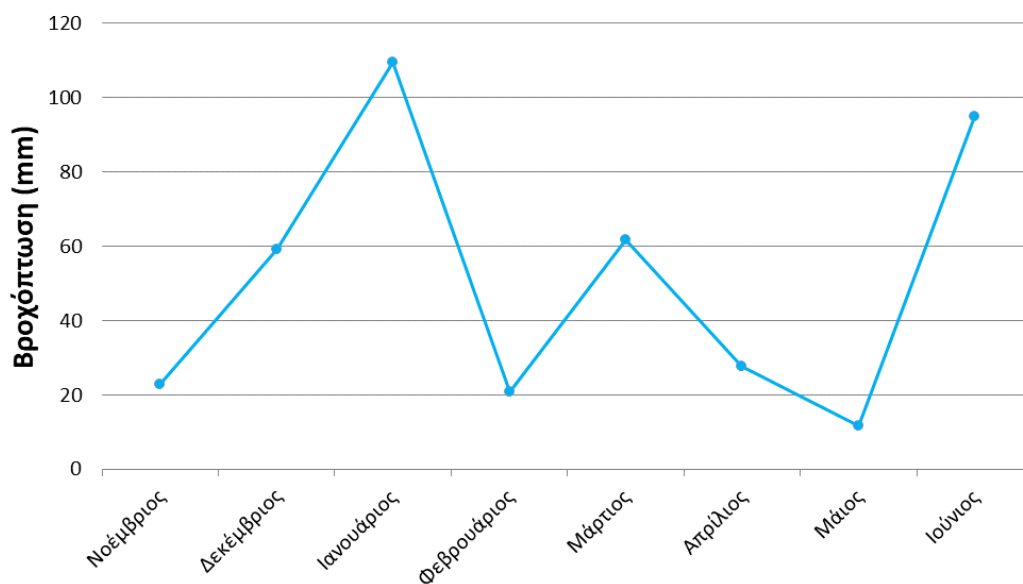
2.4. Μετεωρολογικά δεδομένα

Στο Γράφημα 5 καταγράφεται η μέση μηνιαία θερμοκρασία, ενώ στο Γράφημα 6 καταγράφεται το μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021 (Νοέμβριος έως Ιούνιος), στην περιοχή Άγιος Γεώργιος Δομοκού.

Κατά την περίοδο Ιανουάριος έως Μάρτιος 2021 είχαμε τις μικρότερες τιμές για τη μέση θερμοκρασία, ενώ τις υψηλότερες τον Μάιο και τον Ιούνιο. Ακόμη, ο Ιανουάριος και ο Ιούνιος ήταν οι μήνες που καταγράφηκε η υψηλότερη βροχόπτωση. Κατά την κρίσιμη για την καλλιέργεια περίοδο (Μάρτιος έως Μάιος) το μέσο μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης ήταν 33,7 mm, ενώ το συνολικό ύψος βροχής ήταν 408,6 mm.

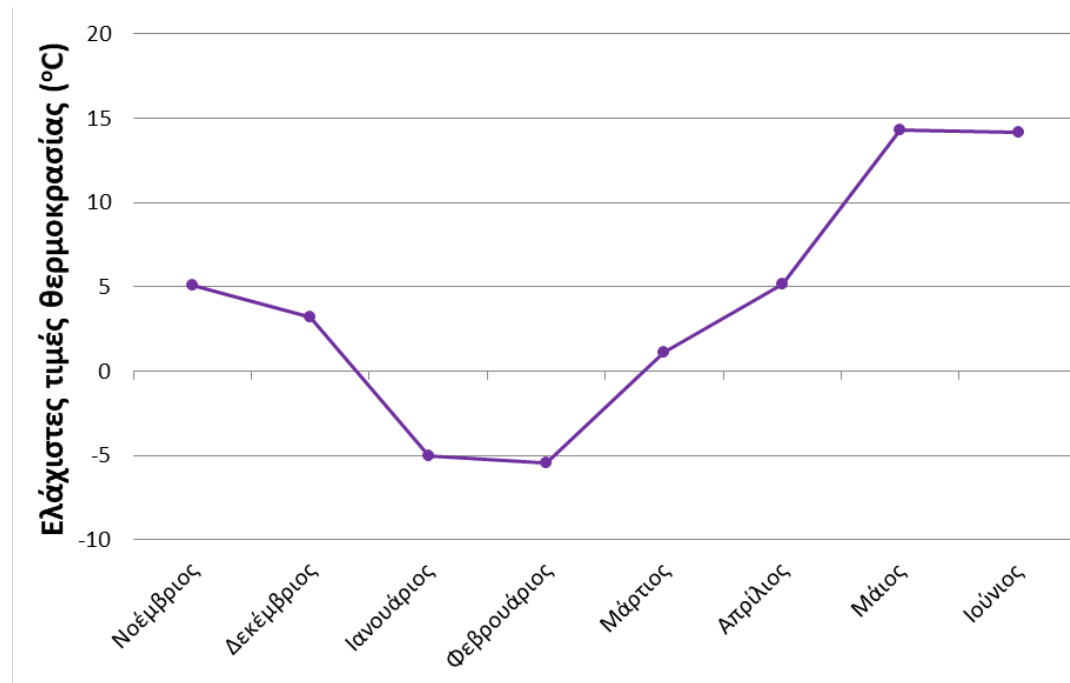


Γράφημα 5. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.

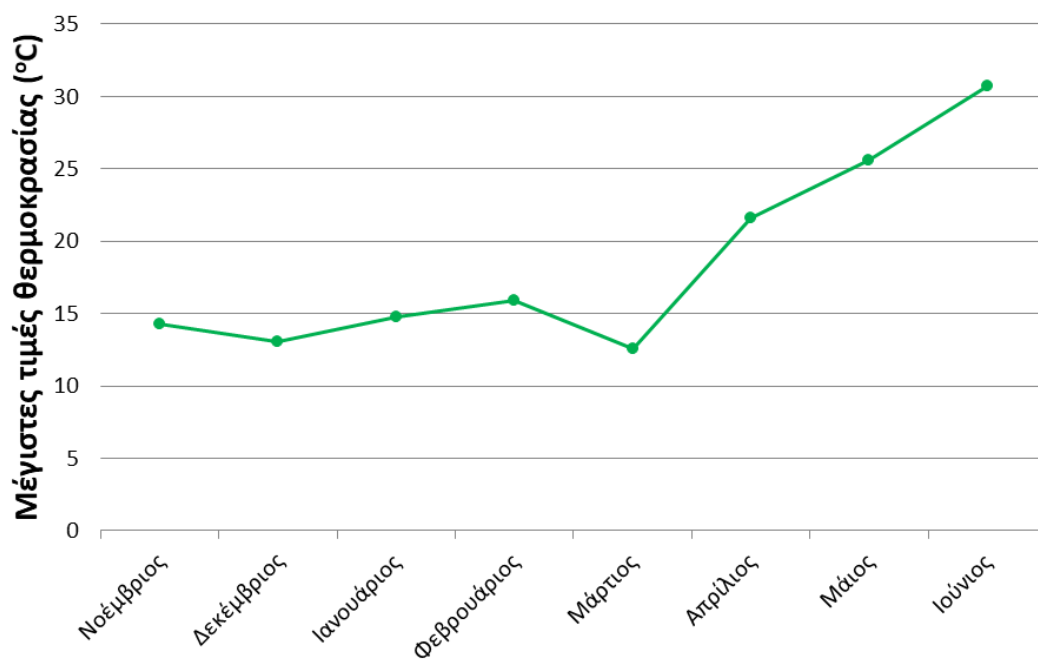


Γράφημα 6. Μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.

Στα γραφήματα 7 και 8 καταγράφονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές θερμοκρασίας κάθε μήνα, την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.



Γράφημα 7. Ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας ανά μήνα στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.



Γράφημα 8. Μέγιστες τιμές θερμοκρασίας ανά μήνα στην τοποθεσία Άγιος Γεώργιος Δομοκού κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021.

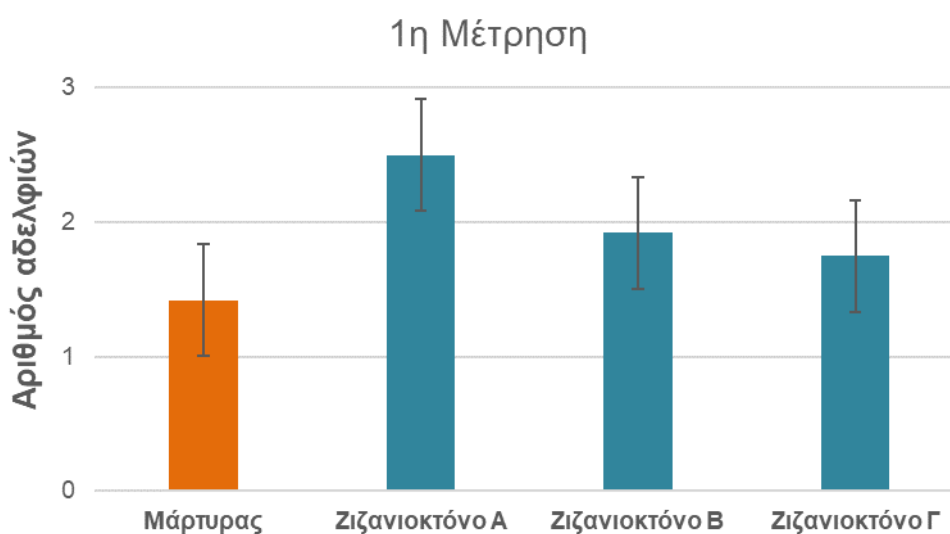
2.5. Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Έγινε ανάλυση των πειραματικών δεδομένων με βάση το πειραματικό σχέδιο. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ελέγχου ANOVA (ανάλυση διασποράς) και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των μέσων τιμών με τη δοκιμή της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD, $p < 0,05$). Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το πακέτο λογισμικού SigmaPlot 12 (Systat Software, San Jose, CA, USA) και με το λογισμικό IBM SPSS Statistics (Version 26, IBM Corporation, Armonk, NY).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα

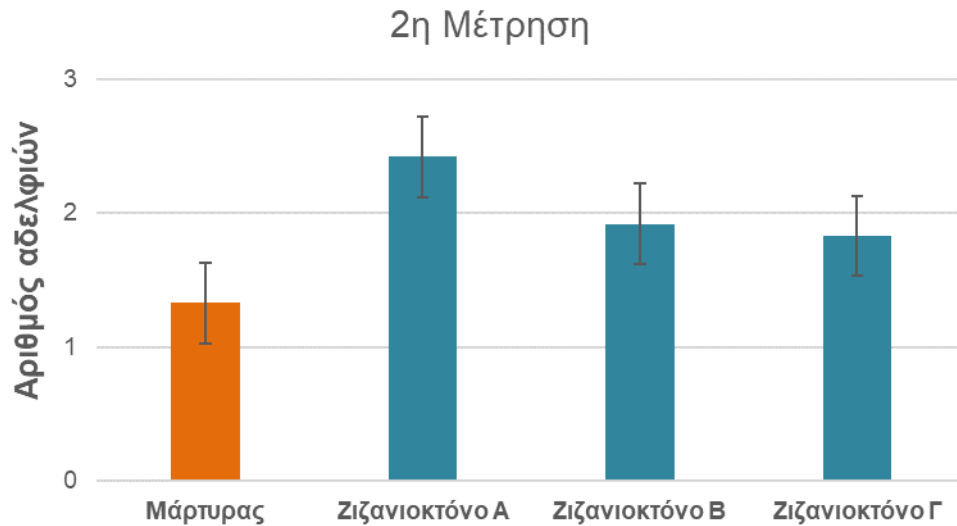
3.1. Αριθμός αδελφιών

Στην 1^η μέτρηση η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε για το ζιζανιοκτόνο Α, ενώ η μικρότερη για τον μάρτυρα. Υπολογίστηκαν διαφορές που ήταν στατιστικά σημαντικές μεταξύ του ζιζανιοκτόνου Α και των υπόλοιπων επεμβάσεων και μεταξύ του ζιζανιοκτόνου Β και του μάρτυρα ($P=0,004$ και $F=14,255$). Η ελάχιστη σημαντική διαφορά για επίπεδο σημαντικότητας 5% ($LSD_{5\%}$) είχε τιμή 0,416 (Γράφημα 9).



Γράφημα 9. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στον αριθμό των αδελφιών σκληρού σιταριού (1^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D +mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.

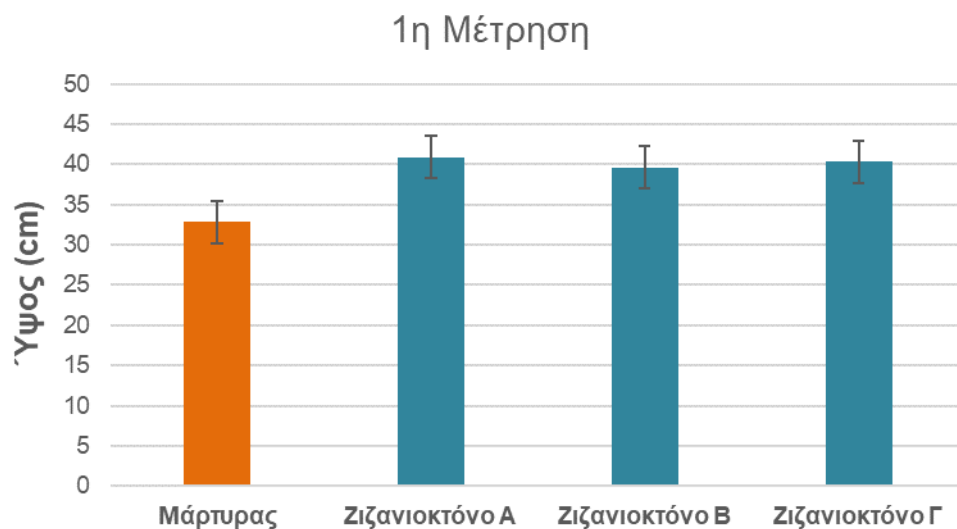
Κατά τη 2^η μέτρηση οι τιμές κυμάνθηκαν από 1,33 έως 2,42 και ήταν μικρότερες από τις τιμές της 1^{ης} μέτρησης. Κι εδώ η μεγαλύτερη τιμή καταγράφηκε για το ζιζανιοκτόνο Α, ενώ η μικρότερη για τον μάρτυρα. Μεταξύ των επεμβάσεων υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($P<0,001$ και $F=26,154$). Ο αριθμός των αδελφιών στην επέμβαση με το ζιζανιοκτόνο Α ήταν περίπου 82% μεγαλύτερος από αυτόν στην επέμβαση του μάρτυρα. Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 0,300 (Γράφημα 10).



Γράφημα 10. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στον αριθμό των αδελφιών σκληρού σιταριού (2^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D +mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.

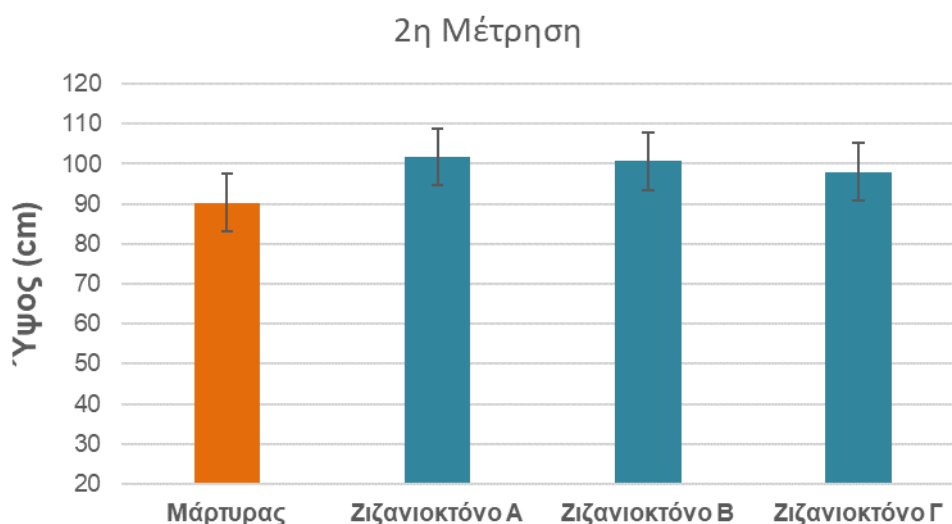
3.2. Ύψος φυτών σκληρού σιταριού

Κατά την 1^η μέτρηση οι τιμές κυμάνθηκαν από 32,8 έως 40,9 cm. Υπήρξαν διαφορές στατιστικά σημαντικές μεταξύ του μάρτυρα και των διάφορων ζιζανιοκτόνων ($P < 0,001$ και $F = 23,922$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 2,652 (Γράφημα 11).



Γράφημα 11. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ύψος των φυτών σκληρού σιταριού (1^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam +florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.

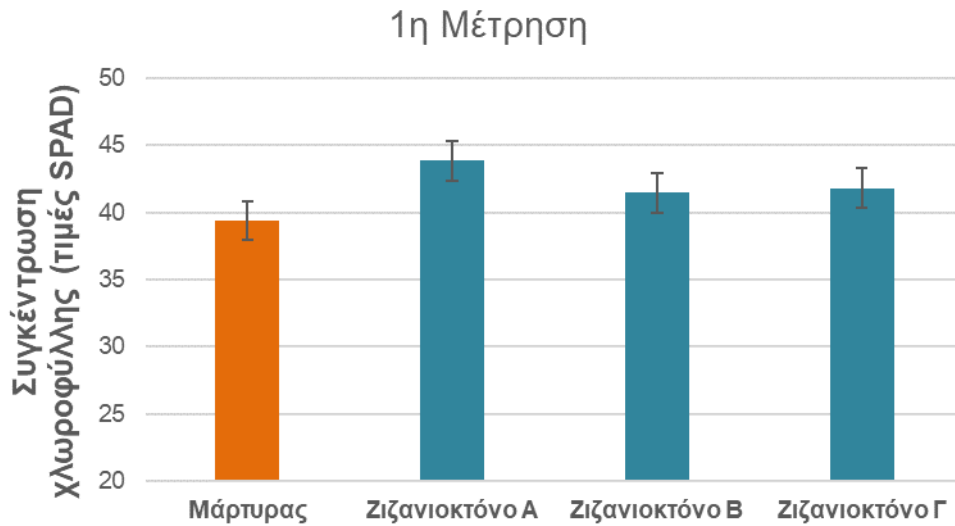
Ενώ στην 1^η μέτρηση το ύψος των φυτών στην επέμβαση με το ζιζανιοκτόνο Α ήταν περίπου 25% μεγαλύτερο από αυτό στην επέμβαση του μάρτυρα, στη 2^η μέτρηση η διαφορά ήταν περίπου 13%. Και στη 2^η μέτρηση παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των διάφορων ζιζανιοκτόνων ($P=0,028$ και $F=6,274$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 7,162 (Γράφημα 12).



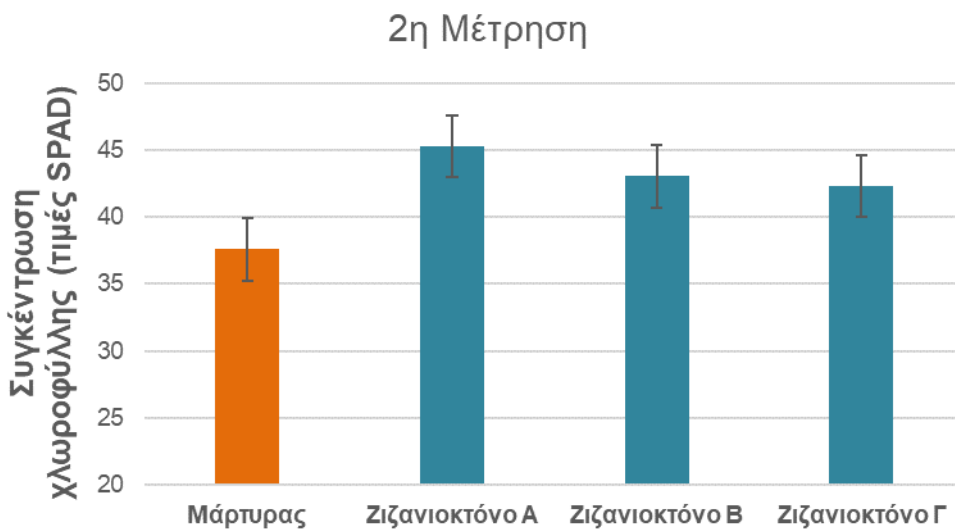
Γράφημα 12. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ύψος των φυτών σκληρού σιταριού (2^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.

3.3. Συγκέντρωση χλωροφύλλης (τιμές SPAD)

Κατά την 1^η μέτρηση οι τιμές κυμάνθηκαν από 39,40 έως 43,87, ενώ κατά τη 2^η από 37,60 έως 45,27. Και στις δύο μετρήσεις οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφηκαν για το ζιζανιοκτόνο Α και οι μικρότερες στις επεμβάσεις του μάρτυρα. Στην 1^η μέτρηση (Γράφημα 13) υπήρξαν διαφορές μη στατιστικά σημαντικές μόνο μεταξύ των ζιζανιοκτόνων Β και Γ ($P=0,002$ και $F=18,665$). Στη 2^η μέτρηση (Γράφημα 14) υπήρξαν διαφορές στατιστικά σημαντικές τόσο μεταξύ του μάρτυρα και των διάφορων ζιζανιοκτόνων όσο και μεταξύ των ζιζανιοκτόνων Α και Γ ($P=0,001$ και $F=23,015$). Για την 1^η και 2^η μέτρηση η $LSD_{5\%}$ είχε τιμές 1,466 και 2,325, αντίστοιχα.



Γράφημα 13. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στις τιμές SPAD (συγκέντρωση χλωροφύλλης) φυτών σκληρού σιταριού (1^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam +2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.

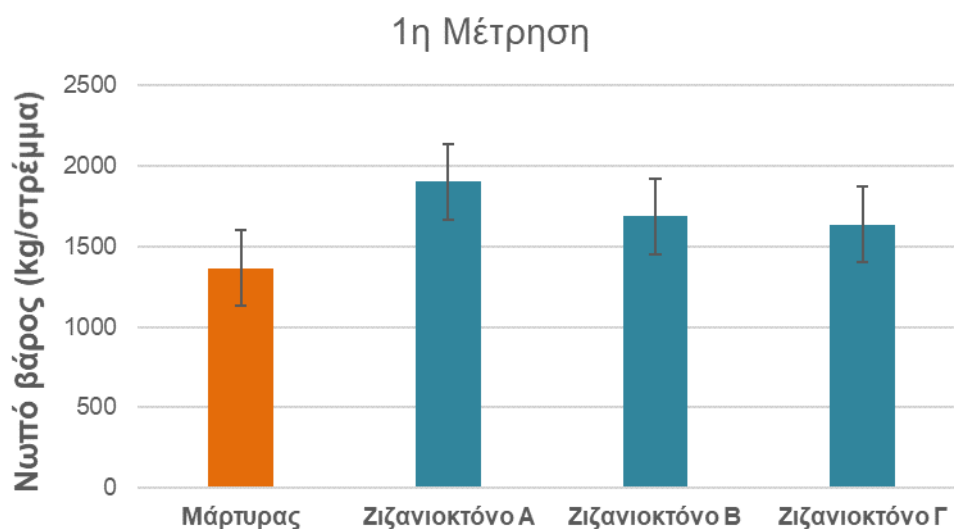


Γράφημα 14. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στις τιμές SPAD (συγκέντρωση χλωροφύλλης) φυτών σκληρού σιταριού (2^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam +2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την LSD5%.

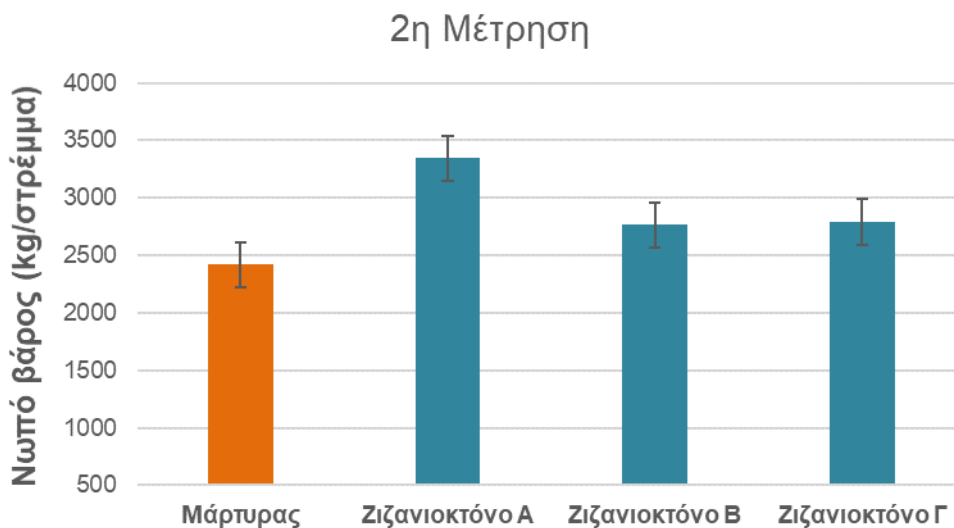
3.4. Νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών

Οι τιμές του νωπού βάρους του υπέργειου τμήματος κυμάνθηκαν από 1365,0 έως 1904,0 kg/στρέμμα, με την υψηλότερη τιμή (ζιζανιοκτόνο Α) να είναι κατά 39% περίπου μεγαλύτερη από τη μικρότερη (μάρτυρας). Υπολογίστηκαν

μεταξύ των επεμβάσεων διαφορές στατιστικά σημαντικές ($P=0,008$ και $F=10,657$), ενώ η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 234,840 (Γράφημα 15).



Γράφημα 15. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο νωπό βάρος φυτών σκληρού σιταριού (1^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D +mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.

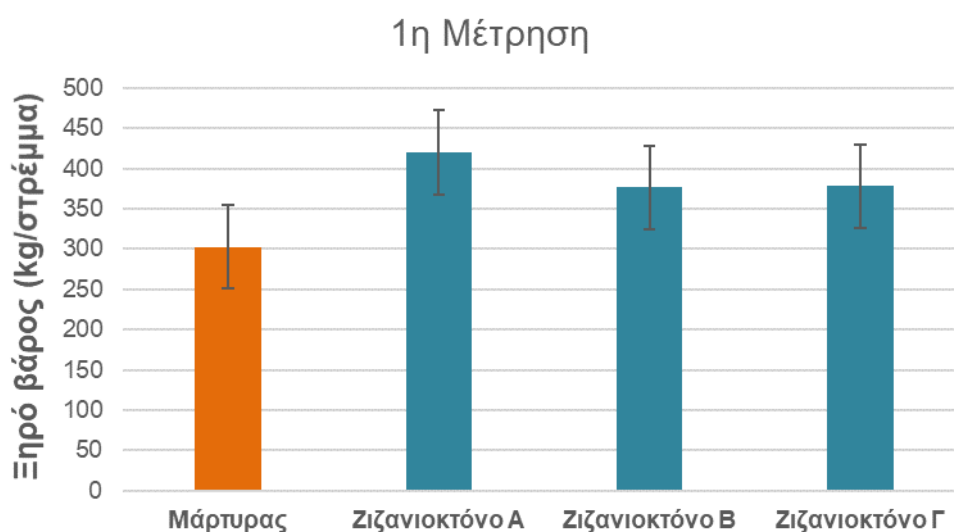


Γράφημα 16. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο νωπό βάρος φυτών σκληρού σιταριού (2^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D +mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.

Κατά τη 2^η μέτρηση οι τιμές κυμάνθηκαν από 2418,3 έως 3344,9 kg/στρέμμα, με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται για το ζιζανιοκτόνο Α (Γράφημα 16). Μόνο μεταξύ των ζιζανιοκτόνων Β και Γ υπήρξαν διαφορές μη στατιστικά σημαντικές ($P < 0,001$ και $F = 44,869$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 198,024.

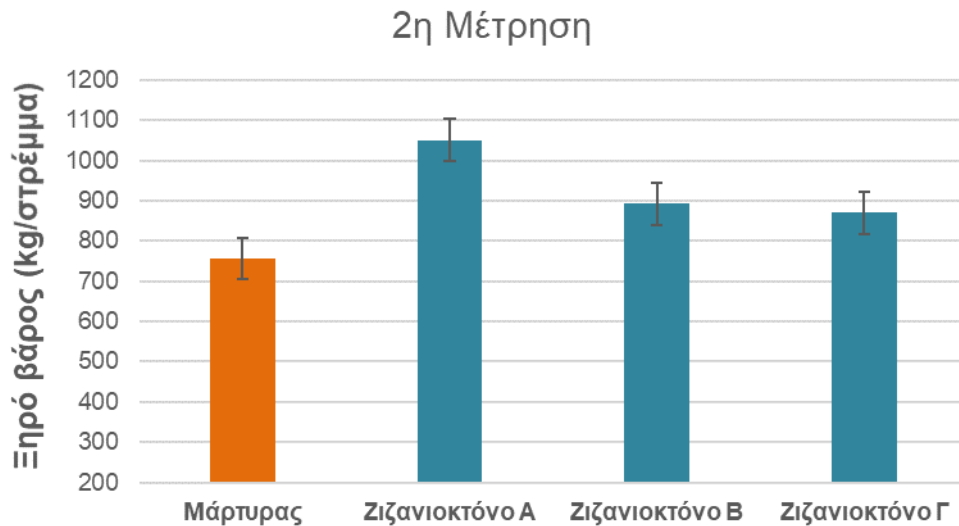
3.5. Ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος φυτών

Στην 1^η μέτρηση, οι τιμές για το ξηρό βάρος της καλλιέργειας κυμάνθηκαν από 302,6 έως 420,2 kg/στρέμμα, με την υψηλότερη τιμή (ζιζανιοκτόνο Α) να είναι κατά περίπου 12% μεγαλύτερη από τη δεύτερη μικρότερη (ζιζανιοκτόνο Β). Υπολογίστηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές μεταξύ του μάρτυρα και των διάφορων ζιζανιοκτόνων ($P = 0,008$ και $F = 10,627$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 51,897 (Γράφημα 17).

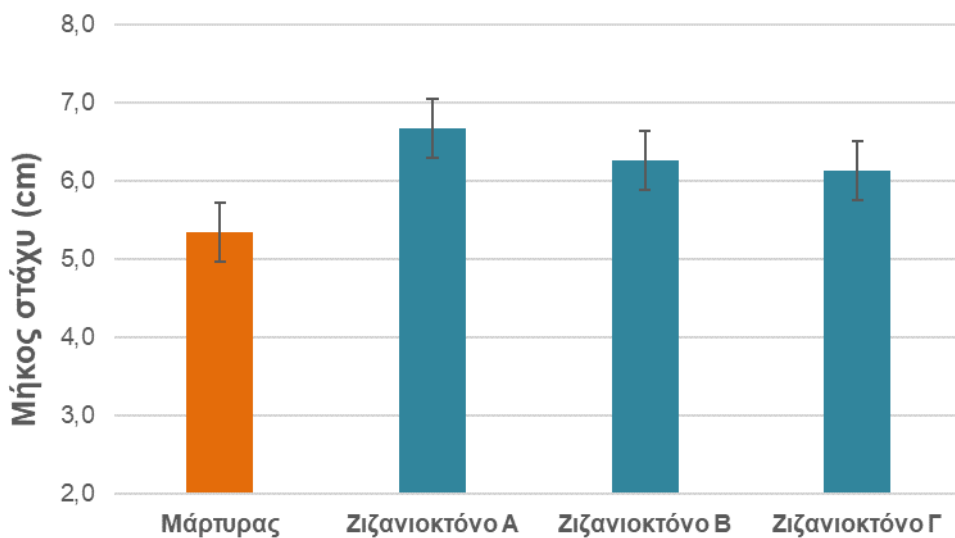


Γράφημα 17. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών σκληρού σιταριού (1^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.

Κατά τη 2^η μέτρηση η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε για το ζιζανιοκτόνο Α (1050,4 kg/στρέμμα), ενώ η χαμηλότερη για τον μάρτυρα (756,9 kg/στρέμμα). Μόνο μεταξύ των ζιζανιοκτόνων Β και Γ υπολογίστηκαν διαφορές μη στατιστικά σημαντικές ($P = 0,004$ και $F = 14,772$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 113,987 (Γράφημα 18).



Γράφημα 18. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών σκληρού σιταριού (2^η μέτρηση). Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D +mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam +florasulam, αντίστοιχα.



Γράφημα 19. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο μήκος του στάχυ φυτών σκληρού σιταριού. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam +florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την LSD5%.

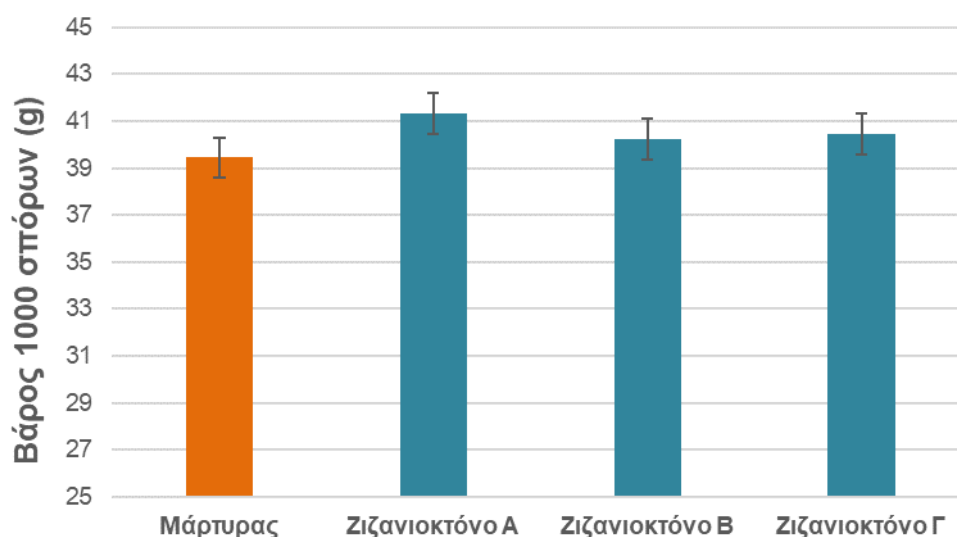
3.6. Μήκος στάχυ

Καταγράφηκαν τιμές από 5,35 έως 6,68 cm. Η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε για την επέμβαση με το ζιζανιοκτόνο Α, ενώ η χαμηλότερη για τον μάρτυρα.

Υπολογίστηκαν διαφορές που ήταν στατιστικά σημαντικές μεταξύ όλων των επεμβάσεων ($P < 0,001$ και $F = 26,423$), ενώ η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 0,373 (Γράφημα 19).

3.7. Βάρος 1000 σπόρων

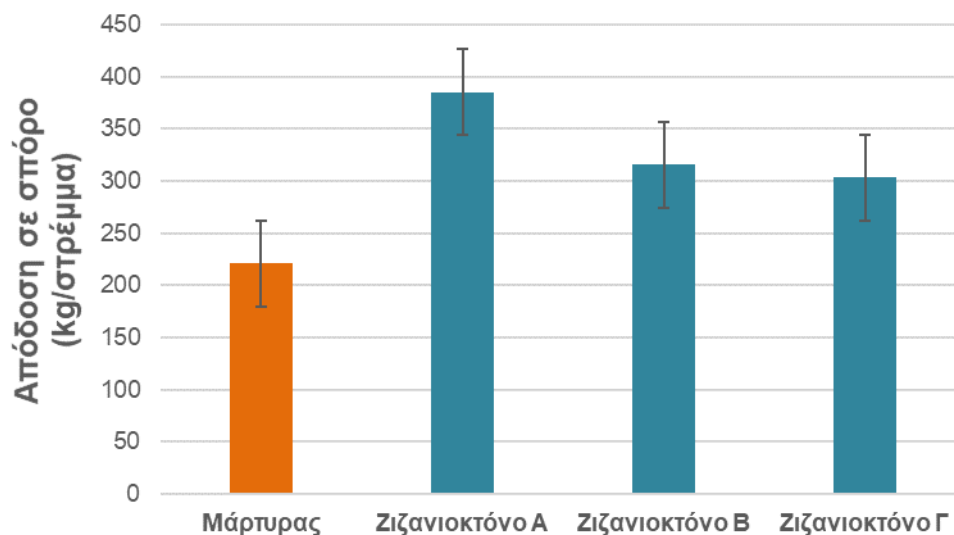
Οι τιμές για το βάρος 1000 σπόρων κυμάνθηκαν από 39,45 g (μάρτυρας) έως 41,34 g (ζιζανιοκτόνο Α). Παρατηρήθηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές μεταξύ του ζιζανιοκτόνου Α και των υπόλοιπων επεμβάσεων ($P = 0,010$ και $F = 9,745$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 0,864 (Γράφημα 20).



Γράφημα 20. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο βάρος 1000 σπόρων σκληρού σιταριού. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D +mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam +florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.

3.8. Απόδοση σε σπόρο

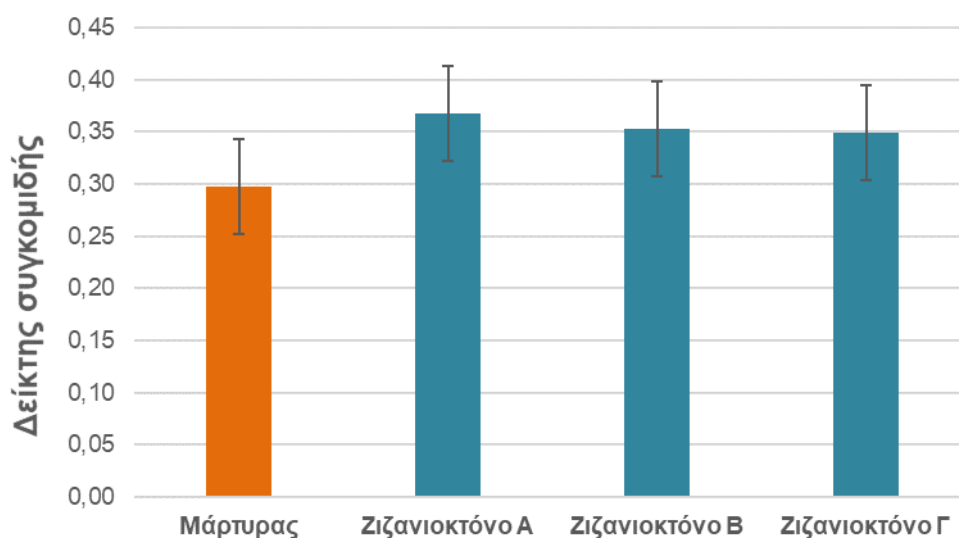
Η απόδοση σε σπόρο είχε τιμές μεταξύ 221,07 και 385,03 kg/στρέμμα. Η τιμή της απόδοσης για την επέμβαση με το ζιζανιοκτόνο Α ήταν μεγαλύτερη από αυτές των ζιζανιοκτόνων Β και Γ και του μάρτυρα κατά περίπου 22%, 27% και 74%, αντίστοιχα. Μόνο μεταξύ των ζιζανιοκτόνων Β και Γ υπολογίστηκαν διαφορές που δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($P < 0,001$ και $F = 31,664$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 41,343 (Γράφημα 21).



Γράφημα 21. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην απόδοση σε σπόρο φυτών σκληρού σιταριού. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D +mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam +florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την LSD5%.

3.9. Δείκτης συγκομιδής (Harvest Index)

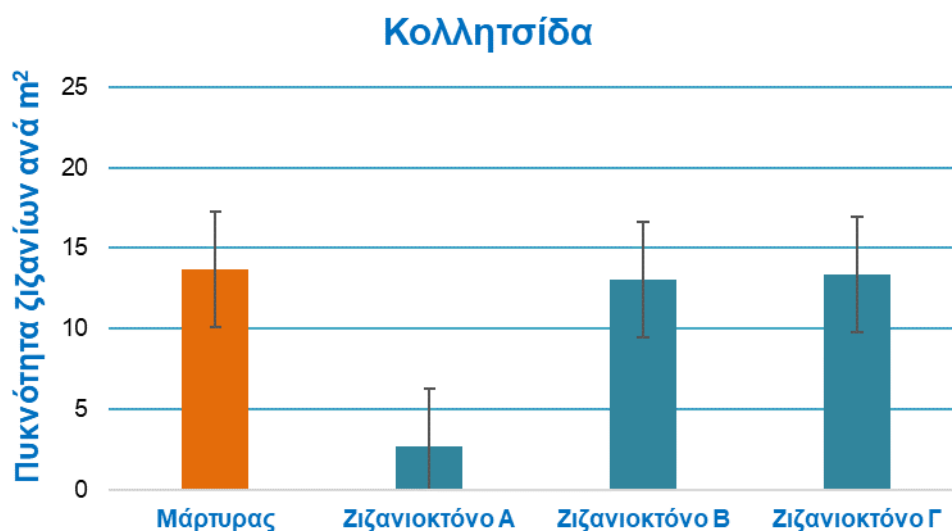
Η υψηλότερη τιμή καταγράφηκε για το ζιζανιοκτόνο Α (0,37), ενώ η χαμηλότερη για τον μάρτυρα (0,30). Υπολογίστηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές μεταξύ του μάρτυρα και των διάφορων ζιζανιοκτόνων ($P=0,039$ και $F=5,374$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 0,0455 (Γράφημα 22).



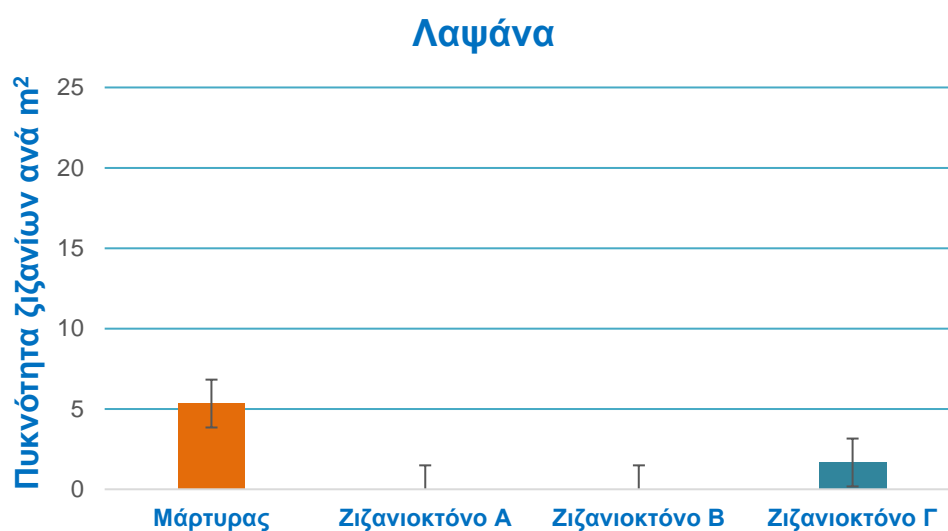
Γράφημα 22. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στον δείκτη συγκομιδής. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl +iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.

3.10. Πυκνότητα φυτών ζιζανίων ανά m²

Διαπιστώθηκε πολύ μεγαλύτερη μείωση των φυτών της κολλητσίδας με το ζιζανιοκτόνο Α, περίπου 16 και 28 φορές μεγαλύτερη από αυτή με το ζιζανιοκτόνο Β και Γ, αντίστοιχα. Διαφορές στατιστικά σημαντικές υπήρξαν μεταξύ του ζιζανιοκτόνου Α και των άλλων επεμβάσεων ($P < 0,001$ και $F = 26,552$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 3,586 (Γράφημα 23).

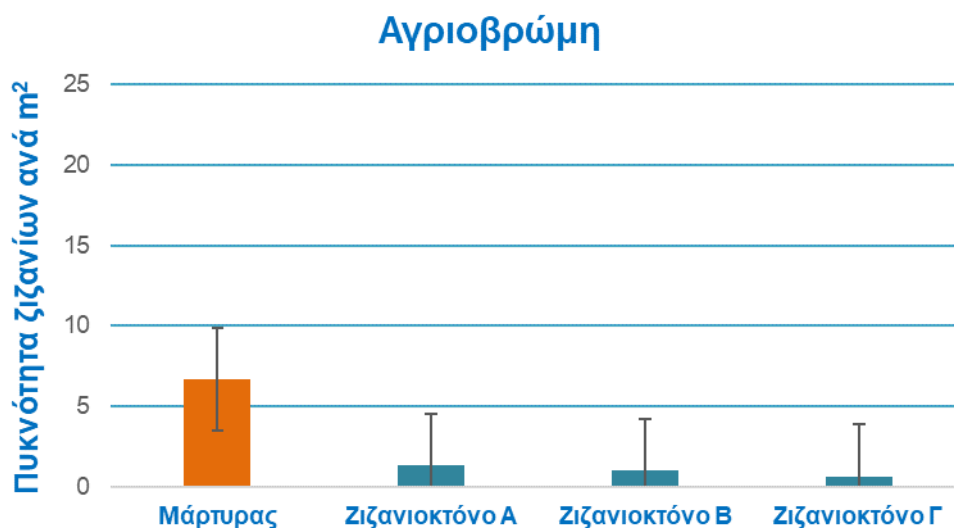


Γράφημα 23. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών κολλητσίδας. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl +iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.



Γράφημα 24. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών λαψάνας. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl +iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.

Η μείωση των φυτών της λαψάνας ήταν μικρότερη με το ζιζανιοκτόνο Γ σε σχέση με τα άλλα δύο. Διαπιστώθηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές τόσο του μάρτυρα με τα ζιζανιοκτόνα όσο και του ζιζανιοκτόνου Γ με τα άλλα ζιζανιοκτόνα ($P < 0,001$ και $F = 34,150$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 1,489 (Γράφημα 24).

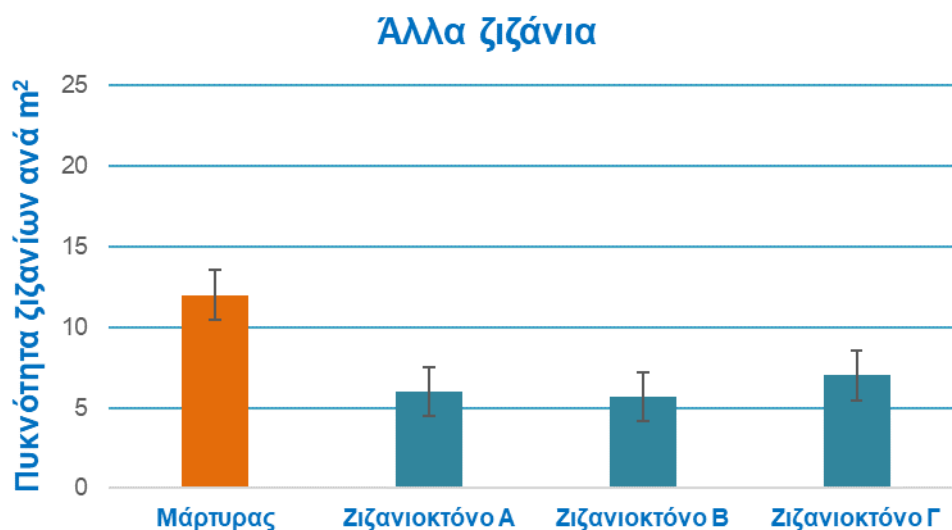


Γράφημα 25. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών αγριοβρώμης. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl +iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxulam+florasulam+2,4-D και pyroxulam+florasulam, αντίστοιχα.

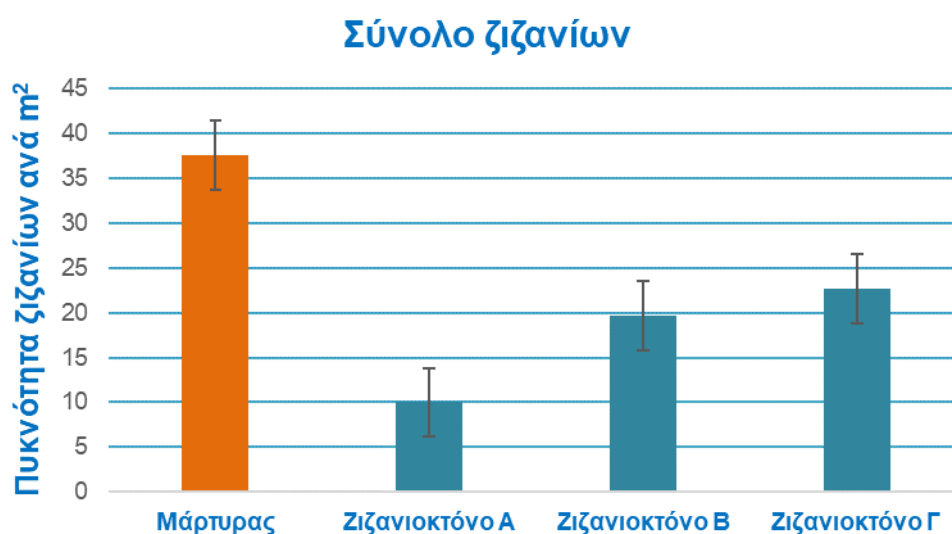
Στην επέμβαση με το ζιζανιοκτόνο Γ διαπιστώθηκε μεγαλύτερη μείωση των φυτών της αγριοβρώμης, μείωση που ήταν κατά περίπου 11% και 5% μεγαλύτερη από τη μείωση των φυτών με τα ζιζανιοκτόνα Α και Β, αντίστοιχα. Διαφορές στατιστικά σημαντικές υπολογίστηκαν μεταξύ του μάρτυρα και των ζιζανιοκτόνων ($P = 0,011$ και $F = 9,511$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 3,194 (Γράφημα 25).

Σε ότι αφορά τα υπόλοιπα ζιζάνια (πχ. βερόνικα (*Veronica persica* Poir.), ανθεμίδα (*Anthemis arvensis* L.), καπνόχορτο (*Fumaria officinalis* L.) και παπαρούνα (*Papaver rhoeas* L.)) που καταμετρήθηκαν, ο μεγαλύτερος αριθμός παρουσιάστηκε στις επεμβάσεις του μάρτυρα, ενώ ο μικρότερος στις επεμβάσεις του ζιζανιοκτόνου Β. Ο πληθυσμός των ζιζανίων ήταν μειωμένος κατά περίπου 5% και 26% σε σχέση με τις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων Α και Γ αντίστοιχα. Διαπιστώθηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές του μάρτυρα με τα ζιζανιοκτόνα ($P < 0,001$ και $F = 44,571$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 1,526 (Γράφημα 26).

Ο συνολικός αριθμός των ζιζανίων μειώθηκε περισσότερο με το ζιζανιοκτόνο Α. Η μείωση αυτή ήταν κατά περίπου 54% και 85% μεγαλύτερη από τη μείωση με τα ζιζανιοκτόνα Β και Γ, αντίστοιχα. Υπολογίστηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές τόσο του μάρτυρα με τα ζιζανιοκτόνα όσο και του ζιζανιοκτόνου Α με τα άλλα ζιζανιοκτόνα ($P < 0,001$ και $F = 105,156$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 3,869 (Γράφημα 27).



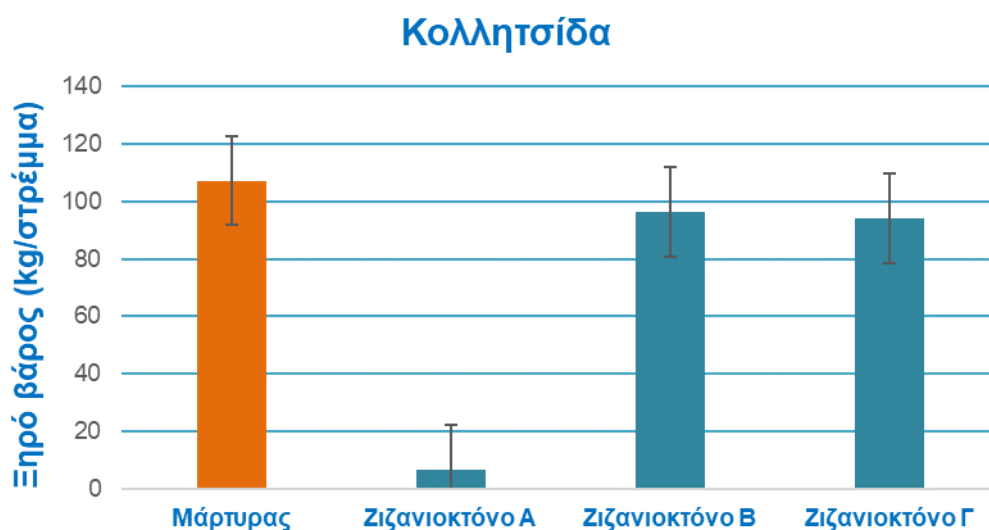
Γράφημα 26. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών ζιζανίων εκτός από κολλησίδα, λαφάνα και αγριοβρώμη. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam +2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.



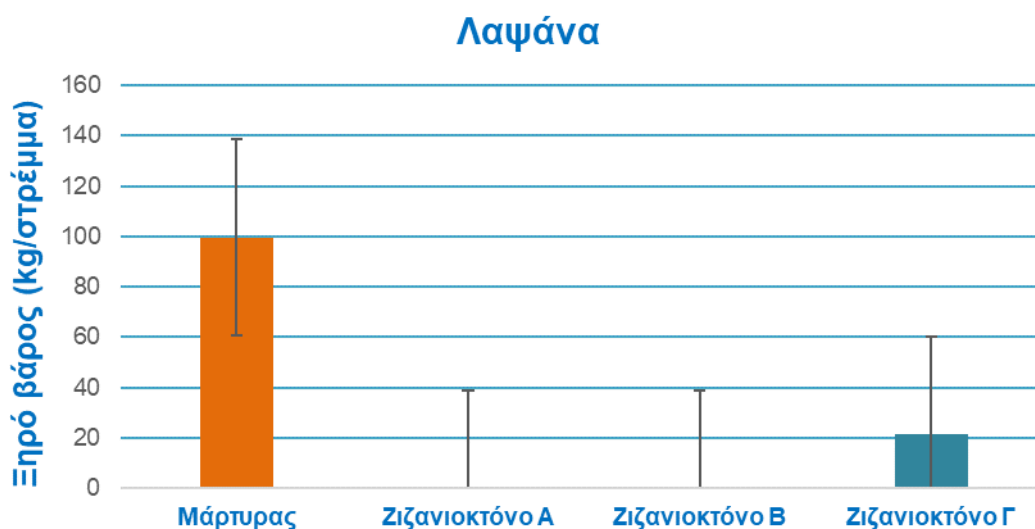
Γράφημα 27. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στην πυκνότητα φυτών ζιζανίων. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl +iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.

3.11. Ξηρό βάρος ζιζανίων

Η μικρότερη τιμή για το ξηρό βάρος των φυτών κολλητσίδας καταγράφηκε στις επεμβάσεις με το ζιζανιοκτόνο Α, ενώ η μείωση σε σχέση με το μάρτυρα για τα ζιζανιοκτόνα Β και Γ ήταν περίπου 10% και 12%, αντίστοιχα. Υπολογίστηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές μεταξύ του ζιζανιοκτόνου Α και των άλλων επεμβάσεων ($P < 0,001$ και $F = 108,591$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 15,453 (Γράφημα 28).



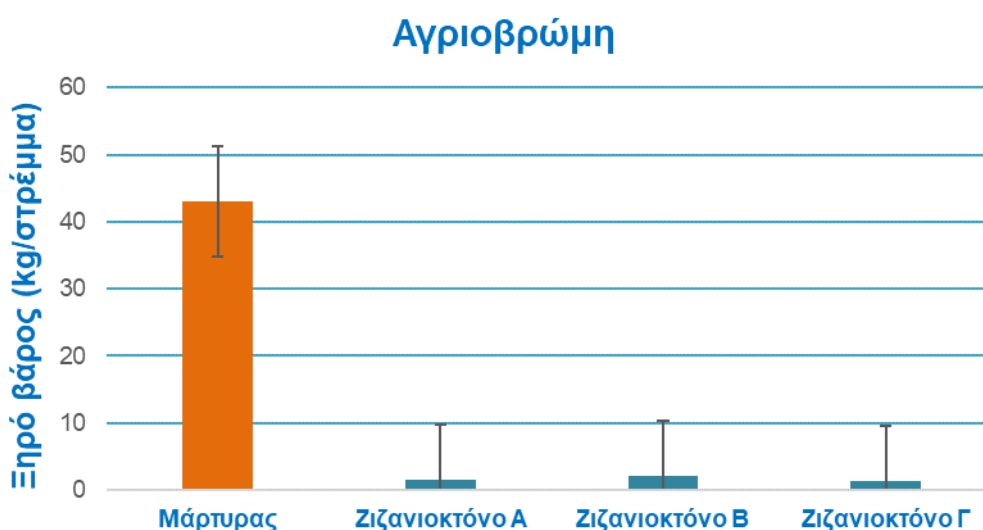
Γράφημα 28. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών κολλητσίδας. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl +iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.



Γράφημα 29. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών λαψάνας. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl +iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.

Η μεγαλύτερη μέση τιμή του ξηρού βάρους των φυτών λαφάνας διαπιστώθηκε στον μάρτυρα, ενώ η τιμή αυτή ήταν μειωμένη κατά περίπου 79% για το ζιζανιοκτόνο Γ. Διαπιστώθηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές του μάρτυρα με τα ζιζανιοκτόνα ($P=0,002$ και $F=17,847$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 38,794 (Γράφημα 29).

Το ξηρό βάρος των φυτών αγριοβρώμης ήταν σημαντικά μικρότερο στις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων σε σύγκριση με τις επεμβάσεις του μάρτυρα. Η μικρότερη τιμή βρέθηκε για το ζιζανιοκτόνο Γ. Κι εδώ διαπιστώθηκαν διαφορές του μάρτυρα με τα ζιζανιοκτόνα στατιστικά σημαντικές ($P<0,001$ και $F=76,233$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 8,193 (Γράφημα 30).

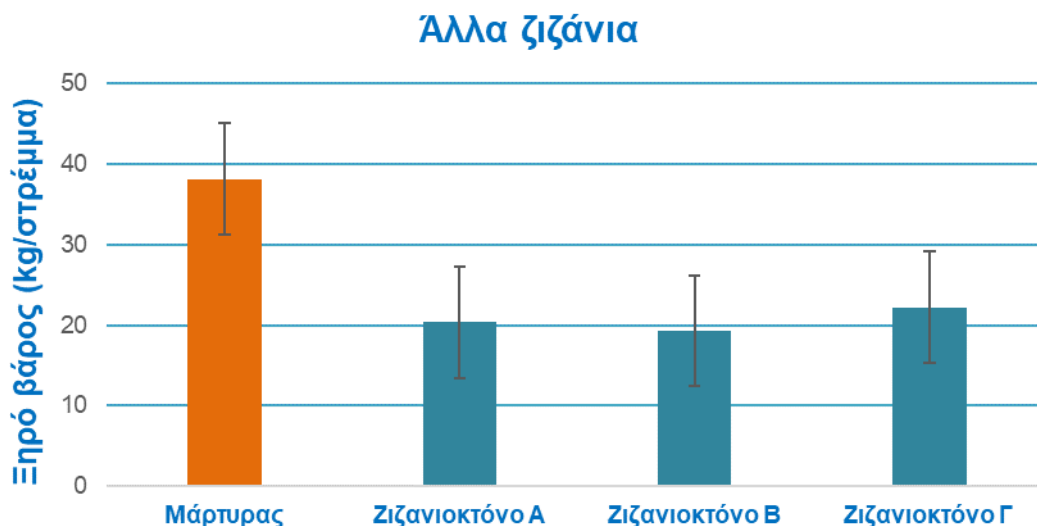


Γράφημα 30. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών αγριοβρώμης. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.

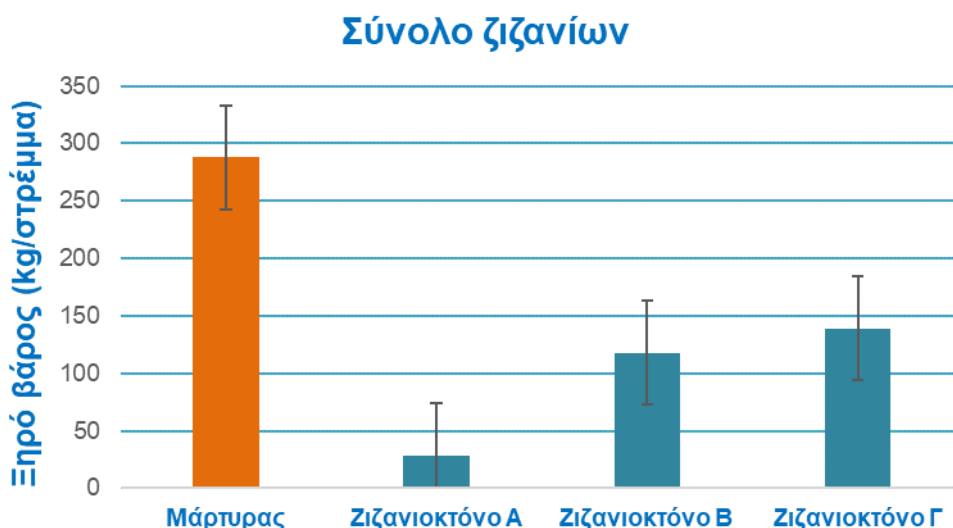
Σε ότι αφορά το ξηρό βάρος των υπόλοιπων ζιζανίων η μεγαλύτερη τιμή υπολογίστηκε στις επεμβάσεις του μάρτυρα, ενώ στα ζιζανιοκτόνα Α, Β και Γ η τιμή αυτή ήταν μειωμένη κατά περίπου 47%, 49% και 42%, αντίστοιχα. Υπολογίστηκαν διαφορές του μάρτυρα με τα ζιζανιοκτόνα που ήταν στατιστικά σημαντικές ($P=0,002$ και $F=19,648$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 6,904 (Γράφημα 31).

Ακόμη, το ξηρό βάρος του συνόλου των ζιζανίων για τις επεμβάσεις με τα ζιζανιοκτόνα Α, Β και Γ ήταν μειωμένο κατά περίπου 90%, 59% και 52%, αντίστοιχα, σε σχέση με αυτό του μάρτυρα. Διαπιστώθηκαν διαφορές τόσο του

μάρτυρα με τα ζιζανιοκτόνα όσο και του ζιζανιοκτόνου Α με τα άλλα ζιζανιοκτόνα, που ήταν στατιστικά σημαντικές ($P < 0,001$ και $F = 68,070$). Η $LSD_{5\%}$ είχε τιμή 45,131 (Γράφημα 32).



Γράφημα 31. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών ζιζανίων εκτός από κολλητσίδα, λαφάνα και αγριοβρώμη. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam +2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.



Γράφημα 32. Επίδραση ζιζανιοκτόνων στο ξηρό βάρος φυτών ζιζανίων. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα. Οι μπάρες δείχνουν την $LSD_{5\%}$.

3.12. Αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων

Την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα συνολικά, με βάση το ξηρό βάρος, και για τα τρία ζιζάνια που μελετήθηκαν: αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.), λαψάνα (*Sinapis arvensis* L.) και μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium* L.), είχε το ζιζανιοκτόνο Α (Γράφημα 33). Στη μικρόκαρπη κολλητσίδα ήταν 93,6% η αποτελεσματικότητα του ζιζανιοκτόνου Α, ενώ των ζιζανιοκτόνων Β και Γ ήταν 10,1% και 12,2%, αντίστοιχα, αποτέλεσμα που δείχνει ανάπτυξη ανθεκτικότητας του ζιζανιού αυτού στα συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα. Για τη λαψάνα η αποτελεσματικότητα του ζιζανιοκτόνου Α, όπως και του Β, ήταν 100%, ενώ για το Γ ήταν 78,7%. Τέλος, παρόμοια αποτελεσματικότητα έδειξαν τα ζιζανιοκτόνα για την αγριοβρώμη, με τις τιμές να είναι 96,3%, 95,0% και 96,8% για τα ζιζανιοκτόνα Α, Β και Γ, αντίστοιχα. Διαπιστώθηκαν διαφορές στατιστικά σημαντικές του ζιζανιοκτόνου Α με τα άλλα δύο ζιζανιοκτόνα στη μικρόκαρπη κολλητσίδα ($P < 0,001$, $F = 100,520$ και $LSD_{5\%} = 19,986$) και του ζιζανιοκτόνου Γ με τα άλλα δύο ζιζανιοκτόνα στη λαψάνα ($P = 0,027$, $F = 10,257$ και $LSD_{5\%} = 15,030$).



Γράφημα 33. Αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων. Οι δραστικές ουσίες των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ είναι bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, pyroxsulam+florasulam+2,4-D και pyroxsulam+florasulam, αντίστοιχα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συζήτηση – Συμπεράσματα

4.1. Ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας

Τόσο η ανάπτυξη όσο και η απόδοση της καλλιέργειας ήταν μεγαλύτερη στις επεμβάσεις με τα ζιζανιοκτόνα σε σύγκριση με τα τεμάχια του μάρτυρα. Συγκεκριμένα, ο αριθμός των αδελφιών ήταν κατά μέσο όρο 50% μεγαλύτερος σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ το ύψος των στελεχών του σκληρού σιταριού ήταν αυξημένο κατά 12,7%, 11,5% και 8,5% για τα ζιζανιοκτόνα Α (bromoxynil+2,4-D+mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium), Β (pyroxsulam+florasulam+2,4-D) και Γ (pyroxsulam+florasulam), αντίστοιχα, σε σχέση με το ύψος των στελεχών στον απέκαστο μάρτυρα. Σε πειράματα που πραγματοποίησαν οι Karkanis et al. (2018) σε καλλιέργειες σκληρού σιταριού σε δύο διαφορετικές τοποθεσίες στην Ελλάδα, οι επεμβάσεις με ζιζανιοκτόνο που είχε δραστικές ουσίες τις bromoxynil+2,4-D παρουσίασαν αύξηση του ύψους των φυτών κατά μέσο όρο 10,5%, ενώ για το ζιζανιοκτόνο florasulam+2,4-D η αύξηση ήταν 9,5% κατά μέσο όρο.

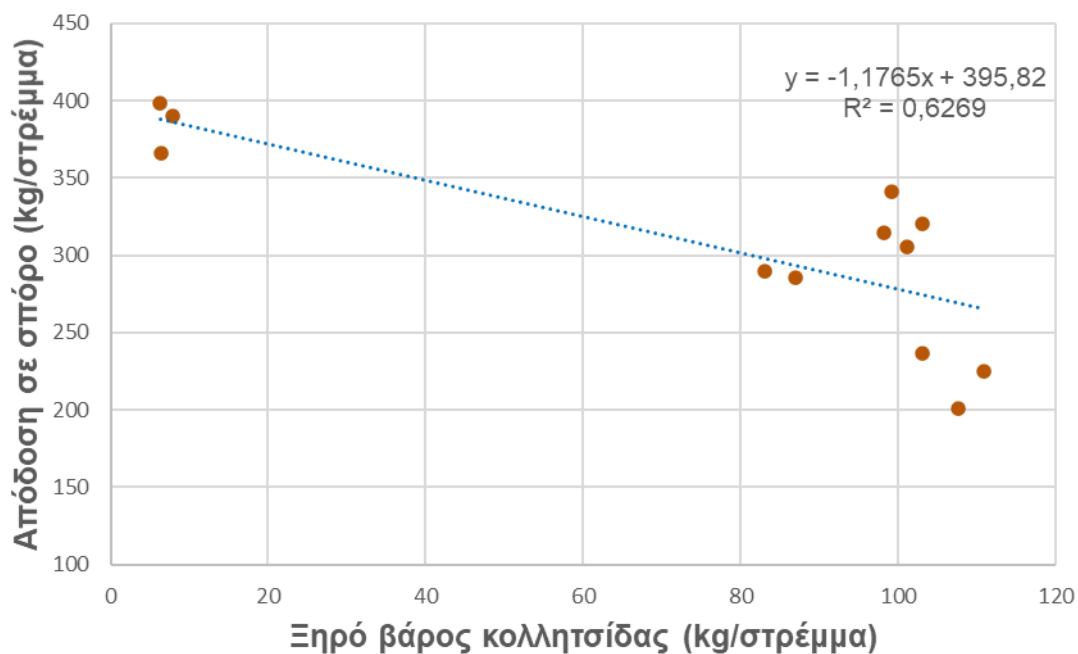
Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης (τιμές SPAD) ήταν κατά μέσο όρο 11,6% μεγαλύτερη στις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων, ενώ το νωπό βάρος των φυτών του σκληρού σιταριού ήταν μεγαλύτερο κατά 22,6% σε σύγκριση με τον ασκάλιστο μάρτυρα. Ανάμεσα στο ζιζανιοκτόνο Β και στο ζιζανιοκτόνο Α, που είχε τη μεγαλύτερη τιμή, η διαφορά ήταν 21% σε ότι αφορά το νωπό βάρος και ανάμεσα στο ζιζανιοκτόνο Α και τον μάρτυρα 38%. Το ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος της καλλιέργειας κατά τη 2^η μέτρηση ήταν μεγαλύτερο στις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ κατά 38,8%, 17,9% και 14,9%, αντίστοιχα, σε σχέση με το ξηρό βάρος στον μάρτυρα. Το ξηρό βάρος για το ζιζανιοκτόνο Α είχε τιμή μεγαλύτερη κατά 20,7% σε σχέση με την τιμή για το ζιζανιοκτόνο Γ. Στα πειράματα των Karkanis et al. (2018) το ξηρό βάρος σε σχέση με τις επεμβάσεις του μάρτυρα ήταν μεγαλύτερο κατά 10,1% για το ζιζανιοκτόνο bromoxynil+2,4-D και κατά 10,3% για το florasulam+2,4-D κατά μέσο όρο. Ακόμη, το μήκος στάχυ ήταν 18,9% μεγαλύτερο κατά μέσο όρο στις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων έναντι των επεμβάσεων του μάρτυρα, ενώ στην εργασία των Karkanis et al. (2018) καταγράφηκαν τιμές μεγαλύτερες κατά 9,1%. Ακόμη, το βάρος των 1000 σπόρων ήταν αυξημένο κατά 3,1% στις

επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων, ενώ σε πειράματα που πραγματοποιήσαν οι Awan et al. (2021) στο Πακιστάν σε δύο καλλιεργητικές περιόδους το βάρος 1000 σπόρων ήταν αυξημένο κατά 4,9% στο ζιζανιοκτόνο mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium.

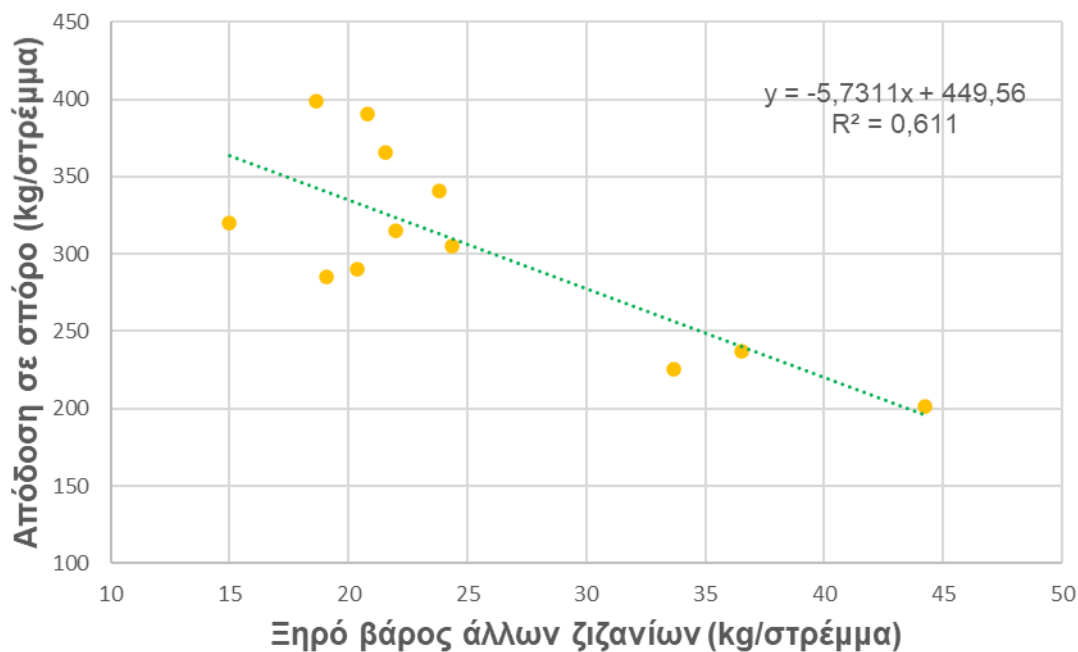
Η απόδοση σε σπόρο ήταν αυξημένη κατά 74,2%, 47,3% και 37,2% για τα ζιζανιοκτόνα Α, Β και Γ, αντίστοιχα, σε σύγκριση με την απόδοση στις επεμβάσεις του μάρτυρα. Στη μελέτη των Awan et al. (2021) η απόδοση ήταν κατά περίπου 119% αυξημένη κατά μέσο όρο για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους, ενώ στη μελέτη των Karkanis et al. (2018) η απόδοση ήταν αυξημένη σε σχέση με τις επεμβάσεις του μάρτυρα κατά 37,5% για το ζιζανιοκτόνο bromoxynil+2,4-D και κατά 36,4% για το ζιζανιοκτόνο florasulam+2,4-D, κατά μέσο όρο. Σε πειράματα που πραγματοποιήσαν οι Travlos et al. (2021) στην Ελλάδα από το 2018 έως το 2020, σε καλλιέργειες σκληρού σιταριού σε 6 διαφορετικές περιοχές, σε επεμβάσεις με ζιζανιοκτόνα με δραστικές ουσίες τις pyroxsulam+florasulam μετρήθηκε απόδοση 26,2% μεγαλύτερη κατά μέσο όρο σε σύγκριση με την απόδοση του μάρτυρα και σε επεμβάσεις με δραστικές ουσίες τις mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium η απόδοση ήταν μεγαλύτερη κατά 18,2%, ενώ σε αντίστοιχες επεμβάσεις στην περιοχή του Δομοκού οι αποδόσεις ήταν 42,4% και 33,4% μεγαλύτερες από αυτές του μάρτυρα. Ακόμη, σε πειράματα που έγιναν με 5 διαφορετικές ποικιλίες σιταριού σε 2 καλλιεργητικές περιόδους, οι επεμβάσεις με ζιζανιοκτόνο που είχε δραστικές ουσίες τις mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium είχαν απόδοση 15,6% μεγαλύτερη κατά μέσο όρο σε σχέση με τις επεμβάσεις του μάρτυρα (Travlos, 2012). Τέλος, επεμβάσεις σε καλλιέργειες σιταριού με το ζιζανιοκτόνο mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, σε πειράματα που έγιναν στην Πορτογαλία είχαν απόδοση περίπου 94% μεγαλύτερη κατά μέσο όρο σε σχέση με τις επεμβάσεις του μάρτυρα (Barros et al., 2007), ενώ σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο Πακιστάν είχαν απόδοση μεγαλύτερη κατά περίπου 55% (Chaudhary et al., 2011).

Η παρουσία της μικρόκαρπης κολλητισίδας, για την οποία η αποτελεσματικότητα του ζιζανιοκτόνου Α ήταν 93,6%, ενώ των Β και Γ ήταν μόλις 10,1% και 12,2%, αντίστοιχα, μείωσε την απόδοση της καλλιέργειας. Σε

ανάλυση συσχέτισης (Pearson, r) υπολογίστηκε στατιστικά σημαντική ισχυρή αρνητική συσχέτιση ($r=-0,792$, $p<0,01$) ανάμεσα στην απόδοση σε σπόρο και το ξηρό βάρος της κολλητσίδας (Γράφημα 34).

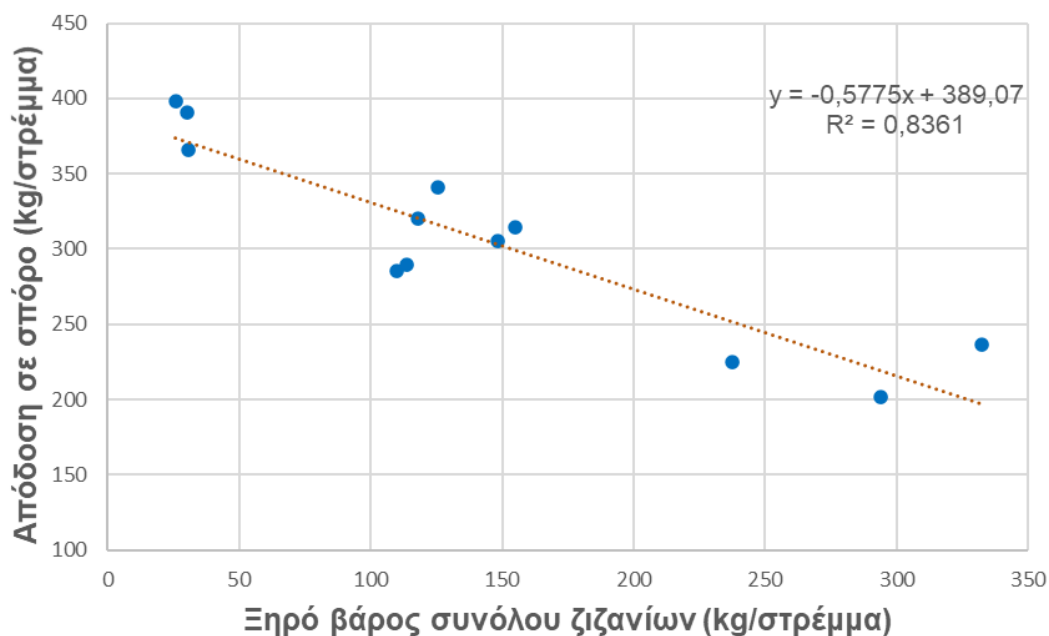


Γράφημα 34. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους της μικρόκαρπης κολλητσίδας και της απόδοσης σε σπόρο.

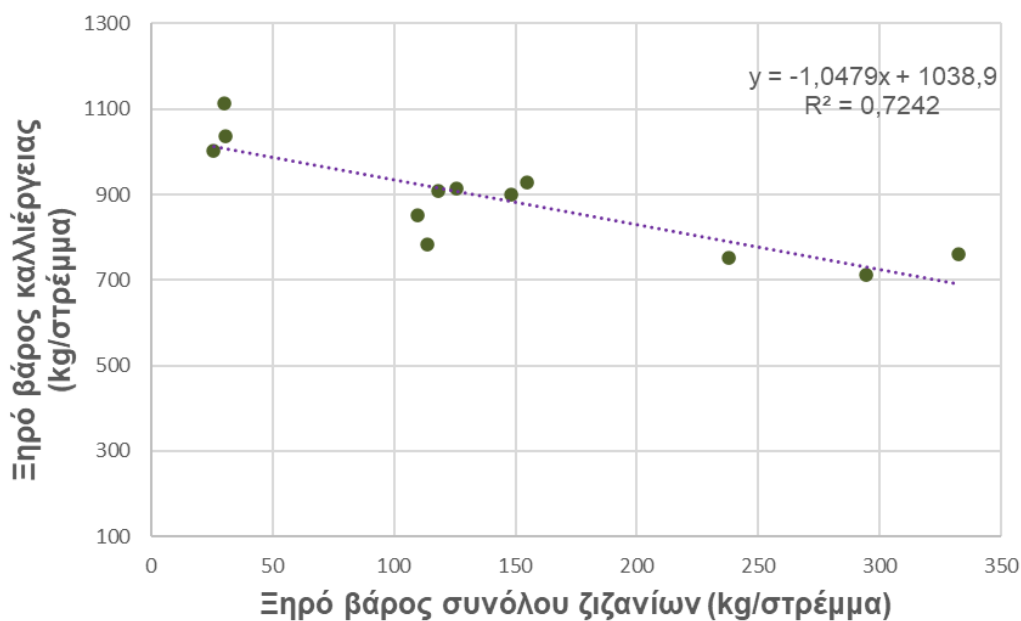


Γράφημα 35. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους άλλων ζιζανίων εκτός της κολλητσίδας και της απόδοσης σε σπόρο.

Στατιστικά σημαντική ισχυρή αρνητική συσχέτιση βρέθηκε ανάμεσα στην απόδοση της καλλιέργειας σε σπόρο τόσο με το ξηρό βάρος άλλων ζιζανίων ($r=-0,782$, $p<0,01$) όσο και με το ξηρό βάρος του συνόλου των ζιζανίων ($r=-0,914$, $p<0,001$) (Γραφήματα 35 και 36).



Γράφημα 36. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους του συνόλου των ζιζανίων και της απόδοσης σε σπόρο.



Γράφημα 37. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους του συνόλου των ζιζανίων και του ξηρού βάρους της καλλιέργειας.

Τέλος, στατιστικά σημαντική ισχυρή αρνητική συσχέτιση βρέθηκε και ανάμεσα στο ξηρό βάρος της καλλιέργειας και στο ξηρό βάρος του συνόλου των ζιζανίων ($r=-0,851$, $p<0,001$) (Γράφημα 37).

Οι Dhima και Eleftherohorinos σε μελέτη τους το 2005 διαπίστωσαν ότι η παρουσία αγριοβρώμης σε καλλιέργεια σιταριού μείωσε το ξηρό βάρος των φυτών του σιταριού κατά 31% και την απόδοση σε σπόρο κατά 26% (Dhima & Eleftherohorinos, 2005). Επίσης, σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στην Αυστραλία η παρουσία 6 φυτών αγριοβρώμης ανά m^2 μείωσε την απόδοση σε σπόρο κατά περίπου 38% (Mahajan & Chauhan, 2021). Στο πείραμα που πραγματοποιήσαμε η απόδοση της καλλιέργειας σε σπόρο μειώθηκε στην επέμβαση του αφέκαστου μάρτυρα κατά 42,6%, 30,0% και 27,1% σε σχέση με την απόδοση σε σπόρο στις επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων Α, Β και Γ, αντίστοιχα.

4.2. Αποτελεσματικότητα ζιζανιοκτόνων

Τα τρία ζιζανιοκτόνα που εφαρμόστηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα αγρού για την καταπολέμηση της αγριοβρώμης είχαν μεγάλη αποτελεσματικότητα, παρόμοιου μεγέθους (96,3%, 95,0% και 96,8% για τα ζιζανιοκτόνα Α, Β και Γ, αντίστοιχα). Η αποτελεσματικότητα για την αγριοβρώμη στα πειράματα σε καλλιέργειες σιταριού του Travlos (2012) με ζιζανιοκτόνο που είχε δραστικές ουσίες τις mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium ήταν 99,7%, ενώ η αποτελεσματικότητα για το ίδιο ζιζάνιο σε πειράματα των Barros et al. (2007) με τις ίδιες δραστικές ουσίες κυμάνθηκε από 85,3% έως 98,5%.

Σε ότι αφορά τη λαψάνα, η αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων Α και Β ήταν 100%, ενώ του Γ ήταν 78,7%. Πολύ υψηλή αποτελεσματικότητα διαπιστώθηκε και στα πειράματα των Karkanis et al. (2018) με το ζιζανιοκτόνο bromoxynil+2,4-D να έχει 100% αποτελεσματικότητα και το ζιζανιοκτόνο florasulam+2,4-D να έχει κατά μέσο όρο αποτελεσματικότητα 98,1%, ενώ στη μελέτη του Travlos (2012) η αποτελεσματικότητα ήταν 97,5%.

Σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε για την αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων για τη μικρόκαρπη κολλησιίδα, όπου η τιμή για το ζιζανιοκτόνο

Α ήταν 93,6%, ενώ η αποτελεσματικότητα για τα Β και Γ ήταν 10,1% και 12,2%, αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα υποδεικνύει δείχνει ανάπτυξη ανθεκτικότητας του ζιζανίου αυτού στα συγκεκριμένα ζιζανιοκτόνα. Το ζιζανιοκτόνο Γ είχε ως δραστικές ουσίες τις rygoxulam και florasulam, που δρουν ως παρεμποδιστές της δράσης της οξικογαλακτικής συνθάσης στη βιοσυνθετική οδό της βαλίνης, λευκίνης και ισολευκίνης, ενώ το Β είχε τις δραστικές ουσίες rygoxulam, florasulam και 2,4-D. Σε μελέτη των Liu et al. (2019) για την ανθεκτικότητα ζιζανίων στην Κίνα αναφέρεται ανθεκτικότητα σε καλλιέργειες σιταριού φυτών του είδους *Galium aparine* στους αναστολείς του ενζύμου οξικογαλακτική συνθάση. Ακόμη, στη μελέτη των Papanagiotou et al. (2019) για την ανθεκτικότητα των ειδών *Galium* σε ζιζανιοκτόνα που δρουν ως αναστολείς του ενζύμου οξικογαλακτική συνθάση, αναφέρθηκαν 3 πληθυσμοί του είδους *Galium spurium* L. που παρουσίασαν ανθεκτικότητα στο florasulam+2,4-D. Επίσης, οι Beckie et al. (2012) σε μελέτη που πραγματοποίησαν στον Καναδά για την ανάπτυξη ανθεκτικότητας της μικρόκαρπης κολλητσίδα σε ζιζανιοκτόνα με παρόμοια δράση, διαπίστωσαν ότι δύο πληθυσμοί του φυτού ήταν ανθεκτικοί στο ζιζανιοκτόνο imazethapyr και ένας από τους δύο στο ζιζανιοκτόνο florasulam.

4.2. Συμπεράσματα

Τα κύρια συμπεράσματα από το συγκεκριμένο πείραμα που είχε ως στόχο την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων κατά των ειδών αγριοβρώμη (στενόφυλλο ζιζάνιο), λαψάνα και μικρόκαρπη κολλητσίδα (πλατύφυλλα ζιζάνια) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού είναι τα εξής:

- ✓ Η υψηλότερη **πυκνότητα** (37,7 φυτά/m²) και **βιομάζα** (288,04 kg/στρέμμα) των ζιζανίων σημειώθηκε στον αψέκαστο μάρτυρα.
- ✓ Η **μικρόκαρπη κολλητσίδα** δεν **καταπολεμήθηκε** από τα ζιζανιοκτόνα rygoxulam+florasulam+2,4-D και rygoxulam+florasulam, αποτέλεσμα που φανερώνει **την ανάπτυξη ανθεκτικότητας** σε ζιζανιοκτόνα που αναστέλλουν **το ένζυμο οξικογαλακτική συνθάση (ALS)**.

- ✓ Η μεγαλύτερη ανάπτυξη της καλλιέργειας (**ύψος φυτών: 101,8 cm, βιομάζα καλλιέργειας: 1054,4 kg/στρέμμα**) καταγράφηκε στο μίγμα bromoxynil+2,4-D και mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-methyl-sodium λόγω της αποτελεσματικής καταπολέμησης (93,6%) του ζιζανίου μικρόκαρπη κολλητσίδα.
- ✓ Ο **δείκτης συγκομιδής** κατέγραψε την μεγαλύτερη τιμή στην επέμβαση των ζιζανιοκτόνων bromoxynil+2,4-D και mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium.
- ✓ Η **απόδοση σε σπόρο** μειώθηκε λόγω του έντονου **ανταγωνισμού του συνόλου των ζιζανίων** (λαψάνα, αγριοβρώμη και μικρόκαρπη κολλητσίδα) στον αφέκαστου μάρτυρα **κατά 42,6%** σε σύγκριση με το μίγμα των ζιζανιοκτόνων bromoxynil+2,4-D και mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdel-Wahab, S. I., Aioub, A. A., Salem, R. E., & El-Sobki, A. E. (2021). Do the herbicides pinoxaden, tribenuron-methyl, and pyroxsulam influence wheat (*Triticum aestivum* L.) physiological parameters? *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51961-51970.
- Alizade, S., Keshkar, E., Mokhtassi-Bidgoli, A., Sasanfar, H., & Streibig, J. C. (2021). Effect of drought stress on herbicide performance and photosynthetic activity of *Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (winter wild oat) and *Hordeum spontaneum* (wild barley). *Weed Research*, 61(4), 288-297.
- Anthimidou, E., Ntoanidou, S., Madesis, P., & Eleftherohorinos, I. (2020). Mechanisms of *Lolium rigidum* multiple resistance to ALS- and ACCase-inhibiting herbicides and their impact on plant fitness. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 164, 65-72.
- Arzani, A., & Ashraf, M. (2017). Cultivated ancient wheats (*Triticum* spp.): A potential source of health-beneficial food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 477-488.
- Awan, T. H., Iqbal, S., Saleem, M. U., Hussain, S., Khalid, U. B., & Ahmed, S. (2021). Herbicide options for effective and economical weed management for sustainable wheat production. *International Journal of Agriculture & Biology*, 26, 479–489.
- Barros, J. F., Basch, G., & de Carvalho, M. (2007). Effect of reduced doses of a post-emergence herbicide to control grass and broad-leaved weeds in no-till wheat under Mediterranean conditions. *Crop Protection*, 26(10), 1538-1545.
- Becker, J., Schroeder, J., Larelle, D., Erdeil, I., Homa, U., & Gast, R. (2008). DOW 00742 H (GF-1361) - A novel cereal herbicide containing a new active ingredient (pyroxsulam) and florasulam with a broad activity on grass and dicotyledonous weeds. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 21, 623-628.

- Beckie, H. J., Warwick, S. I., Sauder, C. A., Kelln, G. M., & Lozinski, C. (2012). Acetolactate synthase inhibitor-resistant false cleavers (*Galium spurium*) in Western Canada. *Weed Technology*, 26(1), 151-155.
- Behdarvand, P., Chinchankar, G. S., & Dhumal, K. N. (2013). Effects of different nitrogen levels on competition between wild mustard, *Sinapis arvensis* L. and wheat, *Triticum aestivum* L. *Advances in Environmental Biology*, 4909-4914.
- Bi, Y., Han, L., Song, S., Yao, W., Qin, F., Xu, Y., & Wu, Q. (2020). Method validation, storage stability and field trial for residues of florasulam and pyroxsulam in cereal by liquid chromatography with tandem mass spectrometry. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(5), 793-803.
- Carles, L., Martin-Laurent, F., Devers, M., Spor, A., Rouard, N., Beguet, J., Besse-Hoggan, P., & Batisson, I. (2021). Potential of preventive bioremediation to reduce environmental contamination by pesticides in an agricultural context: A case study with the herbicide 2, 4-D. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 125740.
- Carpenter, K., Cottrell, H. J., De Silva, W. H., Heywood, B. J., Leeds, W. G., Rivett, K. F., & Soundy, M. L. (1964). Chemical and biological properties of two new herbicides - ioxynil and bromoxynil. *Weed Research*, 4(3), 175-195.
- Castillejo-González, I. L., De Castro, A. I., Jurado-Expósito, M., Peña, J. M., García-Ferrer, A., & López-Granados, F. (2019). Assessment of the persistence of *Avena sterilis* L. patches in wheat fields for site-specific sustainable management. *Agronomy*, 9(1), 30.
- Cessna, A. J., Knight, J. D., Ngombe, D., & Wolf, T. M. (2017). Effect of temperature on the dissipation of seven herbicides in a biobed matrix. *Canadian Journal of Soil Science*, 97(4), 717-731.
- Chaudhary, S., Hussain, M., & Iqbal, J. (2011). Chemical weed control in wheat under irrigated conditions. *Journal of Agricultural Research*, 49(3), 253-261.

- Chen, X. X., Li, W. M., Wu, Q., Zhi, Y. N., & Han, L. J. (2011). Bromoxynil residues and dissipation rates in maize crops and soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(6), 1659-1663.
- Chhokar, R. S., Sharma, R. K., & Sharma, I. (2012). Weed management strategies in wheat-A review. *Journal of Wheat Research*, 4(2), 1-21.
- Dhima, K., & Eleftherohorinos, I. (2005). Wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) competition with three winter cereals as affected by nitrogen supply. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191(4), 241-248.
- Ελευθεροχωρινός, Η. Γ. (2014). *Ζιζανιολογία: Ζιζάνια, ζιζανιοκτόνα, περιβάλλον, αρχές και μέθοδοι διαχείρισης* (4η έκδοση). Αθήνα: Εκδόσεις ΑγροΤύπος.
- FAO (2022). FAOSTAT database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/> (5/2/2022)
- Gaba, S., Gabriel, E., Chadœuf, J., Bonneau, F., & Bretagnolle, V. (2016). Herbicides do not ensure for higher wheat yield, but eliminate rare plant species. *Scientific Reports*, 6(1), 1-10.
- Heap, I. (2022). International Survey of Herbicide Resistant Weeds. [Online]. Retrieved from <http://www.weedscience.org> (05/02/2022).
- Imran & Amanullah (2022). Assessment of chemical and manual weed control approaches for effective weed suppression and maize productivity enhancement under maize-wheat cropping system. *Gesunde Pflanzen* 74, 167–176.
- Jackson, R., Ghosh, D., & Paterson, G. (2000). The soil degradation of the herbicide florasulam. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 56(12), 1065-1072.
- Karkanis A., Travlos I.S., Bilalis D.J. and Tabaxi E.I. (2016). Integrated weed management in winter cereals in southern Europe (Book Chapter). In I.S. Travlos, D. Bilalis & D. Chachalis (Eds.), *Weed and pest control: Molecular*

biology, practices and environmental impact (pp. 1-15). New York: Nova Science Publishers.

Karkanis, A. C., Vellios, E., Grigoriou, F., Gkrimpizis, T., & 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.

Kissing Kucek, L., Mallory, E. B., Darby, H. M., Dawson, J. C., & Sorrells, M. E. (2021). Breeding wheat for weed-competitive ability: I. correlated traits. *Euphytica*, 217(11), 1-15.

Knossow, N., Siebner, H., & Bernstein, A. (2020). Isotope analysis method for the herbicide bromoxynil and its application to study photo-degradation processes. *Journal of Hazardous Materials*, 388, 122036.

Liu, X., Xiang, S., Zong, T., Ma, G., Wu, L., Liu, K., ... & Bai, L. (2019). Herbicide resistance in China: a quantitative review. *Weed Science*, 67(6), 605-612.

Λόλας Π.Χ. (2014). *Ζιζάνια: Αναγνώριση, μορφολογία, βιολογία, κατάταξη, ζημιές, ωφέλειες, διαχείριση*. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.

Magnoli, K., Carranza, C. S., Aluffi, M. E., Magnoli, C. E., & Barberis, C. L. (2020). Herbicides based on 2,4-D: its behavior in agricultural environments and microbial biodegradation aspects. A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(31), 38501-38512.

Mahajan, G., & Chauhan, B. S. (2021). Interference of wild oat (*Avena fatua*) and sterile oat (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*) in wheat. *Weed Science*, 69(4), 485-491.

Nath, C. P., Hazra, K. K., Kumar, N., Singh, S. S., Praharaj, C. S., Singh, U., ... & Nandan, R. (2022). Impact of crop rotation with chemical and organic fertilization on weed seed density, species diversity, and community structure after 13 years. *Crop Protection*, 153, 105860.

- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.
- Ordaz-Guillén, Y., Galíndez-Mayer, C. J., Ruiz-Ordaz, N., Juárez-Ramírez, C., Santoyo-Tepole, F., & Ramos-Monroy, O. (2014). Evaluating the degradation of the herbicides picloram and 2, 4-D in a compartmentalized reactive biobarrier with internal liquid recirculation. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(14), 8765-8773.
- Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ. (2012). *Ειδική Γεωργία, Σιτηρά και Ψυχανθή* (σελ. 31-147). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- Papapanagiotou, A. P., Damalas, C. A., Bosmali, I., Madesis, P., Menexes, G. C., & Eleftherohorinos, I. G. (2019). *Galium spurium* and *G. aparine* resistance to ALS-inhibiting herbicides in northern Greece. *Planta Daninha*, 37.
- Papapanagiotou, A. P., Damalas, C. A., Menexes, G. C., & Eleftherohorinos, I. G. (2020). Resistance levels and chemical control options of sterile oat (*Avena sterilis* L.) in Northern Greece. *International Journal of Pest Management*, 66(2), 106-115.
- Peterson, M. A., McMaster, S. A., Riechers, D. E., Skelton, J., & Stahlman, P. W. (2016). 2,4-D past, present, and future: a review. *Weed Technology*, 30(2), 303-345.
- Petroselli, V., Radicetti, E., Langeroodi, A. S., Allam, M., & Mancinelli, R. (2021). Weed spectrum in durum wheat under different soil tillage and fertilizer application in mediterranean environment. *Sustainability*, 13(13), 7307.
- PubChem (2022). Retrieved from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov> (6/2/2022)
- Qiao, Y., Chen, G., Ma, C., Tao, B., Ma, H., Zhang, X., & Liu, F. (2019). Identification of photoproducts of florasulam in water using UPLC-QTOF-MS. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(7), 7132-7142.

- Raza, T., Khan, M. Y., Nadeem, S. M., Imran, S., Qureshi, K. N., Mushtaq, M. N., Sohaib, M., Schmalenberger, A., & Eash, N. S. (2021). Biological management of selected weeds of wheat through co-application of allelopathic rhizobacteria and sorghum extract. *Biological Control*, 164, 104775.
- Rouchaud, J., Moulard, C., Eelen, H., & Bulcke, R. (2003). Persistence of the sulfonylurea herbicide iodosulfuron-methyl in the soil of winter wheat crops. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 85(4-6), 103-120.
- Shahzad, M., Jabran, K., Hussain, M., Raza, M. A. S., Wijaya, L., El-Sheikh, M. A., & Alyemeni, M. N. (2021). The impact of different weed management strategies on weed flora of wheat-based cropping systems. *PLoS ONE* 16(2): e0247137.
- Shahzad, M., Hussain, M., Jabran, K., Farooq, M., Farooq, S., Gašparovič, K., Barboricova, M., Aljuaid, B.S., El-Shehawi, A.M., & Zuan, A. T. K. (2021). The impact of different crop rotations by weed management strategies' interactions on weed infestation and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, 11(10), 2088.
- Sharma, N., Kumar, A., Sharma, B. C., Kumar, R., Verma, A., & Kumar, M. (2021). Effects of sowing dates and weed management on weed growth and nutrients depletion by weeds and uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.) under shivalik foothills plains of Jammu. *Bangladesh Journal of Botany*, 50(2), 311-318.
- Sinclair, T.R. (2019). "The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria" by C.M. Donald and J. Hamblin, *Advances in Agronomy* (1976) 28:361–405. *Crop Science*, 59: 850-852.
- Travlos, I. S. (2012). Reduced herbicide rates for an effective weed control in competitive wheat cultivars. *International Journal of Plant Production*, 6(1), 1-13
- Travlos, I., Tsekoura, A., Antonopoulos, N., Kanatas, P., & Gazoulis, I. (2021). Novel sensor-based method (quick test) for the in-season rapid evaluation

of herbicide efficacy under real field conditions in durum wheat. *Weed Science*, 69(2), 147-160.

Yu, J., McCullough, P. E., & Czarnota, M. A. (2018). Physiological basis for tall fescue (*Festuca arundinacea*) tolerance to florasulam. *Weed Technology*, 32(4), 353-359.

Zablotowicz, R. M., Krutz, L. J., Accinelli, C., & Reddy, K. N. (2009). Bromoxynil degradation in a Mississippi silt loam soil. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 65(6), 658-664.

Zargar, M., Kavhiza, N. J., Bayat, M., & Pakina, E. (2021). Wild mustard (*Sinapis arvensis*) competition and control in rain-fed spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*, 11(11), 2306.

Ζιώγας, Β. και Μαρκόγλου, Α. (2017). *Γεωργική φαρμακολογία: Βιοχημεία, φυσιολογία, μηχανισμοί δράσης και χρήσεις των φυτοπροστατευτικών προϊόντων*. Αθήνα: Greebooks publications.