



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ,
ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ & ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Αξιολόγηση της καλλιεργητικής πρακτικής της ψευδοσποράς
σε συνδυασμό με χημική ζιζανιοκτονία σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού
(*Triticum durum*)



Δημήτριος Κ. Ντοβάκος

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ηλίας Τραυλός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2024**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Αξιολόγηση της καλλιεργητικής πρακτικής της ψευδοσποράς
σε συνδυασμό με χημική ζιζανιοκτονία σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού
(*Triticum durum*)

“Evaluation of false seedbed practice in combination with chemical
herbicide in durum wheat crop”

Δημήτριος Κ. Ντοβάκος

Εξεταστική Επιτροπή:

Ηλίας Τραυλός, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Παναγιώτα Παπαστυλιανού, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Ιωάννα Κακαμπούκη, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

Αξιολόγηση της καλλιεργητικής πρακτικής της ψευδοσποράς σε συνδυασμό με χημική ζιζανιοκτονία σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού (*Triticum durum*)

ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών & στην Αγρομετεωρολογία

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε πείραμα που διεξήχθη μεταξύ Νοεμβρίου 2022 και Ιουνίου 2023 στην περιοχή της Ομβριακής Δομοκού, αξιολογήθηκε η επίδραση της καλλιεργητικής πρακτικής της ψευδοσποράς σε συνδυασμό με χημική ζιζανιοκτονία στην απόδοση της καλλιέργειας σκληρού σιταριού αλλά και στην ανάπτυξη και πυκνότητα των ζιζανίων. Ο παράγοντας της ψευδοσποράς είχε 8 επίπεδα: Συμβατική σπορά (απευθείας σπορά), Συμβατική σπορά + EPOST, Ψευδοσπορά με επιφανειακή εδαφοκατεργασία, Ψευδοσπορά με επιφανειακή εδαφοκατεργασία + EPOST, Ψευδοσπορά με glyphosate¹ στα 720 g a.e. ha⁻¹, Ψευδοσπορά με glyphosate¹ στα 720 g a.e. ha⁻¹ + EPOST, Ψευδοσπορά με glyphosate στα 540 g a.e. ha⁻¹, Ψευδοσπορά με glyphosate¹ στα 540 g a.e. ha⁻¹ + EPOST.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ψευδοσπορά με glyphosate στα 540 g a.e. ha⁻¹ αύξησε την απόδοση της καλλιέργειας σε καρπούς κατά 50% σε σύγκριση με τον μη επεξεργασμένο μάρτυρα. Η μεταχείριση της ψευδοσποράς με glyphosate στα 540 g a.e. ha⁻¹ + EPOST είχε παρόμοια θετική επίδραση στην απόδοση της καλλιέργειας. Οι μεταχειρίσεις της συμβατικής σποράς + EPOST και της ψευδοσποράς με επιφανειακή εδαφοκατεργασία + EPOST έδωσαν χαμηλότερες αποδόσεις σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις της ψευδοσποράς με glyphosate στα 720 g a.e. ha⁻¹ + EPOST και της ψευδοσποράς με glyphosate¹ στα 540 g a.e. ha⁻¹ + EPOST.

Επιστημονική περιοχή: Καλλιεργητικές πρακτικές

Λέξεις κλειδιά: Ψευδοσπορά, σκληρό σιτάρι, ζιζάνια, αντιμετώπιση ζιζανίων, καλλιεργητικές πρακτικές, ζιζανιοκτόνο

Evaluation of false seedbed practice in combination with chemical herbicide in durum wheat crop

*MSc Innovative Application in Sustainable Agriculture, Plant Breeding & Agrometeorology
Department of Crop Science
Laboratory of Agriculture*

ABSTRACT

In a field experiment conducted between November 2022 and June 2023 in the region of Omvriakí, Domokou, the effects of false seedbed combined with chemical weed control on the yield of durum wheat cultivation, as well as on the growth and density of weeds, was evaluated. The factor of false seedbed had 8 levels: Conventional sowing (direct sowing), Conventional sowing + EPOST, False seedbed with superficial soil tillage, False seedbed with superficial soil tillage + EPOST, False seedbed with glyphosate 1 at 720 g a.e. ha⁻¹, False seedbed with glyphosate 1 at 720 g a.e. ha⁻¹ + EPOST, False seedbed with glyphosate at 540 g a.e. ha⁻¹, False seedbed with glyphosate 1 at 540 g a.e. ha⁻¹ + EPOST.

The results showed that false seedbed with glyphosate at 540 g a.e. ha⁻¹ increased crop yield by 50% compared to the untreated control. The treatment of false seedbed with glyphosate at 540 g a.e. ha⁻¹ + EPOST had a similarly positive effect on crop yield. The treatments of conventional sowing + EPOST and false seedbed with superficial soil tillage + EPOST led to lower yields compared to the treatments of false seedbed with glyphosate at 720 g a.e. ha⁻¹ + EPOST and false seedbed with glyphosate 1 at 540 g a.e. ha⁻¹ + EPOST.

Scientific area: Cultural practices

Keywords: False seedbed, durum wheat, weeds, weed control, cultural practices, herbicide

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έχοντας ολοκληρώσει την εκπόνηση αυτής της πειραματικής μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω εγκάρδια όλους όσους με βοήθησαν για τη διεκπεραίωσή της.

Πρωταρχικά οφείλω να ευχαριστήσω προσωπικά τον επιβλέποντα μου Καθηγητή κ. Ηλία Τραυλό για την ανάθεση της μελέτης ενός σημαντικού θέματος με ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον, για την ομαλή καθοδήγηση και την εξαιρετική συνεργασία τόσο κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή αυτής της μελέτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής Καθηγήτρια κ. Παπαστυλιανού Παναγιώτα, καθώς και την Επίκουρη Καθηγήτρια κ. Κακαμπούκη Ιωάννα.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ. Ι. Γαζούλη, κ. Ν. Αντωνόπουλο για τη συμβολή τους στο πείραμα. Ευχαριστώ επίσης, όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Γεωργίας για το όμορφο περιβάλλον.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κοινότητα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και κάθε καθηγητή που συνέβαλε στην εκπαίδευση των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου για όλη την αγάπη και έμπρακτη στήριξη καθώς και τους αγαπημένους μου φίλους για την υποστήριξη που μου παρέχουν κάθε στιγμή και σε κάθε βήμα στη ζωή μου.

Με την άδεια μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 Η καλλιέργεια του σιταριού	7
1.1.1 Καταγωγή και διάδοση	7
1.1.2 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή	7
1.1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	9
1.1.4 Βοτανική ταξινόμηση	10
1.1.5 Κριτήρια διάκρισης ποικιλιών	11
1.1.6 Ποικιλίες σκληρού σιταριού	12
1.1.7 Οικολογική προσαρμοστικότητα	12
1.1.8 Ανταγωνιστικά ζιζάνια προς το σιτάρι	13
1.2.1 Το πρόβλημα των ζιζανίων στη γεωργική παραγωγή	20
1.2.2 Διάκριση ζιζανίων	21
1.2.3 Χημικός έλεγχος	21
1.2.4 Εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης ζιζανίων	23
1.2.5 Ολοκληρωμένη Διαχείριση Ζιζανίων	24
1.2.6 Η πρακτική της ψευδοσποράς	25
1.3 Σκοπός μελέτης	30
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	31
2.1 Γενικά	31
2.2 Επιλογή γενετικού υλικού	31
2.3 Επιλογή πειραματικών επεμβάσεων	31
2.5 Σπορά	32
2.7 Μετρήσεις	33
2.7.1 Πυκνότητα ζιζανίων	33
2.8 Στατιστική ανάλυση δεδομένων	34
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	35
3.1 1 ^η αξιολόγηση πυκνότητας ζιζανίων	35
3.2 2 ^η αξιολόγηση πυκνότητας ζιζανίων	38
3.3 Αξιολόγηση βιομάζας των ζιζανίων	40
3.4 Αξιολόγηση αποδόσεων σκληρού σιταριού	43
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	47
4.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	48
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49
5.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ	49
5.2 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ	49
5.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ	55

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η καλλιέργεια του σιταριού

1.1.1 Καταγωγή και διάδοση

Το σιτάρι ή σίτος (*Triticum sp.*) αποτελεί φυτικό είδος που ανήκει στο γένος *Triticum*, αγρωστώδες (*Poaceae*) και είναι διπλοειδές ($2n=14$), τετραπλοειδές ($2n=28$) ή εξαπλοειδές ($2n=42$) ανάλογα το είδος.

Η καταγωγή του είναι από την Μέση Ανατολή. Είναι από τα πρώτα φυτά που εξημερώθηκαν και καλλιεργήθηκαν από τον άνθρωπο. Από τις αρχές της ανθρώπινης ύπαρξης, τα ζωτικής σημασίας σιτηρά έκαναν αισθητή την παρουσία τους. Η σπουδαιότητα τους φαίνεται από την ανάπτυξη ορισμένων ιστορικών αρχαίων πολιτισμών όπως των Βαβυλωνίων και των Αιγυπτίων. Αναφερόμενοι στο σήμερα, το σιτάρι εξακολουθεί να διαδραματίζει σημαντικότατο ρόλο στην παγκόσμια γεωργία και τα προϊόντα αποτελούν τη βάση της διατροφής του πληθυσμού του πλανήτη μας. Οι άγριοι απόγονοι του σιταριού κατείχαν χαρακτηριστικά που διευκόλυναν τη διαίωνιση του είδους. Η μεγάλη σημασία των σιτηρών παγκόσμια οφείλεται στο ότι σε εκτατικές συνθήκες καλλιέργειας παράγουν περισσότερο από όλες τις άλλες κατηγορίες φυτών. Επιπλέον, παρουσιάζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, αποτελούν την κύρια πηγή τροφίμων και αποθηκεύονται εύκολα γιατί περιέχουν μικρό ποσοστό υγρασίας. Πιο συγκεκριμένα, το σιτάρι είναι φυτό εύκρατων περιοχών, οι κυριότερες ζώνες καλλιέργειας του εκτείνονται $30-60^{\circ}$ και $25-40^{\circ}$ γεωγραφικό πλάτος. Ο υγρός και ψυχρός καιρός κατά την περίοδο της βλαστικής ανάπτυξης και οι μέτριες θερμοκρασίες στον σχηματισμό των κόκκων αποτελούν το ιδανικό κλίμα ανάπτυξης του σιταριού. Ωστόσο, οι περιοριστικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες των βόρειων περιοχών, το υψόμετρο στις ορεινές περιοχές, η φωτοπερίοδος στις τροπικές περιοχές και οι ασθένειες που αναπτύσσονται.

1.1.2 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή

Ο σίτος αποτελεί το πρώτο σε σπουδαιότητα χειμερινό σιτηρό σε παγκόσμια κλίμακα. Ο σίτος είναι πρωτεύον δημητριακό στο παγκόσμιο εμπόριο με 650-685 εκ. τόνους παραγωγής, 654-660 εκ. τόνους κατανάλωσης καθώς και αποθέματα που προσεγγίζουν περίπου τους 160-190 εκ. τόνους ετησίως. Το 2019 η συνολική έκταση καλλιεργούμενου σιταριού ανήλθε στα 216 εκ. στρ. με συνολική απόδοση 766 εκ. τόνους. Η μέση παγκόσμια απόδοση εκείνη την περίοδο ήταν 355 kg/στρέμμα. Την ίδια χρονιά η Ασία ήταν η ήπειρος που είχε τα πρωτεία στην παραγωγή το 44% της παγκόσμιας κλίμακας, ενώ η Ευρώπη κατείχε το 35%.

Με βάση δεδομένα του FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations), η καλλιεργούμενη έκταση σιταριού στην Ελλάδα το 2019 ανήλθε στα 3.504.900 στρέμματα καθώς επίσης η παραγωγή ανήλθε στους 970.000 τόνους. Η μέση στρεμματική απόδοση και το 2019 έφτασε τα 280kg/στρέμμα και αυξήθηκε από τα 130kg/στρέμμα το 1961 (FAO).

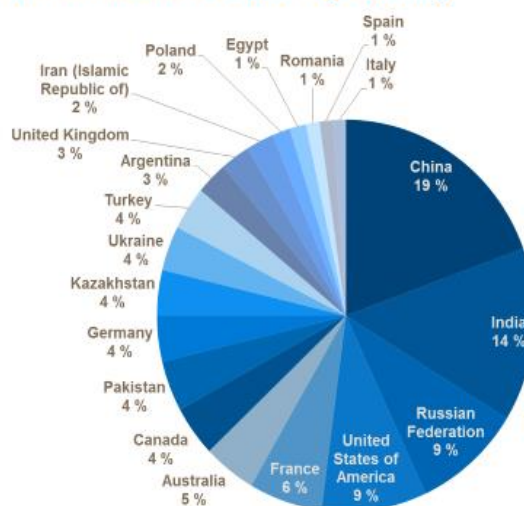
	Year		
	2008/9	2009/10	2010/11
Production (mt)	683.9	685.7	655.4
Utilization (mt)	645.7	656.1	658.7
Ending stocks (mt)	159.9	188.8	185.4

REF: Faostats

Εικόνα 1: Παραγωγή, κατανάλωση και απόθεμα σιταριού 2008-2011 (πηγή: FAOstat 2019)

Σήμερα, οι κυριότερες σιτοπαραγωγικές χώρες είναι κατά σειρά: η Κίνα που παράγει το 19% της συνολικής παραγωγής (130 εκ. τόνους), η Ινδία (14%) (90 εκ.), η Ρωσία (9%), οι Η.Π.Α. (9%), η Γαλλία (6%), η Αυστραλία (5%), ο Καναδάς (4%). Οι σημαντικότερες χώρες που εξάγουν σιτάρι είναι η Αργεντινή, η Αυστραλία, ο Καναδάς και οι Η.Π.Α.

World Wheat Production by Country

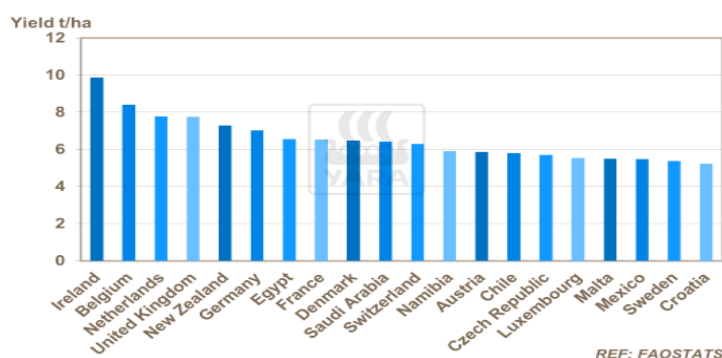


REF:FAOSTATS 2011

Εικόνα 2: Απεικόνιση παγκόσμιας παραγωγής σιταριού το 2011 (πηγή FAOstat 2011)

Παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ των αποδόσεων του σιταριού σε παγκόσμια κλίμακα. Οι υψηλές αποδόσεις επικρατούν στη Β. και Κ. Ευρώπη όπου οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές. Αντίθετα, σε μέρη με ακραίο κλίμα οι αποδόσεις εμφανίζονται μικρότερες.

Top 20 wheat yields (t/ha) by country (2011)



Γράφημα 1: Απεικόνιση των πιο παραγωγικών χωρών σε t/εκτάριο

1.1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά του σιταριού είναι το ριζικό σύστημα, τα στελέχη, τα φύλλα, οι ταξιανθίες και οι σπόροι.

Ειδικότερα, στο ριζικό σύστημα υπάρχουν 3-5 δευτερογενείς εμβρυακές ρίζες. Σε εδάφη καλά στραγγιζόμενα με μεγαλύτερο βάθος φθάνει μέχρι και τα 2,5 μέτρα αλλά το μεγαλύτερο ποσοστό των ριζών βρίσκεται στα υψηλότερα εδαφικά στρώματα. Η ποικιλία είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την έκταση του ριζικού συστήματος. Περισσότερο αναπτυγμένο ριζικό σύστημα έχουν οι ποικιλίες που είναι ανθεκτικότερες στη ξηρασία.

Το στέλεχος (βλαστός) του σίτου είναι κάλαμος, κοίλος στα μεσογονάτια και πλήρης στους κόμβους. Υπάρχει το βασικό και τα αδέρφια, που αποτελούνται από κενά μεσογονάτια διαστήματα και 7-9 συμπαγή γόνατα. Ο κάλαμος έχει μήκος 0,6-1,5 m και πάχος 2-10 mm. Η ξυλοποίηση πραγματοποιείται μετά το ξεστάχυασμα. Από τους οφθαλμούς της βάσης παράγονται τα αδέρφια.

Τα φύλλα είναι 7-9 στο κύριο στέλεχος. Το σημαντικότερο είναι το ανώτερο (φύλλο σημαία) το οποίο παρέχει τις απαραίτητες φωτοσυνθετικές ουσίες στον αναπτυσσόμενο καρπό. Είναι το μεγαλύτερο και το πλατύτερο από όλα τα υπόλοιπα. Περιλαμβάνουν τον κολεό, το έλασμα, τις γλωσσίδες και τα ωτία. Τα ωτία είναι μικρά και τριχωτά και η γλωσσίδα είναι μικρή.

Όλα τα γόνιμα στελέχη φέρουν ένα επάκριο στάχυ με 22-24 σταχύδια που βρίσκονται πάνω στη ράχη ενναλάξ. Το μήκος του στάχυ κυμαίνεται από 5-15 εκατοστά. Τα σταχύδια μπορεί να είναι πυκνά ή αραιά. Κατά κύριο λόγο, οι συμπαγέστεροι στάχτες έχουν μικρότερο μήκος και οι πιο αραιοί μεγαλύτερο. Ο στάχτης του σκληρού σιταριού είναι περισσότερο συμπαγής με μήκος 6-8 εκατοστά και του μαλακού 7-10 εκατοστά. Κάθε σταχύδιο φέρει συνήθως 2-9 ανθίδια κατά μήκος του ραχιδίου από τα οποία 1-2 ανώτερα είναι στείρα και 2 λέπυρα (εξωτερικά). Τις περισσότερες φορές παράγονται 2-3 καρποί. Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν τον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ κατά τη διαφοροποίηση αυτών. Κάθε άνθος έχει μια μονόχωρη ωοθήκη και τρεις στήμονες. Τα αυτεπικονιαζόμενα ανθίδια αποτελούνται από το χιτώνα και τη λεπίδα και περιέχουν τα 6 αναπαραγωγικά όργανα. Το άκρο του χιτώνα καταλήγει σε άγανο στις αγανοφόρες ποικιλίες. Σε ξηρά και θερμά κλίματα καλλιεργούνται περισσότερο οι αγανοφόρες ποικιλίες, οι οποίες θεωρούνται οι πιο παραγωγικές. Αντίθετα, στις εύκρατες περιοχές ευδοκιμούν οι ποικιλίες χωρίς άγανα. Τα άγανα είναι μεταμορφωμένα φύλλα που έχουν ένα κεντρικό νεύρο που περιβάλλεται από

παρεγχυματικό ιστό. Έχουν την ικανότητα φωτοσύνθεσης και διαπνοής, αφού έχουν στόματα και χλωροπλάστες. Συμβάλλουν στις τελικές αποδόσεις ενισχύοντας με φωτοσυνθετικά προϊόντα και κυτοκινίνες τους καρπούς κατά το γέμισμα, σχεδόν διπλασιάζουν το ρυθμό καθαρής φωτοσύνθεσης του στάχυ και ταυτόχρονα παρέχουν προστασία των στάχων από προσβολές πουλιών. Τέλος, τα άγανα έχουν σημαντική συμβολή υπό συνθήκες έλλειψης νερού όπου συνεχίζουν να αφομοιώνουν αποτελεσματικά.

Οι σπόροι είναι ωοειδείς, μήκους σχεδόν 4-10mm και περιλαμβάνουν τριχίδια στην κορυφή τους. Το βάρος 1000 σπόρων υπολογίζεται στα 40-60g. Όσο αφορά το χρώμα, υπάρχουν ποικίλες αποχρώσεις από κόκκινο μέχρι λευκό και εξαρτάται από το λήθαργο των σπόρων. Η δομή του ενδοσπερμίου χαρακτηρίζει τον σπόρο είτε ως μαλακό (αλευρώδες ενδοσπέρμιο), είτε ως σκληρό (υαλώδες ενδοσπέρμιο) ή ημίσκληρο (ενδιάμεσης δομής).

Το σιτάρι είναι κατά κύριο λόγο αυτογονιμοποιούμενο φυτό ενώ έχει σταυρογονιμοποίηση σε ποσοστό 1-4%. Ο καρπός που προκύπτει είναι καρύοψη και αποτελείται από 3 δομές, το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το ενδοσπέρμιο αποτελείται από μεγάλα κύτταρα με αμυλόκοκκους, εκτός της αλευρώδους, που είναι εξωτερικά και έχει περισσότερους πρωτεϊνόκοκκους. Οι πρωτεϊνόκοκκοι βρίσκονται και εσωτερικά του ενδοσπερμίου, αλλά σε μικρότερη ποσότητα. Η αναλογία καθορίζει και τον χαρακτηρισμό των σιταριών. Στην περίπτωση των σκληρών σιταριών, οι πρωτεϊνόκοκκοι απαντώνται σε μεγαλύτερη αναλογία και δίνουν υαλώδη εμφάνιση στον καρπό. Αντίθετα, τα μαλακά σιτάρια χαρακτηρίζονται από αλευρώδη όψη, γεγονός που οφείλεται στα διάκενα αέρος εντός του ενδοσπερμίου (Μπιλάλης, Παπαστυλιανού, Τραυλός, 2019).

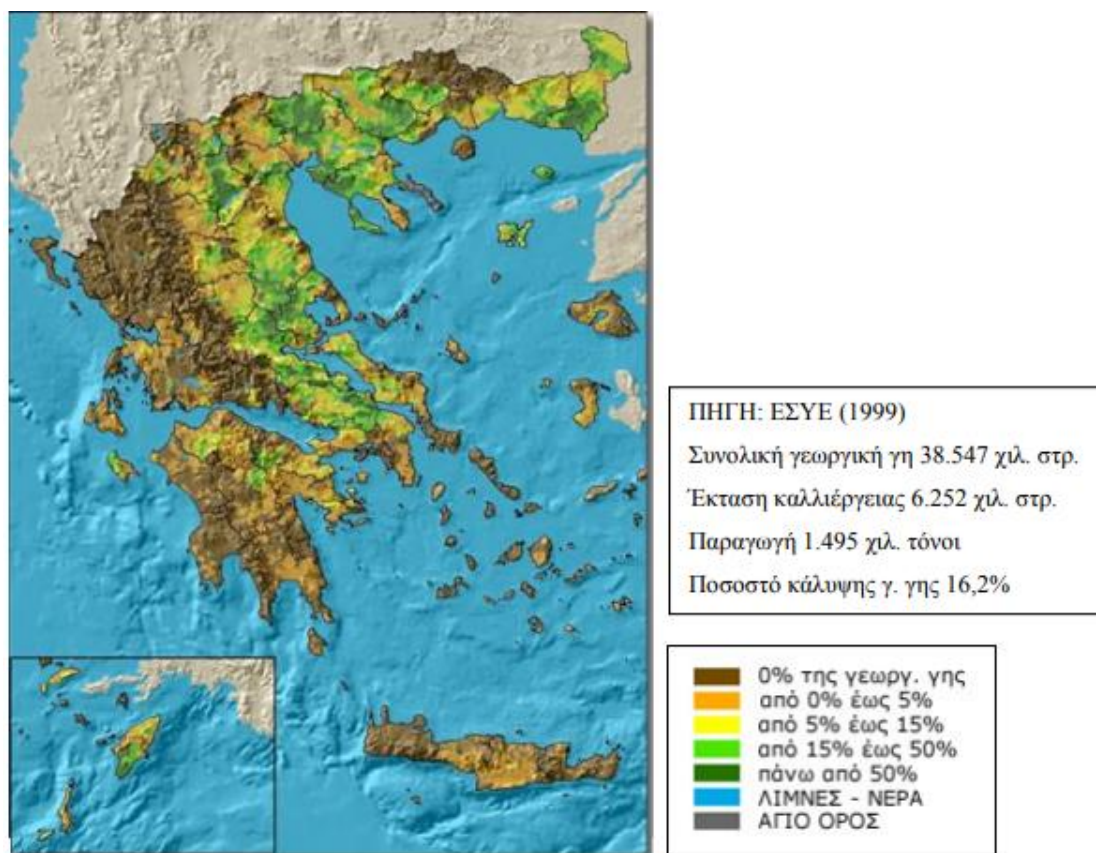
1.1.4 Βοτανική ταξινόμηση

Το σιτάρι ανήκει στο γένος *Triticum* της οικογένειας των αγρωστωδών (*Poaceae* ή *Gramineae*). Το γένος περιλαμβάνει 11 είδη, καλλιεργούμενα ή αυτοφυή. Ο βασικός χρωμοσωμικός αριθμός του γένους είναι 7. Τα διάφορα είδη ταξινομούνται σε 3 ομάδες ανάλογα με τον αριθμό των χρωμοσωμάτων. Το σιτάρι περιλαμβάνει τρία καλλιεργούμενα είδη με $2n=14$ (διπλοειδή), $2n=28$ (τετραπλοειδή), $2n=42$ χρωμοσώματα (εξαπλοειδή). Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά γονιδιώματα στα διάφορα είδη σιταριού (A, B, D, ή G).

Τα χαρακτηριστικά των καλλιεργούμενων ειδών:

1. ***Triticum monococcum*** : Καλλιεργείται μόνο σε ορισμένες τοποθεσίες της Μ. Ανατολής και της Ν. Ευρώπης για την παραγωγή μαύρου ψωμιού και σαν ζωοτροφή ζώων. Το συγκεκριμένο είδος δεν καλλιεργείται καθόλου στην Ελλάδα.
2. ***Triticum aestivum*** : Το κοινό ή μαλακό σιτάρι (*Triticum aestivum* subsp. *aestivum*), χρησιμοποιείται στην αρτοποιία, αποτελεί το πιο διαδεδομένο είδος και έχει χιλιάδες ποικιλίες.
3. ***Triticum turgidum*** : Το σκληρό σιτάρι (*Triticum turgidum* sub.sp *durum*), χρησιμοποιείται στην παραγωγή μακαρονιών (μακαρονοποιία), γλυκισμάτων

και σε προσμίξεις. Αποτελεί το πλέον κοσμοπολίτικο είδος και καλλιεργείται κυρίως στην Β. Αμερική, Ρωσία, Ινδία, Παραμεσόγειες χώρες.



Εικόνα 3: Χάρτης κλιμάκωσης της καλλιέργειας σκληρού σιταριού. Απεικονίζονται περιοχές Δημοτικών Διαμερισμάτων, στα οποία η καλλιέργεια σκληρού σιταριού καλύπτει τα ακόλουθα ποσοστά γεωργικής γης

1.1.5 Κριτήρια διάκρισης ποικιλιών

Οι βοτανικές ποικιλίες του σιταριού διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τα μορφολογικά και φυσιολογικά γνωρίσματα τους.

Μορφολογικά χαρακτηριστικά : Τα στελέχη μπορεί να διαφέρουν στο ύψος, το πάχος, το χρώμα, την αντοχή τους και την πρώτη ανάπτυξη. Επίσης, τα φύλλα διαφέρουν ελάχιστα στις ποικιλίες αυτού του είδους. Οι σταθερότερες διαφορές υπάρχουν στα στάχυα και σχετίζονται με το σχήμα, το μήκος, την συμπάγεια, την πυκνότητα των σταχυδίων, την παρουσία αγάνων, το λείο ή χνουδωτό σχήμα των λεπύρων, το χρώμα και το σχήμα των λεπύρων, το μήκος των αγάνων. Τέλος, διαφορές εντοπίζονται στους σπόρους μεταξύ των ποικιλιών και στους σπόρους του ίδιου σταχυού.

Φυσιολογικά γνωρίσματα : Η πρωιμότητα, η οποία εξασφαλίζει την παραγωγή (κίνδυνος ξηρασίας και σκωριάσεων). Ο αριθμός των αδελφιών (βαθμός αδελφώματος) έχει σημαντική γεωργική σημασία αλλά επηρεάζεται από το περιβάλλον. Η ποιότητα του προϊόντος, η αντοχή στις ασθένειες και το πλάγιασμα, η

καταλληλότητα για αρτοποιήση, μακαρονοποιία είναι επιπλέον καίριας σημασίας γνωρίσματα.

1.1.6 Ποικιλίες σκληρού σιταριού

- **Maestrale** – πολύ πρώιμη ποικιλία με μεγάλες αποδόσεις και υψηλή ποιότητα, ευρεία προσαρμοστικότητα σε διαφορετικά μικροκλίματα και ισχυρό αδελφωμα
- **Monastir** – υψηλές αποδόσεις και υψηλή ποιότητα, άριστα αγρονομικά χαρακτηριστικά και μεγάλη αντοχή στη σепτόρια
- **Secolo** – (μοντέρνο μαυραγάκι), πρώιμη ποικιλία με την καλύτερη προσαρμοστικότητα ακόμη και σε μέτριας γονιμότητας εδάφη, άριστη αντοχή σε βιοτικά και αβιοτικά stress και εξαιρετική ποιότητα σιμιγδαλιού
- **Egeo** – πολύ παραγωγική και πρώιμη ποικιλία με μεγάλη σταθερότητα αποδόσεων και υψηλή περιεκτικότητα πρωτεϊνών και γλουτένης

1.1.7 Οικολογική προσαρμοστικότητα

Αποτελεί ένα χειμερινό σιτηρό στην Ελλάδα. Πρώτο μέλημα είναι η κατανάλωση του από τον άνθρωπο και σε μικρότερα κατά πολύ ποσοστά ως κτηνοτροφικό φυτό. Τέλος, καλλιεργείται και για τη παραγωγή διαφόρων βιοχημικών προϊόντων. Το σιτάρι είναι φυτό μεγάλης προσαρμοστικότητας και μπορεί να καλλιεργηθεί σε όλα σχεδόν τα μέρη του κόσμου. Δεν μπορεί να καλλιεργηθεί στα κλίματα που είναι συνεχώς θερμά και υγρά (ασθένειες, δύσκολη η συγκομιδή και η αποθήκευση). Το καλύτερο κλίμα για το σιτάρι είναι ο ψυχρός καιρός κατά τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης του φυτού και θερμός και ξηρός κατά την περίοδο σχηματισμού των σπόρων. Στις ημίξηρες περιοχές και τα μεσογειακά κλίματα καλλιεργείται ως φθινοπωρινό ή χειμωνιάτικο. Αντίθετα, σε ηπειρωτικά κλίματα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Η εξάπλωση του εντοπίζεται μεταξύ 30 και 60 ° ΒΠ και 27 και 40 ° ΝΠ γεωγραφικό πλάτος και σε υψόμετρο από 0 έως 3.000 m. Όσο αφορά την αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες, εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία και την σκληραγώγηση των φυτών. Πιο συγκεκριμένα, η πλειονότητα των πρώιμων ποικιλιών παρουσιάζουν ευαισθησία ή ενδιάμεση αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Επίσης, οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν δυσμενώς τη βλαστική φάση, καθυστερούν την άνθιση και τη γονιμοποίηση. Γενικότερα, το σιτάρι χαρακτηρίζεται ως μέτρια ανθεκτικό στη ξηρασία και στη βροχόπτωση της τάξεως των 300mm, η οποία θεωρείται η ελάχιστη για τα μεσογειακά κλίματα. Επιπλέον, τα ιδανικά εδάφη είναι τα γόνιμα, αργιλοπηλώδη με καλή αποστράγγιση και τιμή pH= 7-8,5. Στο σημαντικό πρόβλημα της αλατότητας στις ξηρικές συνθήκες, εμφανίζει μέτρια ανθεκτικότητα. Τα όξινα εδάφη με pH μικρότερο του 5,5 δεν συνιστώνται αλλά ούτε και τα αμμώδη που επιφέρουν χαμηλότερες αποδόσεις.

1.1.8 Ανταγωνιστικά ζιζάνια προς το σιτάρι

Ένα από τα πιο απειλητικά ζιζάνια του σιταριού είναι η αγριοβρώμη, *Avena sterilis* L.. Είναι ετήσιο φυτό με όρθιο καλάμι 50 – 150 εκατοστά και πλούσιο ριζικό σύστημα. Ο χιτώνας καλύπτεται από πυκνό τρίχωμα και φέρει ισχυρό κεκαμμένο άγανο. Έχει μια ανοιχτή ταξιανθία (φόβη) με μεγάλα σταχύδια (4-4,5εκ) και ανθίζει Μάιο με Ιούνιο. Το είδος παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία.



Εικόνα 4: Απεκόνιση *Avena sterilis* L.

Ένα άλλο ανταγωνιστικό φυτό του σκληρού σιταριού είναι η παπαρούνα, *Papaver rhoeas*. Είναι αγειόσπερμο, πλατύφυλλο, δικότυλο, ποώδες ζιζάνιο των χειμερινών σιτηρών. Χαρακτηριστικά της είναι τα φύλλα, πτεροσχιδή και οδοντωτά. Προτιμά υγρά και συνεκτικά εδάφη. Τα άνθη εκφύονται μεμονωμένα σε τριχωτούς ποδίσκους και στρέφονται προς τα κάτω. Προτιμά πηλώδη και αργιλώδη εδάφη, πλούσια σε υγρασία και θρεπτικά συστατικά. Φυτρώνει το φθινόπωρο και ανθίζει την άνοιξη. Το αξιοσημείωτο είναι η ευαισθησία του ζιζανίου στα πολλά ζιζανιοκτόνα και κατά επέκταση η εύκολη αντιμετώπιση του.



Εικόνα 5: Απεικόνιση *Papaver rhoeas*

Ένα άλλο ιδιαίτερα επικίνδυνο ζιζάνιο για τη καλλιέργεια του σιταριού είναι η ήρα, *Lolium multiflorum*. Μονοετές φυτό που απαντάται σε καλλιέργειες σιταριού και σίκαλης.



Εικόνα 6: Απεικόνιση *Lolium multiflorum*

Ένα ακόμα αρκετά επιβλαβές ζιζάνιο για το πείραμα μας και την καλλιέργεια του σκληρού σιταριού είναι το άγριο σινάπι, *Sinapis arvensis*. Είναι ένα ετήσιο, πλατύφυλλο φυτό που αναπτύσσεται σε στραγγιζόμενα και αεριζόμενα εδάφη, πλούσια σε θρεπτικά συστατικά. Φτάνει τα 60 εκατοστά ύψος και έχει σκληρά αγκάθια. Οι καρποί του είναι επιμήκεις και έχουν 10-12 σπόρια.



Εικόνα 7: Απεικόνιση *Sinapis arvensis*

Άλλο ένα σημαντικό ζιζάνιο είναι η καψέλλα, *Capsela bursa-pastoris*. Ετήσιο, ποώδες, χνουδωτό φυτό με οδοντωτά και επιμήκη με μίσχο φύλλα. Φυτρώνει σχεδόν παντού κυρίως τις δροσερές περιόδους του χρόνου. Κάθε φυτό καψέλλας μπορεί να παράξει έως και 1.000 σπόρους με μεγάλη διάρκεια ζωής.



Εικόνα 8: Απεικόνιση *Capsela bursa-pastoris*

Ακόμη ένα αξιοσημείωτο ζιζάνιο για τη καλλιέργεια του σκληρού σιταριού είναι η μεγαλόκαρπη κολλητσίδα, *Galium aparine* L. Έχει προτίμηση στα γόνιμα εδάφη συγκριτικά με τα άλλα είδη του γένους. Ανταγωνίζοντας αρκετά έντονα το σκληρό σιτάρι προκαλεί αυξημένο πλάγιασμα, μειώνει την απόδοση και δυσκολεύει το θερισμό. Φυτρώνει κυρίως τους φθινοπωρινούς μήνες αλλά και μέχρι τις αρχές της άνοιξης. Οι κοτυληδόνες των νεαρών φυτών είναι ωοειδείς, σαρκώδεις. Τα φύλλα είναι μικρά με τραχιά και κολλώδη επιφάνεια και οι καρποί σφαιροειδείς και κολλώδεις.



Εικόνα 9: Απεικόνιση *Galium aparine*

Επιπλέον, ένα αρκετά επιβλαβές ζιζάνιο για την καλλιέργεια του σιταριού είναι το καπνόχορτο, *Fumaria officinalis*. Προτιμά γόνιμα, πηλώδη εδάφη. Περιέχει αλκαλοειδή και έχει πικρή γεύση. Φυτρώνει από το φθινόπωρο μέχρι τα τέλη του χειμώνα. Οι κοτυληδόνες των νεαρών φυτών είναι μακριές και στενόμακρες, λογχοειδείς και καταλήγουν σε μυτερό άκρο. Οι βλαστοί είναι γωνιώδεις και τα φύλλα των αναπτυγμένων φυτών είναι πτεροσχιδή. Τα άνθη είναι ρόδινου χρώματος.



Εικόνα 10: Απεικόνιση *Fumaria officinalis*

Άλλο ένα ακόμα εξίσου ανταγωνιστικό ζιζάνιο του σκληρού σιταριού είναι η βερόνικα, *Veronica hederifolia* L.. Προτιμά γόνιμα, αφράτα, αργιλοπηλώδη εδάφη. Φυτρώνει το φθινόπωρο και το χειμώνα. Τα φύλλα των αναπτυγμένων φυτών είναι ωσειδή και οδοντωτά και φέρουν τρίχες. Ο βλαστός είναι έρπων και τα άνθη συνήθως γαλάζια.



Εικόνα 11: Απεικόνιση *Veronica hederifolia* L.

Τέλος, ένα ανταγωνιστικό ζιζάνιο του σκληρού σιταριού είναι το γαϊδουράγκαθο, *Silybum marianum* (L.) Gaertn. Αυτό το είδος είναι μονοετές ή διετές φυτό της οικογένειας των Asteraceae. Αυτό το αρκετά τυπικό γαϊδουράγκαθο έχει κόκκινα έως μοβ άνθη και λαμπερά ανοιχτοπράσινα φύλλα με λευκές φλέβες.

Τα φύλλα είναι επιμήκη έως λογχοειδή και μήκους 15–60 cm και τυπικά πτερωτή λοβών, με ακανθώδεις άκρες όπως τα περισσότερα γαϊδουράγκαθα. Οι καρποί είναι μαύρα αχάινια με απλό μακρύ λευκό χνούδι, που περιβάλλεται από έναν κίτρινο βασικό δακτύλιο. Το γαϊδουράγκαθο είναι μια προσαρμοστική καλλιέργεια με χαμηλές απαιτήσεις.



Εικόνα 12: Απεικόνιση *Silybum marianum* L. Gaertn.

1.2.1 Το πρόβλημα των ζιζανίων στη γεωργική παραγωγή

Ο όρος ζιζάνιο χρησιμοποιείται για φυτά που δεν καλλιεργούνται και αναπτύσσονται όπου και όταν δεν είναι επιθυμητό. Τα ζιζάνια που είναι προσαρμόσιμα σε όλα τα περιβάλλοντα και ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά για θρεπτικά συστατικά (νερό κλπ), φως και χώρο με αποτέλεσμα να υποβαθμίζουν την ποιότητα και την ποσότητα των προϊόντων ανάλογα με τα είδη των ζιζανίων που αναπτύσσονται σε μια γεωργική περιοχή, την πυκνότητα τους ανά μονάδα, το χρόνο εμφάνισης τους στην καλλιέργεια, το είδος της καλλιέργειας κ.α. Τα ζιζάνια είναι από τους σημαντικότερους περιοριστικούς παράγοντες για βιώσιμα, εντατικά συστήματα γεωργικής παραγωγής. Αποτελούν ένα προβληματικό και επεκτεινόμενο φαινόμενο παρά τις εκτεταμένες προσπάθειες καταπολέμησής τους, με περισσότερες εκτάσεις παγκοσμίως να επιβαρύνονται από υψηλότερους πληθυσμούς αυτών. (Mortensen *et al.*, 2012).

Οι απώλειες από τα ζιζάνια στη γεωργική παραγωγή κυμαίνονται μεταξύ 5% και 25% ανάλογα τη χώρα (ανεπτυγμένες, λιγότερο ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες) (Oerke *et al.*, 2004). Παρά το ότι δεν υπάρχει αξιόπιστη μελέτη που να καταγράφει την

οικονομική ζημιά που προκαλούν τα ζιζάνια σε παγκόσμια κλίμακα, είναι ευρέως γνωστό ότι οι απώλειες που προκαλούνται από τα ζιζάνια έχουν υπερβεί της απώλειες από οποιαδήποτε άλλη κατηγορία γεωργικών παρασίτων, έντομα, νηματώδεις, ασθένειες, τρωκτικά κλπ. Τα ζιζάνια προκαλούν απώλειες 45% άνα έτος στα γεωργικά προϊόντα, 30% τα έντομα, 20% οι ασθένειες και 5% άλλα παράσιτα (Rao, 2000).

1.2.2 Διάκριση ζιζανίων

Η διαφοροποίηση των ζιζανίων μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους βάση της διάρκειας που χρειάζονται για να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο. Η διαφορά σε αυτή την περίπτωση αφορά τη στρατηγική επιβίωσης του είδους όσον αφορά τα μονοετή, τα διετή και τα πολυετή. Τα μονοετή φυτά αναπαράγονται παράγοντας μεγάλο αριθμό σπόρων, τα πολυετή πολλαπλασιάζονται τόσο εγγενώς όσο και με τα όργανα αγενούς αναπαραγωγής τους, ριζώματα, στόλωνες, κονδύλους και βολβίδια. Από τις κοτυληδόνες μπορούμε να διαχωρίσουμε τα είδη ανάλογα με τον αριθμό τους. Άλλος τρόπος διάκρισης είναι βάση του αριθμού των κοτυληδόνων κάθε είδους. Αυτή η διαφοροποίηση γίνεται στα μονοκοτυλήδονα ή αγρωστώδη είδη και δικοτυλήδονα ή πλατύφυλλα φυτά. Η διάκριση αυτή είναι μάλλον κοινή κυρίως λόγω της εκλεκτικής τοξικότητας των περισσότερων οργανικών ζιζανιοκτόνων στις δύο αυτές κατηγορίες ζιζανίων (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

1.2.3 Χημικός έλεγχος

Η αντιμετώπιση των ζιζανίων στηρίζεται στη χρήση συνθετικών χημικών ουσιών, οι οποίες είτε αυτούσιες είτε σε μίγματα θανατώνουν τα ζιζάνια ή επιβραδύνουν ή παρεμποδίζουν την ανάπτυξή τους. Πρόκειται για τα ζιζανιοκτόνα και η εφαρμογή τους συνδέεται με πολλαπλά πλεονεκτήματα, που καταγράφονται παρακάτω:

- Άμεσος έλεγχος ζιζανίων σε πρώιμο στάδιο προτού δημιουργηθούν προβλήματα στην εκάστοτε καλλιέργεια.
- Έλεγχος ζιζανίων που δεν διακρίνονται εύκολα οπτικά σε σχέση με το καλλιεργούμενο φυτό στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης.
- Καταπολέμηση πολυετών ζιζανίων με βαθύρριζο ριζικό σύστημα.
- Καταπολέμηση ακανθωδών ζιζανίων.
- Μείωση του κόστους της καλλιέργειας σε ανθρώπινο δυναμικό.
- Αποφυγή της διάβρωσης των επικλινών εδαφών.
- Μείωση του κόστους της καταπολέμησης των ζιζανίων.
- Επιτάχυνση της εκμηχάνισης της παραγωγής.

Τα ζιζανιοκτόνα με βάση τα είδη των ζιζανίων που αντιμετωπίζουν διακρίνονται σε καθολικά που είναι εξίσου φυτοτοξικά σε όλα τα φυτικά είδη και τα εκλεκτικά που διακρίνονται σε αγρωστωδοκτόνα και πλατυφυλλοκτόνα.

Με βάση το βιοχημικό μηχανισμό δράσης τους, δηλαδή τη δράση τους στις κυτταρικές και μεταβολικές διεργασίες των ζιζανίων και τη φύση του δραστικού συστατικού, ταξινομούνται σε (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010):

- Ζιζανιοκτόνα με πολλαπλή δράση στις μεταβολικές διεργασίες των ζιζανίων, που περιλαμβάνουν διάφορες κυρίως ανόργανες, αλλά και οργανικές ενώσεις.

- Ζιζανιοκτόνα με εξειδικευμένη δράση στις κυτταρικές λειτουργίες ή στις μεταβολικές διεργασίες του ζιζανίου, στις φωτοχημικές λειτουργίες, στο φυτορμονικό σύστημα, στην κυτταρική αύξηση.
- Ουσίες στις οποίες το δραστικό συστατικό είναι κάποιος βιολογικός παράγοντας, γνωστά και ως βιοζιζανιοκτόνα.

1.2.3.1 Προβλήματα και περιορισμοί της χημικής ζιζανιοκτονίας

Ωστόσο αρκετοί επιστήμονες (Li *et al.*, 2003; Cox, 2006; Meksawat and Pornprom, 2010; Pot *et al.*, 2011) έχουν επισημάνει ότι η αυξημένη και σε κάποιο βαθμό η αλόγιστη χρήση των ζιζανιοκτόνων, που χαρακτηρίζει τη σύγχρονη γεωργία, συνδέεται άμεσα με την εμφάνιση προβλημάτων ιδιαίτερης σημασίας. Τα προβλήματα αυτά συνοπτικά είναι τα εξής:

- Εμφάνιση φαινομένων φυτοτοξικότητας σε φυτά που δεν αποτελούν στόχο.
- Εκδήλωση φαινομένων φυτοτοξικότητας στην ίδια την καλλιέργεια.
- Δυνατότητα των ζιζανιοκτόνων να βλάπτουν ζωικούς οργανισμούς που δεν αποτελούν σε καμία περίπτωση στόχο.
- Απειλή για τη δημόσια υγεία.
- Επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος.
- Υπολλειμματικότητα στα φυσικά ύδατα και στο έδαφος.
- Αύξηση πληθυσμών ζιζανίων, που έχουν καταστεί ανθεκτικοί σε αρκετές δραστικές ουσίες εξαιτίας των συνεχιζόμενων εφαρμογών με ζιζανιοκτόνα.

1.2.3.2 Το ζήτημα της ανθεκτικότητας των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα

Ο όρος ανθεκτικότητα (resistance) αναφέρεται στην «κληρονομική ιδιότητα μερικών βιότυπων των ζιζανίων να επιβιώνουν μετά την εφαρμογή, ακόμα και μεγαλύτερης από της συνιστώμενης δόσης κάποιου ζιζανιοκτόνου, στο οποίο ο αρχικός πληθυσμός ήταν ευαίσθητος» (LeBaron & Gressel, 1982). Η ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα αναπτύχθηκε μετά από μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι συνέβη με τα άλλα φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Ως παράδειγμα, αν και τα ζιζανιοκτόνα χλωροτριαζίνης χρησιμοποιήθηκαν από τα τέλη της δεκαετίας του 1950, η πρώτη περίπτωση αντοχής εμφανίστηκε γύρω στο 1970. Πιο συγκεκριμένα, ένα στέλεχος *Senecio vulgaris* ανθεκτικό στις χλωροτριαζίνες (atrazine, simazine) ελήφθη στην Πολιτεία της Ουάσιγκτον από ένα χωράφι όπου το ζιζανιοκτόνο simazine είχε εφαρμοστεί για πολλά χρόνια (Ryan, 1970). Από τότε, ωστόσο, ο αριθμός των ανθεκτικών ζιζανίων αυξήθηκε ραγδαία και 194 είδη ζιζανίων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα έχουν καταγραφεί παγκοσμίως. (Hear, 2010).

Υπάρχουν τρία είδη ανθεκτικότητας, η απλή, η διασταυρωτή και η πολλαπλή. Η απλή ανθεκτικότητα (simple resistance) ορίζεται ως «η ανθεκτικότητα του ζιζανίου σε ένα και μόνο ζιζανιοκτόνο, που έχει ένα συγκεκριμένο μηχανισμό δράσης». Η διασταυρωτή ανθεκτικότητα (cross resistance) ορίζεται ως «η ανθεκτικότητα του ζιζανίου σε περισσότερα από ένα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στην ίδια ή σε διαφορετικές οικογένειες με ίδιο μηχανισμό δράσης ή μεταβολισμού». Η ανθεκτικότητα αυτής της μορφής ελέγχεται από ένα μόνο γονίδιο. Επιπλέον, ένα ακόμα

είδος είναι η πολλαπλή ανθεκτικότητα (multiple resistance), η οποία αναφέρεται στην «ανθεκτικότητα του ζιζανίου σε περισσότερα από ένα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν σε οικογένειες με διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης ή μεταβολισμού».

1.2.4 Εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης ζιζανίων

Οι τρόποι διαχείρισης διακρίνονται σε: προληπτικές, καλλιεργητικές, φυσικές, μηχανικές, βιολογικές και χημικές.

Τα βασικότερα προληπτικά μέτρα που λαμβάνονται, για τη διαχείριση των ζιζανίων είναι:

- Χρήση νερού, κοπριάς και υλικών που δεν είναι μολυσμένα από σπόρους ή βλαστικά όργανα ζιζανίων.
- Χρήση σπόρων που είναι απαλλαγμένοι από σπόρους ζιζανίων.
- Προσεκτικός καθαρισμός των γεωργικών μηχανημάτων

Τα κυριότερα καλλιεργητικά μέτρα που λαμβάνονται είναι:

- Αμειψισπορά, δηλαδή η εναλλαγή καλλιεργειών διαφορετικού βιολογικού κύκλου.
- Καλή προετοιμασία της σποροκλίνης.
- Κατάλληλος χρόνος σποράς.
- Επιλογή σπόρου ομοιόμορφου μεγέθους.
- Πυκνότερη σπορά.
- Ορθολογική χρήση νερού.
- Αντιμετώπιση άλλων εχθρών, όπως έντομα και μύκητες.
- Πρακτική της ψευδοσποράς.
- Επιλογή καλλιεργειών και ποικιλιών με αυξημένη ανταγωνιστική ικανότητα έναντι των ζιζανίων.

Τα κυριότερα φυσικά μέτρα είναι:

- Η εδαφοκάλυψη που εμποδίζει την ανάπτυξη ζιζανίων μέσω της μηχανικής αντίστασης, που ασκούν τα υλικά κάλυψης και των συνθηκών σκότους που δημιουργούν.
- Η ηλιοαπολύμανση που περιλαμβάνει τη θερμική αδρανοποίηση των ζιζανίων. Επιτυγχάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους, μετά από την κάλυψή του με διαφανή ή αδιαφανή πλαστικά, σε περιόδους έντονης ηλιοφάνειας.
- Κατάκλιση ώστε να δημιουργηθούν συνθήκες έλλειψης οξυγόνου στα ζιζάνια.

Τα κυριότερα μηχανικά μέτρα αποτελούν:

- Το βοτάνισμα, δηλαδή η αφαίρεση των ζιζανίων από τον αγρό χειρωνακτικώς ή η καταστροφή τους με τσάπα, σκαλιστήρι κ.ά.
- Η εδαφοκατεργασία που διενεργείται από μία μεγάλη ομάδα γεωργικών εργαλείων που προετοιμάζουν το έδαφος, πριν τη σπορά της καλλιέργειας. Για τον έλεγχο δυσεξόντων πολυετών ζιζανίων εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται τα παραδοσιακά μηχανήματα, όπως το άροτρο.

- Η κοπή των ζιζανίων που γίνεται με τη χρήση χορτοκοπτικών μηχανημάτων, 4 έως 6 φορές ετησίως, ανάλογα τα είδη, την πυκνότητα και το ρυθμό αύξησης των ζιζανίων.
- Το κάψιμο των ζιζανίων που γίνεται πριν το φύτευμα των καλλιεργούμενων φυτών ή επί των γραμμικών καλλιεργειών, με ειδικά φλόγιστρα, που φέρονται σε ελκυστήρες και κατευθύνουν τη φλόγα μεταξύ των γραμμών.

Οι βιολογικές μέθοδοι χρησιμοποιούν διάφορους φυσικούς οργανισμούς όπως εχθρούς, παράσιτα, μικροοργανισμούς ή και φυτά με αλληλοπαθητικές ικανότητες για την αντιμετώπιση ζιζανίων σε περιοχές όπου η χρήση των ζιζανιοκτόνων είτε είναι δύσκολη και δαπανηρή είτε δεν επιτρέπεται.

1.2.5 Ολοκληρωμένη Διαχείριση Ζιζανίων

Πολλαπλές, διακριτές τεχνικές διαχείρισης ζιζανίων περιλαμβάνονται στην ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων και πρέπει να εφαρμόζονται κατάλληλα για να αποφευχθεί η μείωση της παραγωγής. Είναι αποδεκτό ο συνδυασμός βιολογικών και γεωργικών τεχνικών αιχμής με προηγούμενες χημικές προσεγγίσεις παράλληλα (Culliney, 2005).

Ο υποτιμημένος ρόλος των καλλιεργητικών πρακτικών στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Ζιζανίων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα ζιζάνια ευδοκιμούν σε όλα τα περιβάλλοντα και εάν δεν αντιμετωπιστούν, προκαλούν σημαντικές απώλειες απόδοσης σε οποιαδήποτε καλλιέργεια (Chauhan, 2020). Η χρήση ζιζανιοκτόνων είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο για τον έλεγχο τους παγκοσμίως από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα. Η υψηλή αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων και η χρήση τους σχετίζεται με μειωμένη διάβρωση του εδάφους και χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα σε σύγκριση με τη μηχανική διαχείριση ζιζανίων. (Giannesi et al., 2013).

Τα τελευταία 20 χρόνια, η ζιζανιολογία έχει δει μια αύξηση στη μελέτη της μείωσης των εισροών χημικών στη γεωργία. [Rydahl, 2003, Jørgensen et al., 2007, Sønderksen et al., 2015, Montull et al., 2020]. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για να εξετάσουμε τις στρατηγικές μείωσης των ζιζανιοκτόνων και τις εναλλακτικές, μη χημικές τεχνικές ελέγχου των ζιζανίων. Τα ζιζανιοκτόνα μπορεί να είναι υπεύθυνα για τη υποβάθμιση της γης, των υπόγειων υδάτων και των επιφανειακών υδάτων. Μπορούν να είναι επιβλαβή για καλλιεργούμενα φυτά και για άλλους πληθυσμούς όπως πτηνά, ψάρια. Επιπλέον, υπάρχει ανησυχία για την ανθρώπινη υγεία. Ζητήματα που σχετίζονται με τη δημόσια υγεία και τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος δεν μπορούν να αγνοηθούν και απαιτούν στροφή σε πιο φιλική προς το περιβάλλον διαχείριση των ζιζανίων. Επιπρόσθετα η στροφή στις μη χημικές πρακτικές διαχείρισης ζιζανίων έγκειται στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν καινούριοι τρόποι δράσης ζιζανιοκτόνων (MOAs) από το '80 και η συνεχόμενη χρήση δραστικών συστατικών με τον ίδιο τρόπο δράσης έχει αναπόφευκτα οδηγήσει στην επιλογή ανθεκτικών πληθυσμών ζιζανίων. Επί του παρόντος, υπάρχουν 509 μοναδικές περιπτώσεις ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα ζιζανίων παγκοσμίως, με 153 δικοτυλήδονα και 113 μονοκοτυλήδονα είδη ζιζανίων να

έχουν αναπτύξει αντοχή σε 164 διαφορετικά ζιζανιοκτόνα [Hear, 2022]. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η αποτελεσματικότητα του ζιζανιοκτόνου είναι ένας αναλώσιμος πόρος που μπορεί να εξαντληθεί με τη χρήση με την πάροδο του χρόνου.

Ως εκ τούτου, υπάρχει επείγουσα ανάγκη να αναπτυχθούν εναλλακτικά, οικολογικά συστήματα διαχείρισης ζιζανίων που βασίζονται στη χρήση καλλιεργητικών πρακτικών που καταστέλλουν την παρουσία και την ανάπτυξη των ζιζανίων στο χωράφι [Korres, 2018, Perotti et al., 2020]. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι καλλιεργητικές πρακτικές υιοθετούνται από τους αγρότες και υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τη μειωμένη υιοθέτησή τους στα συστήματα γεωργικής παραγωγής. Πρώτον, οι αγρότες είναι συνηθισμένοι στην ταχεία αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων, η οποία συνήθως εμφανίζεται εντός ημερών ή εβδομάδων.

Η άμεση ικανοποίηση των αγροτών από τα απτά αποτελέσματα της χρήσης των ζιζανιοκτόνων είναι πολύ ισχυρή σε σύγκριση με τις περισσότερες παραδοσιακές και μη χημικές μεθόδους, οι οποίες δεν παράγουν άμεσα παρατηρήσιμες ενδείξεις [Moss et al., 2019].

Το οικονομικό κόστος που σχετίζεται με την υιοθέτηση καλλιεργητικών πρακτικών είναι άμεσο, αλλά τα οφέλη φαίνονται κυρίως μακροπρόθεσμα [Hurley and Frisvold, 2016]. Επιπλέον, η χρήση καλλιεργητικών πρακτικών μπορεί να είναι πιο κοστοβόρα από τα ζιζανιοκτόνα για το επίπεδο ελέγχου των ζιζανίων που επιτυγχάνεται [Vincent–Caboud et al., 2017, Sardana et al., 2017].

Ωστόσο, υπάρχουν πολλά στοιχεία στην πρόσφατη βιβλιογραφία που υποδηλώνουν ότι ο ρόλος των πολιτισμικών πρακτικών στην ανάπτυξη βιώσιμων συστημάτων διαχείρισης ζιζανίων δεν πρέπει να υποτιμάται περαιτέρω. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος άροσης για τη μείωση της εμφάνισης ζιζανίων στο χωράφι, η χρήση πρακτικών διαφοροποίησης των καλλιεργειών, η αξιοποίηση της ανταγωνιστικής ικανότητας των καλλιεργειών έναντι των ζιζανίων, η επιλογή της βέλτιστης ημερομηνίας σποράς σε σχέση με την εμφάνιση ζιζανίων και η βέλτιστη διαχείριση της άρδευσης και της λίπανσης θα πρέπει να θεωρούνται σημαντικά, οικολογικά στοιχεία των βιώσιμων συστημάτων διαχείρισης ζιζανίων στις αροτραίες εκτατικές καλλιέργειες [Hussain et al., 2021].

1.2.6 Η πρακτική της ψευδοσποράς

Ο σκοπός της ψευδοσποράς είναι να δημιουργήσει ένα λιγότερο ανταγωνιστικό και πιο ευνοϊκό περιβάλλον για την αρχική ανάπτυξη και εγκατάσταση της καλλιέργειας. Τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των καλλιεργειών, όταν τα ζιζάνια και τα καλλιεργούμενα φυτά είναι πιο ανταγωνιστικά, καθώς και όταν η πυκνότητα των ζιζανίων είναι υψηλότερη. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν καινοτόμες γεωπονικές τεχνικές που προορίζονται για τη μείωση του φορτίου των ζιζανίων πριν από τη φύτευση ή κατά την εμφάνιση της καλλιέργειας. (Sathappan *et al.*, 2012).

1.2.6.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

1.2.6.1.1 Η τράπεζα των σπόρων στο έδαφος

Σπόροι ζιζανίων απευλευθερώνονται από το μητρικό φυτό στην επιφάνεια του εδάφους, όταν ωριμάσουν. Είτε φυτρώνουν αμέσως είτε χρειάζονται λίγο χρόνο για να το κάνουν. Αυτοί οι σπόροι δημιουργούν μια τράπεζα σπόρων, από την οποία αναχωρούν είτε με βλάστηση είτε με θάνατο, είτε βρίσκονται στο έδαφος είτε σε αυτό.

Εκτός από το ότι αντικατοπτρίζει τη σύνθεση των μελλοντικών πληθυσμών, η τράπεζα σπόρων χρησιμεύει ως αποθήκη ιστορικής βλάστησης. Επομένως, η μακροπρόθεσμη επιβίωση των ειδών και των κοινοτήτων ζιζανίων είναι εγγυημένη, εφόσον όλα τα είδη εκπροσωπούνται επαρκώς στην τράπεζα σπόρων. Τρία είδη συνθέτουν την τράπεζα σπόρων: παροδικοί σπόροι, που είναι αυτοί που βρίσκονται στο έδαφος για λιγότερο από ένα χρόνο. βραχύβιοι μόνιμοι σπόροι, οι οποίοι βρίσκονται στο έδαφος για περισσότερο από ένα χρόνο αλλά λιγότερο από πέντε χρόνια· και μόνιμους σπόρους με μεγάλη διάρκεια ζωής, που βρίσκονται στο έδαφος για περισσότερα από πέντε χρόνια.

Η συνολική ποσότητα σπόρων που συσσωρεύεται στα 5 cm του εδάφους είναι μεγαλύτερη, ανεξάρτητα από το μέγεθος του σπόρου (Reuss *et al.*, 2001). Ο πλούτος των ειδών των τραπεζών σπόρων μειώνεται με την αύξηση του βάθους του εδάφους (Χαϊδευτού, 2010). Σε αγρούς υπό καλλιέργεια, φαίνεται να μην υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της μορφής του σπόρου και της διάρκειας ζωής του σπόρου. Συμπερασματικά, η πλειονότητα των σπόρων σε ένα σύστημα χωρίς άροση εναποτίθεται στα ανώτερα στρώματα του εδάφους (Ghersa and Martinez-Ghersa, 2000).

1.2.6.1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τη βλάστηση των σπόρων των ζιζανίων

Η ικανότητα των σπόρων των ζιζανίων να βλαστήσουν είναι ένας παράγοντας που καθορίζει την αποτελεσματικότητα της ψευδοσποράς, καθώς προβλέπει την εμφάνιση ζιζανίων στο χωράφι και την επακόλουθη απομάκρυνσή τους πριν από τη σπορά της καλλιέργειας. Επομένως, είναι απαραίτητη η θεωρητική κατανόηση των στοιχείων που επηρεάζουν τη βλάστηση των σπόρων των ζιζανίων και την εμφάνιση νέων φυτών πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

1.2.6.1.2.1 Ο λήθαργος των σπόρων

Αξιοσημείωτος παράγοντας που καθορίζει τη βλάστηση των σπόρων είναι ο λήθαργος καθώς και οι παράγοντες που τον ελέγχουν ή μπορούν να το διακόψουν. Ο λήθαργος αναφέρεται στην εσωτερική κατάσταση του σπόρου που τον εμποδίζει από το να βλάστησει κάτω από ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας και αερισμού.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες ληθάργου: ο πρωτογενής και ο δευτερογενής. Μετά το τέλος του πρωτογενούς ληθάργου, οι σπόροι του είδους περνούν στον δευτερεύοντα κύκλο ληθάργου (Baskin and Baskin, 1998). Είναι ένα χαρακτηριστικό των ζιζανίων, που τα καθιστά ικανά να παραμένουν στο έδαφος μέσα από τις τράπεζες σπόρων. Εξαιτίας αυτών, μερικά από αυτά μπορεί να βλαστήσουν ως απόκριση σε αλλαγές στο περιβάλλον ή διαταραχές στο έδαφος. (Fenner, 2000). Μέσα σε έναν πληθυσμό, οι μεμονωμένοι σπόροι μπορεί να παρουσιάσουν διαφορετικές ποσότητες ληθάργου. (Batlla *et al.*, 2004). Εάν, το επίπεδο ληθάργου του πληθυσμού του είδους είναι το ελάχιστο, θα ακολουθήσει η εμφάνιση μέρους του πληθυσμού αυτού του είδους στον αγρό (Probert, 1992).

1.2.6.1.2.2 Περιβαλλοντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη βλάστηση και το λήθαργο των σπόρων

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επηρεάζουν τον λήθαργο των σπόρων χωρίζονται σε δύο κύριους τύπους. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει μεταβλητές που επηρεάζουν αυτό το στάδιο, όπως η υγρασία και η θερμοκρασία, που συνθέτουν το εύρος των

περιβαλλοντικών παραμέτρων όπου η βλάστηση των σπόρων είναι απεριόριστη. Το δεύτερο ενσωματώνει στοιχεία όπως ηλιοφάνεια, αλλαγές θερμοκρασίας, συγκέντρωση νιτρικών αλάτων και το αέριο περιβάλλον του εδάφους, τα οποία λειτουργούν ως σήματα διακοπής του λήθαργου και να ενθαρρύνει τη βλάστηση των σπόρων (Benech-Arnold *et al.*, 2000).

Τα είδη *Echinochloa* spp., *Chenopodium album* και *Amaranthus retroflexus* αποδείχθηκε ότι έχουν ελάχιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης 6, 9 και 10 °C, αντίστοιχα (Wiese and Binning, 1987). Οι 17 °C ήταν η ιδανική θερμοκρασία για να βγουν οι σπόροι του *Polygonum aviculare* από τον λήθαργο (Batlla and Benech-Arnold, 2005). Οι διακυμάνσεις στο εύρος των συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας που επιτρέπουν τη βλάστηση συσχετίζονται στενά με τις διακυμάνσεις στα επίπεδα λήθαργου των σπόρων των πληθυσμών (Benech-Arnold *et al.*, 2000, Batlla *et al.*, 2004). Το χειμερινό είδος, *Bromus tectorum*, διακρίνεται από τους σπόρους του, οι οποίοι ωριμάζουν το καλοκαίρι και βγαίνουν από τον αρχικό λήθαργο μόνο όταν το έδαφος είναι αρκετά υγρό για βλάστηση (Bauer *et al.*, 1998).

Το φως είναι ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που ελέγχει την εμφάνιση ζιζανίων στα παραδοσιακά συστήματα γεωργικής καλλιέργειας. Το φως μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να τερματίσει τον λήθαργο των σπόρων πολλών ειδών (Bewley and Black, 1982). Η έκθεση στο φως και σε άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί είτε να ενθαρρύνει είτε να αποτρέψει τη βλάστηση των σπόρων, ανάλογα με την κατάσταση λήθαργου τους (Bewley and Black, 1982, Frankland and Taylorson, 1983, Casal and Sánchez, 1998). Για πολλά είδη, οι σπόροι πρέπει να εκτεθούν σε αλλαγές θερμοκρασίας πριν διακόψουν πλήρως τον λήθαργο. Αυτή έχει αποδειχθεί ότι είναι μια αποτελεσματική τεχνική για τον έλεγχο της βλάστησης για μεγάλο χρονικό διάστημα (Benech-Arnold *et al.*, 1990a, b). Δέκα κύκλοι εναλλασσόμενων θερμοκρασιών απελευθερώνουν διπλάσιο μέρος του πληθυσμού από τον λήθαργο στο πολυετές είδος *Sorghum halepense* από πέντε κύκλους εναλλασσόμενων θερμοκρασιών (Benech-Arnold *et al.*, 1990b).

Υπάρχει απόδειξη ότι πολλά περιβαλλοντικά στοιχεία, όπως τα νιτρικά άλατα και η αερόβια ατμόσφαιρα, μπορούν επίσης να ελέγξουν τον λήθαργο των σπόρων ενός είδους (Bewley and Black, 1982, Benech-Arnold *et al.*, 2000). Ενώ οι ακριβείς μέθοδοι με τις οποίες τα νιτρικά άλατα προκαλούν την απώλεια του λήθαργου εξακολουθούν να μελετώνται, είναι πιθανό να λειτουργούν μέσω του περιβάλλοντος της κυτταρικής μεμβράνης (Karssen and Hilhorst, 1992). Ορισμένα είδη έχουν ανακαλυφθεί ότι βγαίνουν από τη χειμερία νάρκη όταν εκτίθενται σε νιτρικά άλατα και φως μαζί. Σε αντίθεση με το *Arabidopsis thaliana*, το οποίο εξαρτάται κυρίως από το φως, αλλά και κάπως ανταποκρίνεται στα νιτρικά, το είδος *Sysimbrium officinale* απαιτεί τόσο φως όσο και νιτρικά για να εμφανιστεί η βλάστηση (Hilhorst and Karssen, 1988).

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο στο περιβάλλον του εδάφους παραμένει πάνω από το όριο του 19%. Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο στο έδαφος κοντά στον σπόρο, ωστόσο, μπορεί να πέσει κάτω από αυτή την αναλογία εάν το έδαφος γίνει πιο υγρό. Οι σπόροι των ακόλουθων ειδών έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν δευτερογενή λήθαργο σε συνθήκες υποξίας: *Veronica hederaefolia*, *V. Persica* (Lonchamp and Gora, 1979) , *A. Fatua* (Symons *et al.*, 1986) και *Xanthium pennsylvanicum* (Esashi *et al.*, 1978). Τα αποτελέσματα για το *S. Officinale* (Karssen, 1980a) , από την άλλη πλευρά, έδειξαν ότι οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου ανέστειλαν την εγκαθίδρυση δευτερογενούς λήθαργου σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τυπικά, η περιεκτικότητα του εδάφους σε διοξείδιο του άνθρακα είναι μεταξύ 0,5 και 1% (Karssen, 1980a, b). Έχει παρατηρηθεί ότι οι σπόροι των ειδών *Trifolium*

subterraneum και *Trigonella ornithoroides* επηρεάζονται από τέτοιες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα, με αποτέλεσμα να χάνουν τον λήθαργο (Ballard, 1958, 1967). Σε χαμηλές ποσότητες στο έδαφος, το αιθυλένιο, ένα αέριο με τεκμηριωμένη λειτουργία στον έλεγχο της ανάπτυξης, ενθαρρύνει τη βλάστηση των ειδών *A. Retroflexus* (Schönbeck and Egley, 1981a, b) και *X. Pennsylvanicum* (Kato and Esashi, 1975) ακόμη και σε ακατάλληλες θερμοκρασίες εδάφους. Η πίεση αιθυλενίου κυμαίνεται τυπικά από 0,05 έως 1,2 MPa (Corbineau and Côme, 1995). Οι σπόροι ορισμένων ειδών ζιζανίων (Esashi and Leopold, 1969, Taylorson, 1979) βιώνουν τον λήθαργο σε αυτές τις συγκεντρώσεις, αλλά η βλάστηση των σπόρων άλλων ειδών ζιζανίων αναστέλλεται (Olatoye and Hall, 1973, Suzuki and Taylorson, 1981).

1.2.6.1.2.3 Η σημασία της εδαφοκατεργασίας

Για να αποσυναρμολογηθεί και να αναδιοργανωθεί ολόκληρη η δομή του εδάφους, πρέπει να εφαρμοστεί δύναμη. Αυτή η γεωπονική τεχνική αυξάνει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, αυξάνει τη διάχυση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα στο έδαφος, εκθέτει τους σπόρους στο φως και ενθαρρύνει την ανοργανοποίηση του αζώτου (Mohler, 1993). Η έρευνα έχει δείξει ότι η τακτική και επαναλαμβανόμενη άροση προάγει την εμφάνιση δενδρυλλίων (Roberts and Dawkins, 1967, Roberts and Feast, 1972, 1973a, b). Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που μπορεί να έχει αντίκτυπο στη σύνθεση των ειδών μιας κοινότητας είναι η άροση (Ryan et al., 2010, Smith, 2006). Ανεξάρτητα από την εποχή του χρόνου, η συγκεκριμένη δραστηριότητα προκαλεί τη βλάστηση των ζιζανίων (Zimdahl et al., 1988). Ο χρονισμός και η διάρκεια εμφάνισης των ειδών ζιζανίων ποικίλλουν, πράγμα που σημαίνει ότι ο χρόνος άροσης επηρεάζει τη διάρκεια του χρόνου που ένα είδος βλασταίνει (Egley and Williams, 1991, Stoller and Wax, 1973). Αυτό παίζει κρίσιμο ρόλο στο σχηματισμό κοινοτήτων ζιζανίων (Smith, 2006). Η σύνθεση και η αφθονία των πληθυσμών ζιζανίων συνδέονται με την εποχικότητα της καλλιέργειας (Crawley, 2004, Hald, 1999, Smith, 2006). Κατά συνέπεια, ένας τρόπος για να σκεφτούμε το χρονοδιάγραμμα του οργώματος είναι ως φίλτρο για τη σύνθεση των ειδών μιας κοινότητας ζιζανίων. Επιπλέον, τα μοναδικά χαρακτηριστικά κάθε είδους υπαγορεύουν πώς θα αντιδράσει στο χρονοδιάγραμμα της καλλιέργειας του εδάφους και, κατά συνέπεια, πόση βλάστηση μπορεί να υποστηρίξει. Ακόμα, έχει μεγάλη σημασία για τη βλάστηση των σπόρων των ζιζανίων, το βάθος της εδαφοκατεργασίας. Σε σύγκριση με ένα καλλιεργημένο έδαφος, η επιφανειακή άροση που περιορίζεται στα 10 cm του εδάφους μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ανάπτυξη ζιζανίων (Egley, 1989). Προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα δημιουργίας τραπεζών σπόρων ζιζανίων, νέες τεχνικές διαχείρισης, όπως η ολίσθηση, βασίζονται στην βασική ιδέα ότι το ρηχό όργωμα ενθαρρύνει τη βλάστηση των σπόρων των ζιζανίων (Riemens et al., 2007). Το επιφανειακό όργωμα θα οδηγήσει αναπόφευκτα στην ανάπτυξη ζιζανίων. Για να διατηρήσουν τη μακροζωία του πληθυσμού τους, τα ζιζάνια έχουν ακόμη καταφέρει να δημιουργήσουν πληθυσμούς σπόρων με ποικίλες απαιτήσεις βλάστησης τόσο σε ποιοτικές όσο και σε ποσοτικές διαστάσεις. Κατά συνέπεια, μετά από ένα ρηχό όργωμα, μόνο ένα μέρος του πληθυσμού μπορεί να βλαστήσει.

1.2.6.2 Η πρακτική εφαρμογή της ψευδοσποράς

1.2.6.2.1 Περιγραφή της εφαρμογής

Η ψευδοσπορά συνεπάγεται την προετοιμασία του χωραφιού ως συνήθως (η άροση πραγματοποιείται πριν από τη σπορά), αλλά προετοιμάζουμε τη σπορά αντί να σπείρουμε κανονικά, αντί να την ποτίζουμε για περίπου 15 ημέρες. Η αρκετή υγρασία στο έδαφος θα ενθαρρύνει την ανάπτυξη των σπόρων των ζιζανίων και θα εγγυηθεί την ανάδυσή τους. Σύμφωνα με τους Davies και Welsh (2002), τα νεοεμφανιζόμενα φυτά καταστρέφονται μηχανικά με επιφανειακή άροση βάθους 10 cm ή με τη χρήση ειδικών πυρσών. Ένα μη εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί εάν η περιοχή καλλιέργειας επιτρέπεται να χρησιμοποιεί αγροχημικά. Η σπορά συνήθως γίνεται όταν τα ζιζάνια στην καλλιεργούμενη έκταση έχουν καταστραφεί ολοσχερώς.

Σε ένα χωράφι χωρίς άροση, η θανάτωση των αναδυόμενων ζιζανίων με επιφανειακή άροση μπορεί να μειώσει σημαντικά την πιθανότητα δημιουργίας τραπεζών σπόρων ζιζανίων. Σε περίπτωση που τελικά απαιτηθούν ζιζανιοκτόνα, το όργωμα δημιουργεί μια ζώνη απαλλαγμένη από ζιζάνια όπου θα λειτουργούν ακόμη καλύτερα (Hansen *et al.*, 2004).

1.2.6.2.2 Καθοριστικά σημεία για την επιτυχία της ψευδοσποράς

Η αποτελεσματικότητα της ψεύτικης σποράς ως στρατηγικής διαχείρισης ζιζανίων καθορίζεται από τρεις παράγοντες. Το πρώτο είναι ότι η πλειονότητα των σπόρων ζιζανίων - περίπου το 85-95% του συνόλου - είναι αδρανείς. Από το 5-10% που δεν είναι, η πλειονότητα φυτρώνει γρήγορα στα σωστά περιβάλλοντα συνθήκες βλάστησης. Το δεύτερο είναι ότι η καλύτερη μέθοδος για την πρόκληση της βλάστησης των σπόρων είναι το όργωμα. Το τρίτο και πιο σημαντικό σημείο είναι ότι η πλειονότητα των ειδών ζιζανίων εμφανίζονται μόνο στα κορυφαία 5 εκατοστά του εδάφους επειδή το μέγεθος και το ενεργειακό επίπεδο των σπόρων τους εμποδίζει τη βλάστηση σε χαμηλότερα βάθη του εδάφους (Hansen *et al.*, 2004). Όταν το όργωμα - το οποίο προορίζεται για την εξάλειψη των ζιζανίων πριν από τη φύτευση της καλλιέργειας - γίνεται σε βαθύ επίπεδο, διαπράττεται ένα σοβαρό λάθος. Στη συνέχεια, οι μη αδρανείς σπόροι από τα ανώτερα στρώματα του εδάφους εναποτίθενται σε επιφανειακές περιοχές όπου μπορεί να φυτρώσουν. Κατά συνέπεια χρειάζεται να γίνει όργωμα στην επιφάνεια για να εξαλειφθούν τα ζιζάνια (Merfield, 2015).

1.2.6.3 Η ψευδοσπορά στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα σύμφωνα με το πλαίσιο της Δράσης 10.1.07 «Εναλλακτική καταπολέμηση ζιζανίων στους ορυζώνες» του Μέτρου 10 «Γεωργοπεριβαλλοντικά και κλιματικά μέτρα» του ΠΑΑ 2014-2020, είναι επιλέξιμη η καλλιέργεια του ρυζιού και η γεωγραφική περιοχή στην οποία μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνική της ψευδοσποράς, η οποία περιλαμβάνει τη φύτευση ορυζώνων χωρίς τη χρήση χημικών, είναι και τα δύο αποδεκτά. Δικαιούχοι είναι άτομα ή ομάδες ατόμων που είναι νόμιμοι ιδιοκτήτες γης και μπορεί να είναι είτε φυσικά είτε νομικά. 210 ευρώ ανά εκτάριο ετησίως είναι το ποσό της χρηματοδότησης που διατίθεται στην προσπάθεια για την πενταετία μεταξύ 2014 και 2020 ([Γραφείο](#) Τύπου ΥΠΑΑΤ, 2018).

1.3 Σκοπός μελέτης

Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της μελέτης ήταν να ανακαλύψει πώς η ψευδοσπορά επηρέασε την πυκνότητα των αγρωστοδών και πλατύφυλλων ζιζανίων στην καλλιέργεια σκληρού σίτου.

Η διερεύνηση του εάν το μεταφωτρωτικό χημικό ζιζανιοκτόνο σε συνδυασμό με ψευδοσπορά μπορεί να είναι μια ακόμη πιο αποτελεσματική στρατηγική διαχείρισης ζιζανίων που υποστηρίζει την ανάπτυξη και τις αποδόσεις του σκληρού σίτου ήταν ένας άλλος στόχος αυτής της μελέτης. Η μελέτη στόχευε επίσης να συγκρίνει τις τυπικές μεθόδους εγκατάστασης καλλιέργειας και ζιζανιοκτόνων με την καλλιεργητική πρακτική της ψεύτικης σποράς για τη διαχείριση ζιζανίων στο σκληρό σιτάρι.

Επιπρόσθετα, ήταν να πραγματοποιηθεί η σύγκριση αποτελεσματικότητας της επιφανειακής εδαφοκατεργασίας και εφαρμογών glyphosate για έλεγχο ζιζανίων όταν εφαρμόζεται η ψευδοσπορά, η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του glyphosate σε μειωμένες δόσεις και η αξιολόγηση συνδυασμών των παραπάνω μεθόδων ψευδοσποράς με μεταφωτρωτικές εφαρμογές εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικά

Τη χρονική περίοδο μεταξύ Νοεμβρίου του 2022 και Ιουνίου 2023 διεξήχθη πείραμα αγρού, στην περιοχή της Ομβριακής Δομοκού του νομού Φθιώτιδας (39.104° N, 22.293° E, 572 m). Μελετήθηκαν οι επιδράσεις της πρακτικής της ψευδοσποράς και της χημικής ζιζανιοκτονίας στην πυκνότητα των ζιζανίων. Η μεγαλόκαρπη κολλητσίδα (*Galium aparine* L.), το άγριο σινάπι (*Sinapis arvensis* L.), η βερόνικα (*Veronica hederifolia* L.) και το γαϊδουράγκαθο (*Silybum marianum* L. Gaertn.) ήταν τα κυρίαρχα ζιζάνια του χωραφιού.

Πίνακας 1. Κλιματικές συνθήκες στο πειραματικό πεδίο από Οκτώβριο 2022 μέχρι Ιούνιο 2023 στην περιοχή του Δομοκού.

Έτος	Μήνας	Μέση Θερμοκρασία (°C)	Μέγιστη Θερμοκρασία (°C)	Ελάχιστη Θερμοκρασία (°C)	Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση (mm)
2022	Οκτώβριος	16.4	29.8	8.8	22.0
2022	Νοέμβριος	12.2	24.1	2.8	67.2
2022	Δεκέμβριος	9.6	21.2	1.0	28.6
2023	Ιανουάριος	7.3	17.8	0.3	76.6
2023	Φεβρουάριος	6.4	19.4	-5.2	12.0
2023	Μάρτιος	10.1	21.9	-0.7	47.2
2023	Απρίλιος	12.0	22.6	4.6	98.0
2023	Μάιος	15.0	25.1	8.8	83.2
2023	Ιούνιος	21.0	31.8	13.0	100.0

2.2 Επιλογή γενετικού υλικού

Για τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης επιλέχθηκε και αξιολογήθηκε η ποικιλία σκληρού σιταριού 'Maesta', νέα εγγεγραμμένη ποικιλία στον κοινοτικό κατάλογο ποικιλιών. Διαθέτει εξαιρετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά για τη βιομηχανία ζυμαρικών. Υψηλό ποσοστό πρωτεΐνης με άριστη ποιότητα γλουτένης και υψηλό δείκτη χρώματος. Πολύ ανθεκτική σε κρύο, δίνοντας άριστες αποδόσεις σε γόνιμα-ημιγόνιμα εδάφη. Η συγκεκριμένη ποικιλία χρησιμοποιήθηκε και από τους τοπικούς παραγωγούς στον υπόλοιπο αγρό.

2.3 Επιλογή πειραματικών επεμβάσεων

Οι επεμβάσεις περιελάμβαναν την συμβατική σπορά (απευθείας σπορά) (T1), συμβατική σπορά με μεταφυτρωτική εφαρμογή ζιζανιοκτόνου (Herold Trio) (EPOST) (T2), ψευδοσπορά με επιφανειακή εδαφοκατεργασία (T3), ψευδοσπορά με επιφανειακή εδαφοκατεργασία και εφαρμογή (EPOST) (T4), ψευδοσπορά με εφαρμογή glyphosate (720g a.e.ha⁻¹) (συνιστώμενη δόση) (T5), ψευδοσπορά με εφαρμογή glyphosate (720g a.e. ha⁻¹) και (EPOST) (T6), ψευδοσπορά με εφαρμογή glyphosate (540g a.e. ha⁻¹) (μειωμένη δόση) (T7), ψευδοσπορά με εφαρμογή

glyphosate (540g a.e. ha⁻¹) και (EPOST) (T8). Τα τεμάχια είχαν μήκος 4 μέτρα και πλάτος 5 μέτρα. Ολόκληρος ο πειραματικός χώρος ήταν 640 τετραγωνικά μέτρα. Διατηρήθηκαν όρια χωρίς ζιζάνια (40cm) μεταξύ γειτονικών αγροτεμαχίων.

2.4 Επιλογή πειραματικού σχεδίου

Το πειραματικό σχέδιο που επιλέχθηκε ήταν το Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (ΤΠΟ) με 8 επεμβάσεις και 4 επαναλήψεις και εκτελέστηκε στο πείραμα μας. Κάθε πειραματικό τεμάχιο καταλάμβανε έκταση 20m² (4m x 5m).

Πίνακας 2: Πειραματική Διάταξη

Block 4	T6	T7	T8	T1	T2	T3	T4	T5
Block 3	T7	T8	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 2	T8	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Block 1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8

2.5 Σπορά

Για την κατεργασία του εδάφους πραγματοποιήθηκε πρώτα καθαρισμός από τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας και έπειτα άροση. Το έδαφος του χωραφιού οργώθηκε σε βάθος περίπου 30 εκατοστών στο τελευταίο δεκαήμερο Νοεμβρίου και ακολούθως καλλιεργήθηκε δύο φορές με καλλιεργητή σε βάθος 20 εκατοστών για την προετοιμασία της σποράς και της λίπανσης. Ένα πλήρες λίπασμα 18-23-0 ενσωματώθηκε στο έδαφος με αναλογία 250 kg ha⁻¹ για να παρέχει στην καλλιέργεια 45 kg N ha⁻¹, 57.5kg P2O5 ha⁻¹. Οι ορθογώνιες περιοχές σημειώθηκαν με ζύλινους πασσάλους για να σχηματιστούν τα πειραματικά σχέδια μας.

Για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας της πυκνότητας της φυτείας πραγματοποιήθηκε σπορά με το χέρι και εντοπισμένα. Πραγματοποιήθηκε στις 22 Νοεμβρίου 2022 για τα τεμάχια όπου έγινε απευθείας σπορά, στις 8 Μαρτίου του 2023 για τα τεμάχια όπου έγινε ψευδοσπορά με επιφανειακή εδαφοκατεργασία + EPOST και στις 11 Μαρτίου 2023 για τις υπόλοιπες 4 επεμβάσεις. Στο χρονικό διάστημα που μεσολάβησε ο στόχος της ενίσχυσης της ανάπτυξης των ζιζανίων στα τεμάχια που θα ακολουθούσε η ψευδοσπορά εφαρμόστηκαν αρδεύσεις. Πριν την σπορά στα τεμάχια της ψευδοσποράς διενεργήθηκε επιφανειακή εδαφοκατεργασία με στόχο την καταπολέμηση των ζιζανίων.

Ο όρος του ‘μάρτυρα’ ‘normal seedbed’ αναφέρεται στη συμβατική πρακτική της σποράς της καλλιέργειας την επόμενη μέρα μετά την προετοιμασία της σποροκλίνης.

Ο όρος της ‘ψευδοσποράς’ ‘false seedbed’ σημαίνει η καθυστέρηση για 15 μέρες μετά την προετοιμασία της σποροκλίνης. Στο διάστημα αυτό, ζιζάνια αφήθηκαν να βλαστήσουν και να αναπτυχθούν στα τεμάχια T3 και T4.

Ο όρος ‘stale seedbed’ σημαίνει ότι η σπορά καθυστέρησε για περίπου 2 εβδομάδες και ότι τα σπορόφυτα ζιζανίων που αναδύθηκαν ελέγχθηκαν πριν από τη σπορά με glyphosate (Roundup Flex, Bayer Hellas S.A., Αθήνα, Ελλάδα) 720g a.e. ha⁻¹ (συνιστώμενη δόση) στα αγροτεμάχια T5 και T6 και 540g a.e. ha⁻¹ (μειωμένη δόση) στα T7 και T8. Το glyphosate εφαρμόστηκε σε νεαρά ζιζάνια (BBCH 10-14) (200 Kpa).

2.6 Χημική ζιζανιοκτονία

Για όλες τις πρώιμες μεταφυτρωτικές εφαρμογές ζιζανιοκτόνων στα τεμάχια T2, T4, T6 και T8, χρησιμοποιήθηκε diflufenican + flufenacet + metribuzin (EPOST) (Herold Trio, Bayer Hellas S.A., Αθήνα, Ελλάδα). Ο ρυθμός εφαρμογής του εμπορικού ζιζανιοκτόνου προϊόντος ήταν 700cc ha^{-1} . Επομένως, τα ποσοστά εφαρμογής για diflufenican, flufenacet και metribuzin ήταν 119.7, 119.7 και $445.7\text{ g a.i. ha}^{-1}$ αντίστοιχα. Το σκληρό σιτάρι βρισκόταν στο στάδιο ανάπτυξης τριών φύλλων (Zadoks 13) και η ακριβής ημερομηνία εφαρμογής ήταν 23 Ιανουαρίου 2023. Τα ζιζανιοκτόνα εφαρμόστηκαν χρησιμοποιώντας ψεκαστήρα μπαταρίας ‘Volpi V. black Elektron’ (Davide & Luigi Volpi S.p.a., Μάντοβα, Ιταλία) που βαθμονομήθηκε ώστε να παρέχει 300L ha^{-1} διαλύματος ψεκασμού μέσω ενός ορειχάλκινου κωνικού ακροφυσίου σε σταθερή πίεση 200 kPa για το glyphosate και 300 kPa για το diflufenican, flufenacet και metribuzin. Οι επεμβάσεις και οι ημερομηνίες σποράς στα αντίστοιχα αγροτεμάχια συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Επεμβάσεις και ημερομηνίες σποράς

Συντομογραφία	Επέμβαση	Ημερομηνία
	Περιγραφή	σποράς
		Δομοκός
T1	Συμβατική σπορά (απευθείας σπορά)	22/11/2022
T2	Συμβατική σπορά + EPOST ²	22/11/2022
T3	Ψευδοσπορά με επιφανειακή εδαφοκατεργασία	05/12/2023
T4	Ψευδοσπορά με επιφανειακή εδαφοκατεργασία + EPOST ²	05/12/2023
T5	Ψευδοσπορά με glyphosate ¹ στα $720\text{ g a.e. ha}^{-1}$	08/12/2023
T6	Ψευδοσπορά με glyphosate ¹ στα $720\text{ g a.e. ha}^{-1}$ + EPOST ²	08/12/2023
T7	Ψευδοσπορά με glyphosate ¹ στα $540\text{ g a.e. ha}^{-1}$	08/12/2023
T8	Ψευδοσπορά με glyphosate ¹ στα $540\text{ g a.e. ha}^{-1}$ + EPOST ²	08/12/2023

2.7 Μετρήσεις

2.7.1 Πυκνότητα ζιζανίων

Για να μελετηθούν οι επιδράσεις της πρακτικής της ψευδοσποράς στην πυκνότητα των ζιζανίων έγινε λήψη φυτικών δειγμάτων. Η πυκνότητα των ζιζανίων υπολογίστηκε στις 13 Φεβρουαρίου 2023. Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων τοποθετήθηκαν δύο μεταλλικά τετράγωνα μεγέθους $0,25\text{m}^2$ ($0,5\text{m} \times 0,5\text{m}$) ανά τεμάχιο σε σημεία με ομοιόμορφη χλωρίδα ζιζανίων και μακριά από τα περιθώρια. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ζιζανίων για να συγκριθούν οι επεμβάσεις και να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα τους στα κυρίαρχα είδη ζιζανίων.

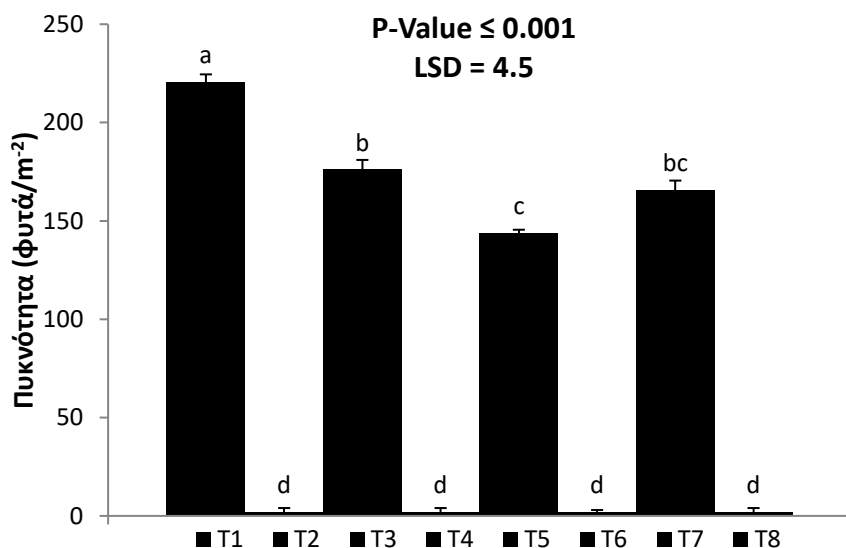
Η συγκομιδή της καλλιέργειας έγινε στις 19 Ιουνίου 2023 στην καλλιέργεια σκληρού σιταριού στον Δομοκό. Από κάθε αγροτεμάχιο, συλλέχθηκαν από μια περιοχή στο μέσο 1 m², στάχεις, που οριοθετείται από ένα ξύλινο τετράγωνο και τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε αριθμημένες πλαστικές σακούλες. Ο αριθμός των αιχμών ανά μονάδα έκτασης και ο αριθμός των κόκκων ανά ακίδα μετρήθηκαν με τη λήψη αντιπροσωπευτικού δείγματος 50 ακίδων από κάθε αγροτεμάχιο. Το βάρος 1.000 κόκκων μετρήθηκε επίσης για κάθε τεμάχιο. Μετά τον πολλαπλασιασμό αυτών των τριών συνιστώσες της απόδοσης, υπολογίστηκε η τελική απόδοση σε κόκκους του σκληρού σίτου.

2.8 Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Όλα τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε ανάλυση διακύμανσης ANOVA. Οι επεμβάσεις θεωρήθηκαν σταθερές επιδράσεις και οι επαναλήψεις ήταν οι τυχαίες επιδράσεις σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Διεξήχθησαν πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων με τη χρήση της δοκιμής Fischer's Least Significant Difference (LSD). Το Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Technologies, Inc., P.O. Box 134, The Plains, VA, ΗΠΑ) χρησιμοποιήθηκε για όλες τις αναλύσεις δεδομένων.

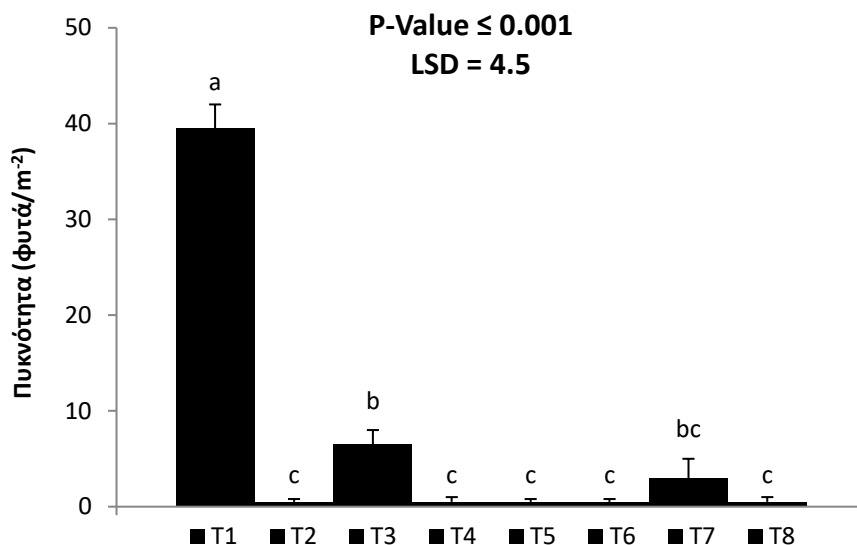
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 1^η αξιολόγηση πυκνότητας ζιζανίων



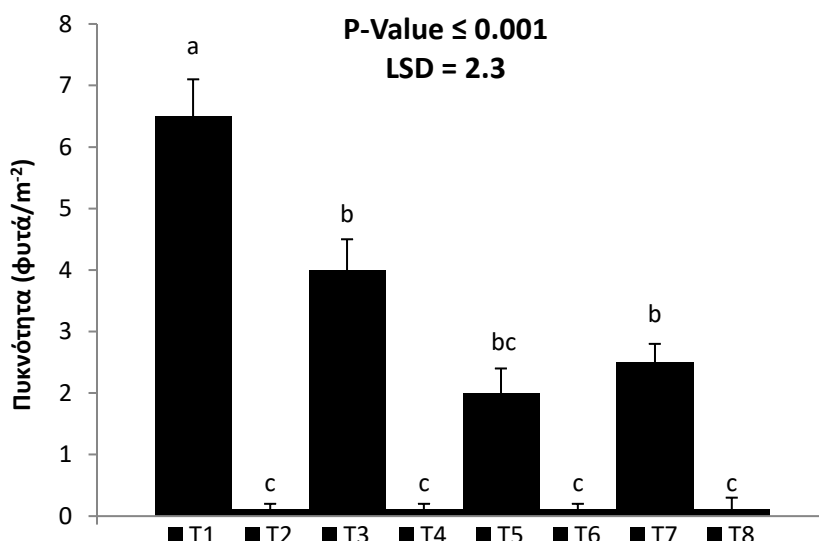
Γράφημα 1. Η πυκνότητα της βερόνικας (φυτά/m²) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Οι επεμβάσεις επηρέασαν την πυκνότητα του ζιζανίου βερόνικα (p value ≤ 0.001). Η υψηλότερη πυκνότητα της βερόνικας παρατηρήθηκε στο τεμάχιο του αμεταχειριστού μάρτυρα (T1) και στο τεμάχιο με την μεταχείριση της ψευδοσποράς (T3). Πιο συγκεκριμένα, η επέμβαση της ψευδοσποράς (T3) ελάττωσε την πυκνότητα της βερόνικας κατά 20% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Τα τεμάχια όπου έγινε ψευδοσπορά σε συνδυασμό με το ζιζανιοκτόνο glyphosate στη δόση 540 g a.e. ha⁻¹ (T7) και στη δόση 720 g a.e. ha⁻¹ (T5) είχαν λιγότερα ζιζάνια βερόνικας κατά 24 και 34%, αντίστοιχα, σε σχέση με την συμβατική σπορά. Οι επεμβάσεις T2, T4, T6 και T8 μείωσαν 100% το ζιζάνιο βερόνικα (Γράφημα 1).



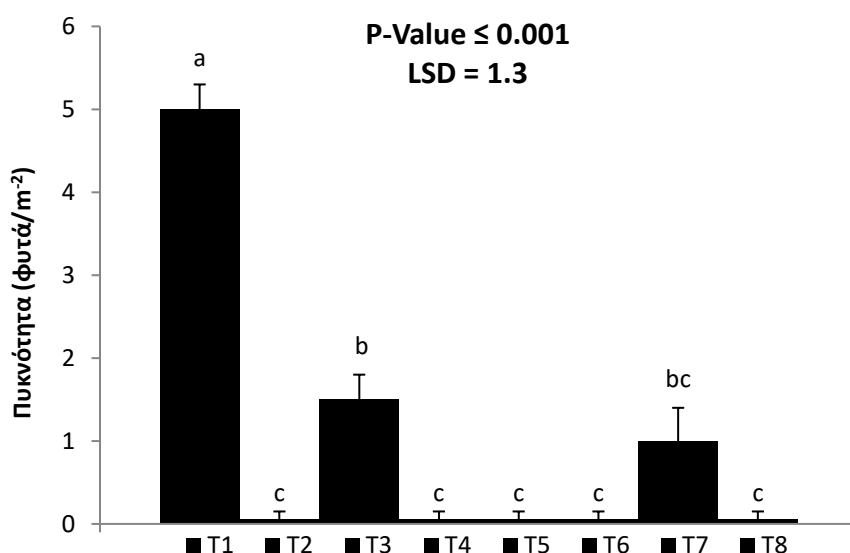
Γράφημα 2. Πυκνότητα μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (φυτά/m²) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Η πυκνότητα της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις (p value ≤ 0.001). Ειδικότερα, η υψηλότερη πυκνότητα της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας παρατηρήθηκε στο τεμάχιο του αμεταχειριστού μάρτυρα (T1) και στο τεμάχιο με την μεταχείριση της ψευδοσποράς (T3). Πιο συγκεκριμένα, η επέμβαση της ψευδοσποράς (T3) μείωσε την πυκνότητα της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 83,5% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Το τεμάχιο όπου έγινε ψευδοσπορά σε συνδυασμό με το ζιζανιοκτόνο glyphosate στη δόση 540 g a.e. ha⁻¹ (T7) είχε λιγότερα ζιζάνια μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 92,4%, αντίστοιχα, σε σχέση με την συμβατική σπορά. Οι επεμβάσεις T2, T4, T5, T6 και T8 μείωσαν 100% το ζιζάνιο μεγαλόκαρπη κολλητσίδα (Γράφημα 2).



Γράφημα 3. Πυκνότητα άγριου σιναπιού (φυτά/m²) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

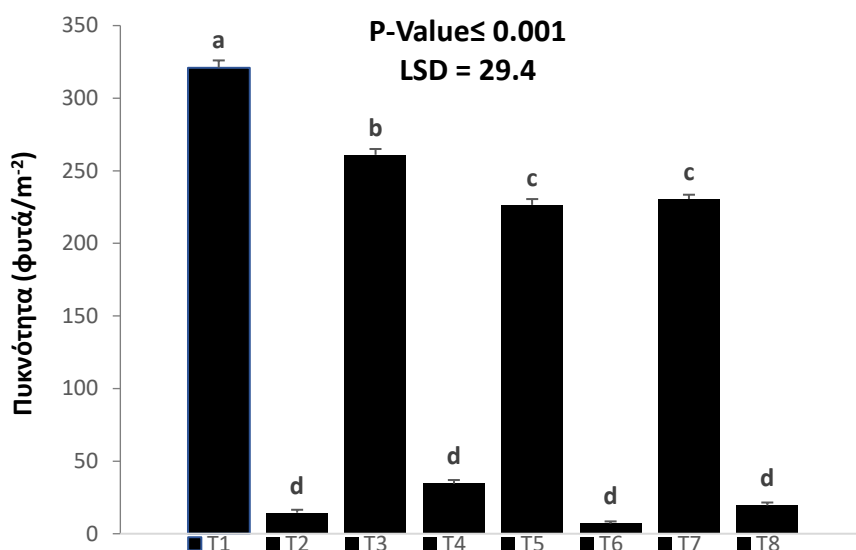
Η υψηλότερη πυκνότητα του άγριου σιναπιού παρατηρήθηκε στο τεμάχιο του αμεταχειριστού μάρτυρα (T1) και στο τεμάχιο με την μεταχείριση της ψευδοσποράς (T3). Πιο συγκεκριμένα, η επέμβαση της ψευδοσποράς (T3) μείωσε την πυκνότητα του άγριου σιναπιού κατά 38,5% σε σχέση με τον μάρτυρα. Τα τεμάχια όπου έγινε ψευδοσπορά σε συνδυασμό με το ζιζανιοκτόνο glyphosate στη δόση 540 g a.e. ha⁻¹ (T7) και στη δόση 720 g a.e. ha⁻¹ (T5) είχαν λιγότερα ζιζάνια άγριου σιναπιού κατά 61% και 69,2%, αντίστοιχα, σε σχέση με την συμβατική σπορά. Οι επεμβάσεις T2, T4, T6 και T8 μείωσαν 100% το ζιζάνιο άγριο σινάπι (Γράφημα 3).



Γράφημα 4. Πυκνότητα γαϊδουράγκαθου (φυτά/m²) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

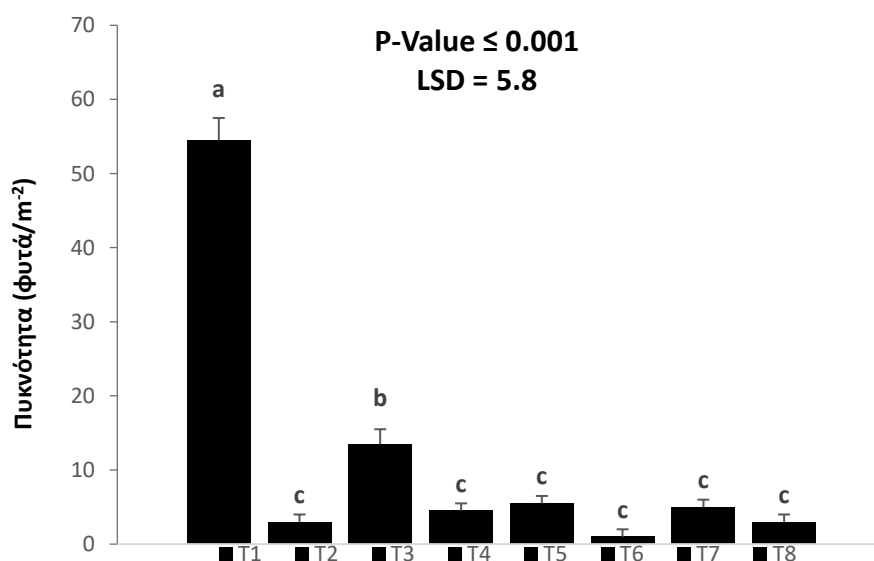
Η πυκνότητα του συγκεκριμένου ζιζανίου επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις (p value \leq 0.001). Η υψηλότερη πυκνότητα του γαϊδουράγκαθου παρατηρήθηκε στο τεμάχιο του αμεταχειριστού μάρτυρα (T1) και στο τεμάχιο με την μεταχείριση της ψευδοσποράς (T3). Πιο συγκεκριμένα, η επέμβαση της ψευδοσποράς (T3) περιορίσε την πυκνότητα του γαϊδουράγκαθου κατά 70% του μάρτυρα. Το τεμάχιο όπου έγινε ψευδοσπορά σε συνδυασμό με το ζιζανιοκτόνο glyphosate στη δόση 540 g a.e. ha⁻¹ (T7) είχε λιγότερα ζιζάνια γαϊδουράγκαθου κατά 80%, αντίστοιχα, σε σχέση με την συμβατική σπορά. Οι επεμβάσεις T2, T4, T5, T6 και T8 μείωσαν 100% το ζιζάνιο γαϊδουράγκαθο (Γράφημα 4).

3.2 2^η αξιολόγηση πυκνότητας ζιζανίων



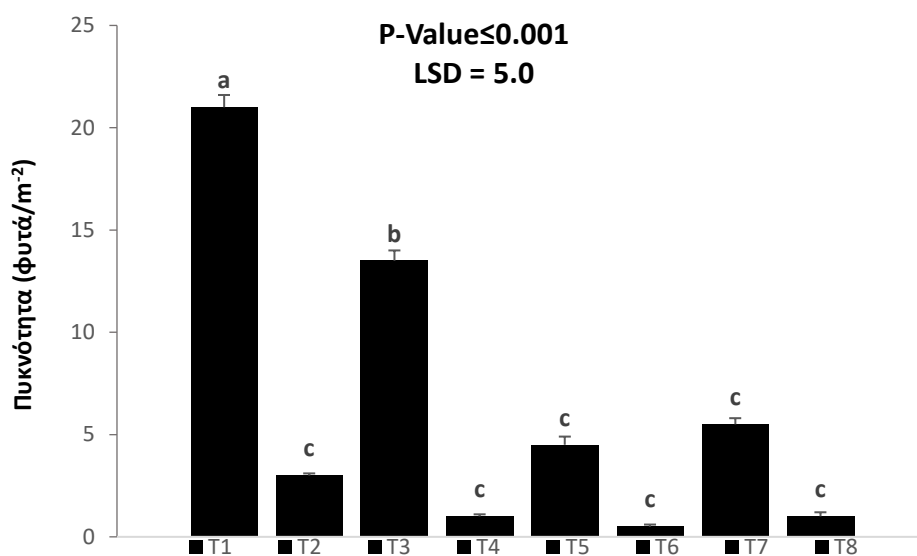
Γράφημα 5. Πυκνότητα βερόνικας (φυτά/m²) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Κατά τη δεύτερη αξιολόγηση η πυκνότητα του ζιζανίου βερόνικα επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις (p value ≤ 0.001). Η υψηλότερη πυκνότητα της βερόνικας παρατηρήθηκε στο τεμάχιο του μάρτυρα (T1) και στο τεμάχιο με την μεταχείριση της ψευδοσποράς (T3). Πιο συγκεκριμένα, η επέμβαση της ψευδοσποράς (T3) ελαχιστοποίησε την πυκνότητα της βερόνικας κατά 18% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Τα τεμάχια όπου έγινε ψευδοσπορά σε συνδυασμό με το ζιζανιοκτόνο glyphosate στη δόση 540 g a.e. ha⁻¹ (T7) και στη δόση 720 g a.e. ha⁻¹ (T5) είχαν λιγότερα ζιζάνια βερόνικας κατά 28 και 29%, αντίστοιχα, σε σχέση με την συμβατική σπορά. Οι T2 και T6 μείωσαν την πυκνότητα της βερόνικας κατά 95 και 97%, αντίστοιχα (Γράφημα 5).



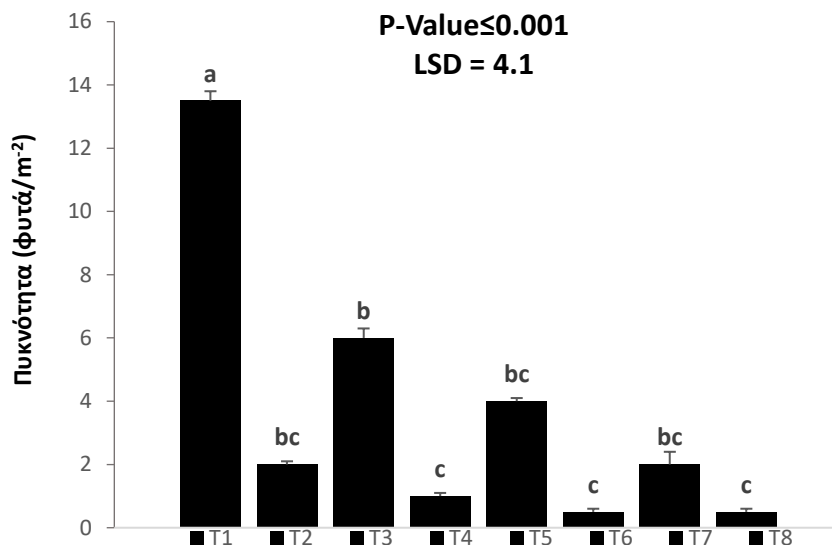
Γράφημα 6. Πυκνότητα μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (φυτά/m²) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Η ψευδοσπορά (T3) μείωσε την πυκνότητα της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 75% σε σύγκριση με τον μη επεξεργασμένο μάρτυρα (T1). Η πυκνότητα αυτού του ζιζανίου κυμαινόταν μεταξύ 1 -5,6 φυτά m⁻² στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν άλλες μέθοδοι καταπολέμησης ζιζανίων. Οι επεμβάσεις T2 και T8 είχαν ίδια αποτελέσματα και μείωσαν την πυκνότητα του συγκεκριμένου ζιζανίου κατά 94% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Παράλληλα η επέμβαση T6, κατά την οποία έγινε ψευδοσπορά με την χρήση glyphosate στη δόση 720 g a.e. ha⁻¹ αλλά και μεταφυτρωτική εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου Herold Trio, η πυκνότητα της κολλητσίδας μειώθηκε κατά 98% σε σχέση με την απευθείας σπορά (Γράφημα 6).



Γράφημα 7. Πυκνότητα άγριου σιναπιού (φυτά/m²) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

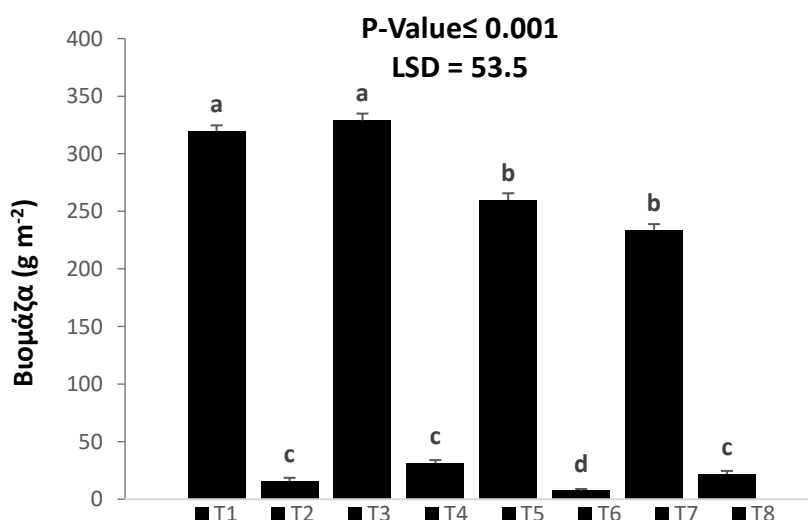
Η πυκνότητα του άγριου σιναπιού επηρεάστηκε από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις της προετοιμασίας της σποροκλίνης (p value ≤ 0.001). Ειδικότερα η υψηλότερη τιμή παρατηρήθηκε στον μάρτυρα με δεύτερη να έρχεται η μεταχείριση της ψευδοσποράς (T3). Οι χαμηλότερες τιμές πυκνότητας του άγριου σιναπιού παρατηρήθηκαν στις επεμβάσεις T6, T8 και T4 οι οποίες μείωσαν το άγριο σινάπι κατά 97 και 95%, αντίστοιχα (Γράφημα 7).



Γράφημα 8. Πυκνότητα γαϊδουράγκαθου (φυτά/m²) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

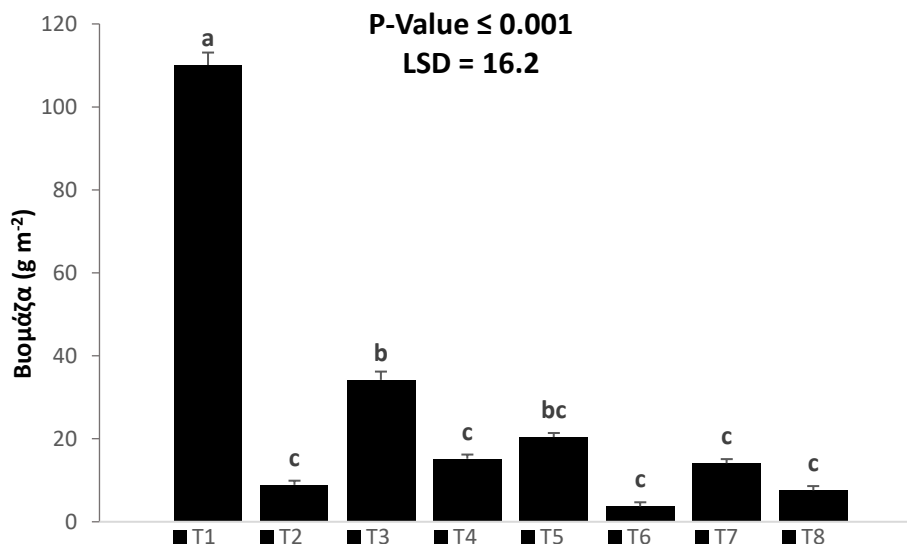
Η πυκνότητα του συγκεκριμένου ζιζανίου επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις (p value ≤ 0.001). Η υψηλότερη πυκνότητα του γαϊδουράγκαθου παρατηρήθηκε στο τεμάχιο του αμεταχειριστού μάρτυρα (T1) και στο τεμάχιο με την μεταχείριση της ψευδοσποράς (T3). Πιο συγκεκριμένα, η επέμβαση της ψευδοσποράς (T3) μείωσε την πυκνότητα του γαϊδουράγκαθου κατά 55% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Το τεμάχιο όπου έγινε ψευδοσπορά σε συνδυασμό με το ζιζανιοκτόνο glyphosate στη δόση 540 g a.e. ha⁻¹ (T7) είχε λιγότερα ζιζάνια γαϊδουράγκαθου κατά 85%, αντίστοιχα, σε σχέση με την συμβατική σπορά. Οι επεμβάσεις T6 και T8 μείωσαν κατά 96% το ζιζάνιο γαϊδουράγκαθο σε σχέση με τον μάρτυρα (Γράφημα 8).

3.3 Αξιολόγηση βιομάζας των ζιζανίων



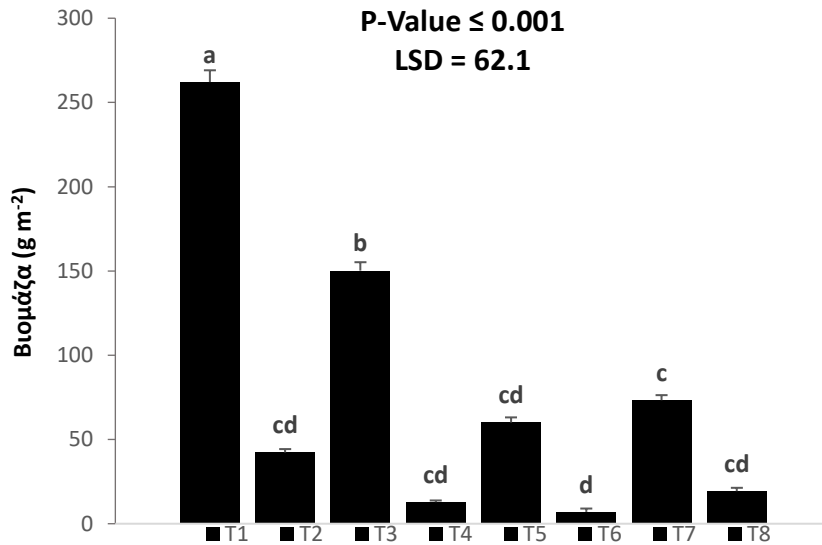
Γράφημα 9. Η βιομάζα (g m⁻²) του ζιζανίου βερόνικα για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Το ξηρό βάρος της βερόνικας ανά μονάδα επιφάνειας δεν μεταβλήθηκε μεταξύ των επεμβάσεων T1 και T3. Οι επεμβάσεις T5 και T7 μείωσαν τη βιομάζα αυτού του ζιζανίου κατά περίπου 21 και 28% σε σύγκριση με τις εν λόγω μεταχειρίσεις. Οι T2, T4, T6 και T8 πέτυχαν πολύ καλό έλεγχο ($\geq 90\%$) της βερόνικας (Γράφημα 9).



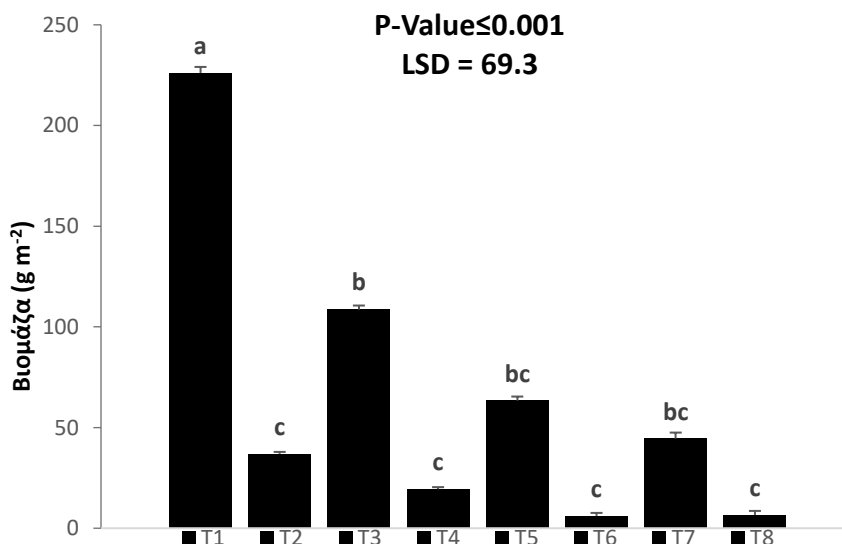
Γράφημα 10. Η βιομάζα της μεγαλόκαρπης κολλιτσίδας (g m^{-2}) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Οι μεταχειρίσεις T3 και T5 μείωσαν τη βιομάζα της κολλιτσίδας κατά 69 και 81% σε σύγκριση με την T1. Οι επεμβάσεις T4 και T7 οδήγησαν σε παρόμοιες τιμές με την επέμβαση T5. Οι T2, T6 και T8 είχαν ως αποτέλεσμα τη χαμηλότερη βιομάζα του ζιζανίου (3,7-8,9 g m^{-2}). Πιο συγκεκριμένα οι επεμβάσεις T2, T6 και T8 μείωσαν την βιομάζα του ζιζανίου κολλιτσίδα κατά 91, 96 και 93%, αντίστοιχα, σε σχέση με τον αμεταχειριστό μάρτυρα (Γράφημα 10).



Γράφημα 11. Η βιομάζα του άγριου σιναπιού (g m^{-2}) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

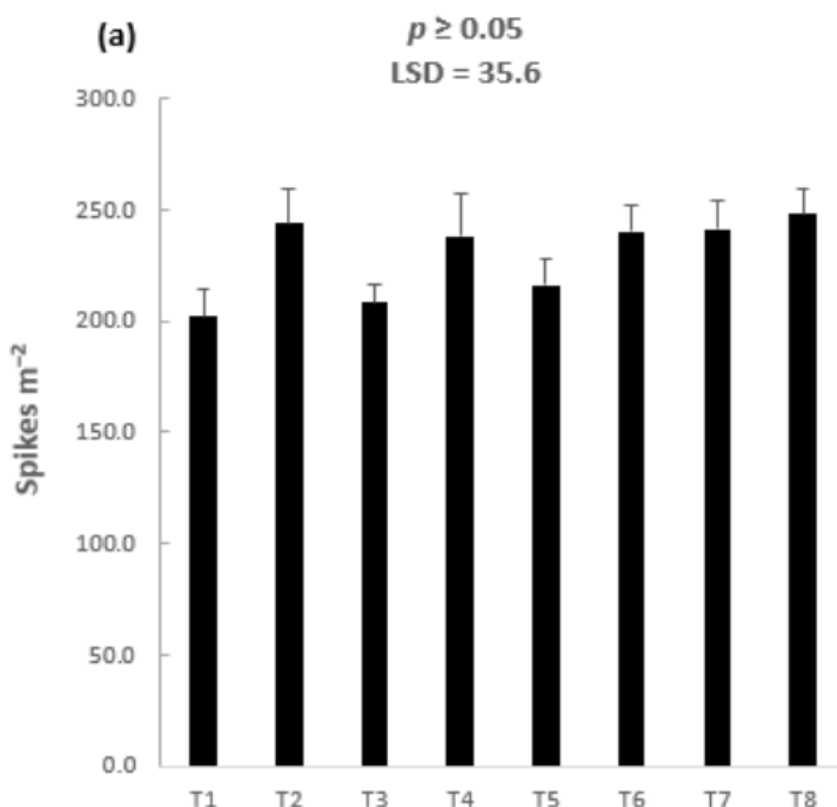
Η βιομάζα του άγριου σιναπιού επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις και ακολούθησε με φθίνουσα σειρά: $T1 > T3 > T7 \geq T5 \geq T2 \geq T4 \geq T8 \geq T6$. Πιο συγκεκριμένα οι T6 και T4 μείωσαν την βιομάζα του άγριου σιναπιού κατά 97 και 95% σε σχέση με τον μάρτυρα. Επίσης η βιομάζα του άγριου σιναπιού μειώθηκε στα υποτεμάχια με τις επεμβάσεις T8 και T2 κατά 92 και 83% σε σχέση με υποτεμάχια του μάρτυρα (Γράφημα 11).



Γράφημα 12. Η βιομάζα του γαϊδουράγκαθου (g m^{-2}) για κάθε επέμβαση. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

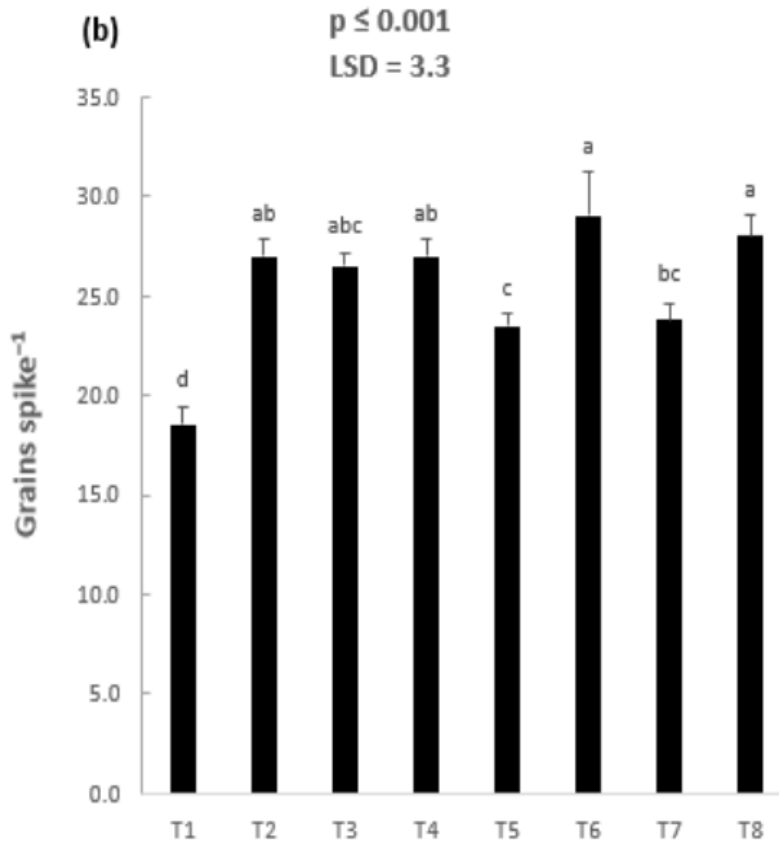
Η βιομάζα του γαϊδουράγκαθου επηρεάστηκε από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις για τον έλεγχο των ζιζανίων (p value ≤ 0.001). Τα φυτά γαϊδουράγκαθου είχαν περισσότερα από 220 g m^{-2} στα τεμάχια όπου δεν εφαρμόστηκε έλεγχος των ζιζανίων (T1). Σε αυτό το είδος μειώθηκε σε $108,6 \text{ g m}^{-2}$ στα τεμάχια T3 και ήταν ακόμη χαμηλότερη στα τεμάχια T5 και T7. Οι T2 και T4 μείωσαν τη βιομάζα του γαϊδουράγκαθου κατά 83 και 92%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με το T1 (Γράφημα 12).

3.4. Αξιολόγηση αποδόσεων σκληρού σιταριού



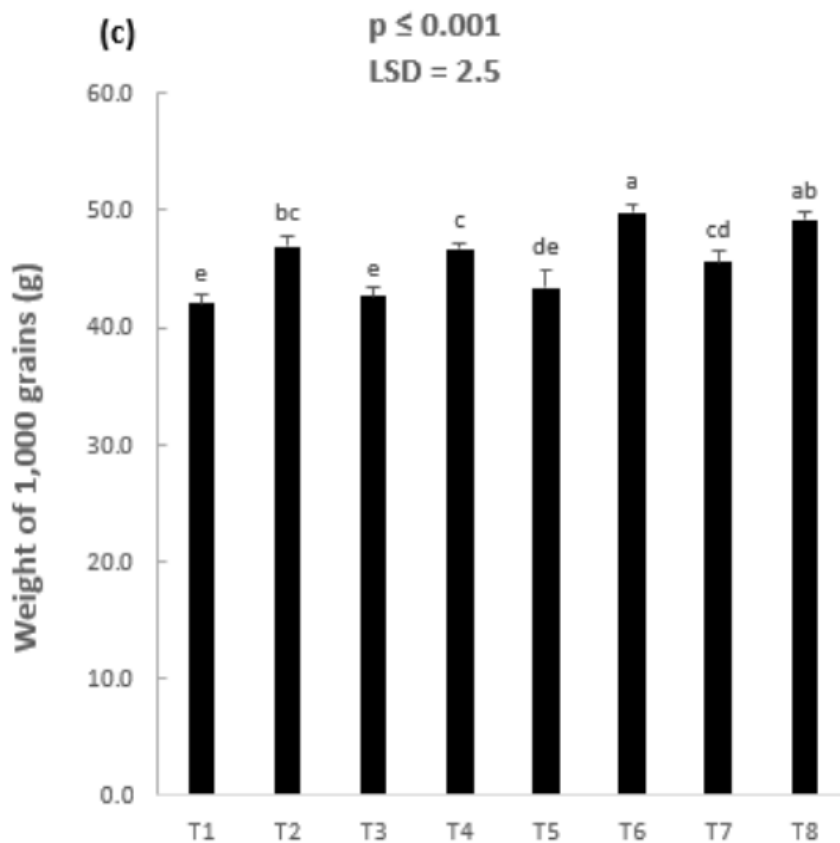
Γράφημα 13. Ο αριθμός των στάχων (στάχεις/ m^2) ανά μονάδα επιφάνειας για το σκληρό σιτάρι. Οι ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Όσον αφορά την πρώτη συνιστώσα της απόδοσης του σκληρού σιταριού που μετρήθηκε, ο αριθμός των στάχων ανά μονάδα επιφάνειας δεν επηρεάστηκε σημαντικά από τις επεμβάσεις (p value $\geq 0,05$). Όμως από ότι φαίνεται από τις μετρήσεις οι μεγαλύτερες τιμές στάχων ανά μονάδα επιφάνειας σημειώθηκαν στις επεμβάσεις T2 και T8, ενώ ακολούθησαν οι επεμβάσεις T7, T6 και T4 (Γράφημα 13).



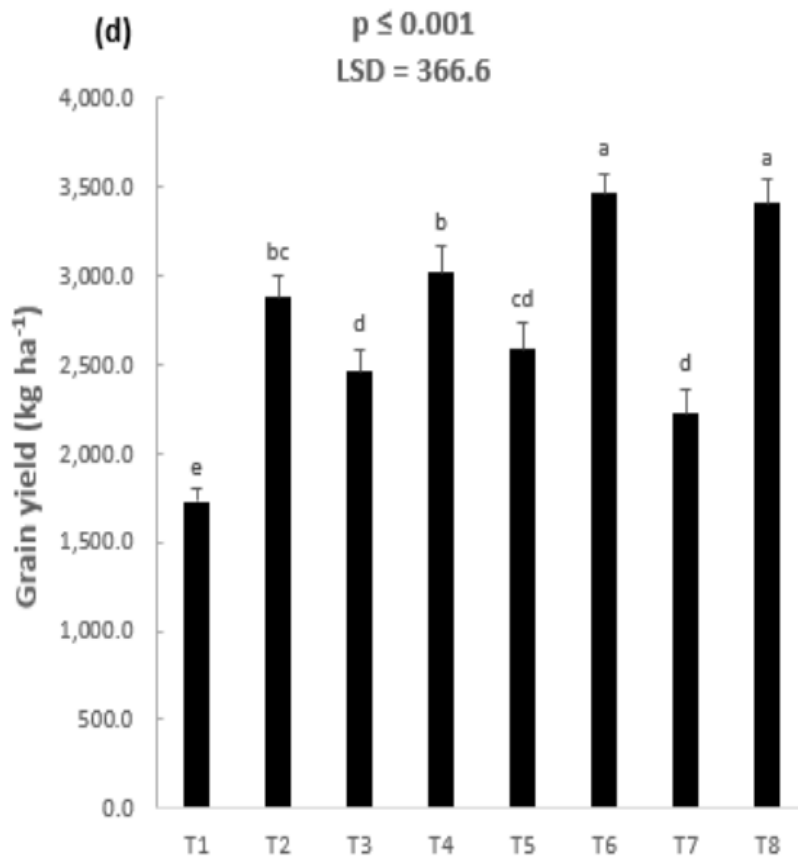
Γράφημα 14. Ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Αντίθετα, σύμφωνα με την Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA), ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά (p value ≤ 0.001) από τις επεμβάσεις για την αντιμετώπιση των ζιζανίων. Πιο συγκεκριμένα ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ ήταν υψηλότερος στα τεμάχια T6 και T8 (29,0 και 28,0 καρποί στάχυ⁻¹ αντίστοιχα), ακολουθούμενοι από τις τιμές στα τεμάχια T2, T3, T4 και T7. Οι επεμβάσεις T6 και T8 αύξησαν τους καρπούς ανά στάχυ κατά 61 και 55%, αντίστοιχα, σε σχέση με τον μάρτυρα. Επίσης το τεμάχιο T5 παράγαγε 23,5 καρπούς ανά στάχυ, το οποίο ήταν χαμηλότερο σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές των T2, T3 και T4, αλλά υψηλότερη από την αντίστοιχη τιμή του μη επεξεργασμένου μάρτυρα (Γράφημα 14).



Γράφημα 15. Το βάρος χιλίων καρπών (g). Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Παρόμοια και το βάρος χιλίων καρπών επηρεάστηκε στατιστικώς σημαντικά από τις επεμβάσεις (p value ≤ 0.001). Ειδικότερα το βάρος των 1.000 καρπών ήταν υψηλότερο στα τεμάχια T6 και T8, ενώ ήταν χαμηλότερο στα τεμάχια T5, T3 και T1. Ενδιάμεσες τιμές αντιστοιχούσαν στις μεταχειρίσεις T2, T4 και T7. Η επέμβαση T5 αύξησε το βάρος των χιλίων καρπών κατά 19% σε σχέση με τον αμεταχειριστο μάρτυρα (Γράφημα 15).



Γράφημα 16. Η τελική απόδοση σε καρπό (kg ha⁻¹) σκληρού σιταριού. Τα διαφορετικά γράμματα συμβολίζουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων των επεμβάσεων. Οι κάθετες ράβδοι αναπαριστούν τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων.

Τέλος, η T6 αύξησε την απόδοση σε καρπούς κατά 50% σε σύγκριση με τον μη επεξεργασμένο μάρτυρα. Η μεταχείριση T8 είχε παρόμοια θετική επίδραση στην απόδοση της καλλιέργειας. Οι μεταχειρίσεις T2 και T4 οδήγησαν σε χαμηλότερες αποδόσεις σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις T6 και T8. Ακόμη χαμηλότερες αποδόσεις καταγράφηκαν στα τεμάχια T3, T5 και T7- οι μεταχειρίσεις αυτές οδήγησαν σε υψηλότερες τιμές από την T1 (Γράφημα 16).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε κάθε περίπτωση, τα αρχικά αποτελέσματα αυτής της μελέτης υποδεικνύουν ότι η ψευδοσπορά με επιφανειακή κατεργασία ή με εφαρμογή μη εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων δίνει στους καλλιεργητές τη δυνατότητα να ελέγχουν τις πρώιμες εμφανίσεις ζιζανίων. Αν και αυτό ακούγεται πολλά υποσχόμενο, τα ζιζάνια που εμφανίζονται αργότερα μπορεί να μην ελέγχονται και να παρεμβαίνουν στην καλλιέργεια. Επομένως, μετά την καταπολέμηση των ζιζανίων με ψευδοσπορά με επιφανειακή κατεργασία ή με εφαρμογή μη εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων, απαιτούνται επιλεκτικές μεταφυτρωτικές εφαρμογές ζιζανιοκτόνων για να επιτευχθεί πλήρης καταπολέμηση των ζιζανίων (Kanatats et al., 2020a).

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η εξαιρετική αποτελεσματικότητα της επέμβασης T2 δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με την πραγματική ανάγκη προετοιμασίας του αγρού με τις μεθόδους ψευδοσποράς αντί απλώς να ψεκάζεται το χωράφι με ένα εκλεκτικό μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο. Ωστόσο, θα πρέπει πάντα να έχουμε κατά νου ότι με την ψευδοσπορά ελέγχονται οι πρώτες εκβλαστήσεις ζιζανίων προκαλώντας σημαντική εξάντληση της τράπεζας σπόρων των ζιζανίων στο έδαφος με στόχο τη μείωση του αποθέματος των ζιζανίων σε ένα χωράφι σε μακροπρόθεσμη περίοδο (Merfield et al., 2015). Επιπλέον, η ψευδοσπορά με επιφανειακή κατεργασία ή με εφαρμογή μη εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων μπορεί να έχει μεγαλύτερη χρησιμότητα σε καλλιέργειες όπου δεν υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες δραστικές πρακτικές σχετικά με τον έλεγχο ζιζανίων (Gazoulis et al., 2023).

Μια άλλη σημαντική παρατήρηση ήταν ότι η ψευδοσπορά σε συνδυασμό με glyphosate στα 720 ή 540 g a.e. ha⁻¹ έτεινε να είναι πιο αποτελεσματική από την ψευδοσπορά και αυτό συμφωνεί με πρόσφατη έρευνα (Kanatats et al. 2020b). Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στο γεγονός ότι ακόμη και οι ρηχές εργασίες άροσης προκαλούν διαταραχή του εδάφους φέρνοντας λίγους ακόμη σπόρους ζιζανίων στα ανώτερα στρώματα του εδάφους όπου μπορούν να βλαστήσουν (Travlos et al., 2020). Αντίθετα, το glyphosate ελέγχει τα σπορόφυτα ζιζανίων χωρίς να προκαλεί διαταραχή του εδάφους. Είναι επίσης πολλά υποσχόμενο ότι τα νεαρά σπορόφυτα ζιζανίων μπορούν να ελεγχθούν σε αναλογία glyphosate χαμηλότερη από τη συνιστώμενη, γεγονός που είναι πλήρως σύμφωνο με την Πράσινη Συμφωνία της ΕΕ για ελάττωση της παρουσίας φυτοφαρμάκων στις καλλιέργειες κατά ελάχιστο ποσοστό 50% έως το 2030 (Tataridas, 2022).

Συνοψίζοντας, τα τρέχοντα ευρήματά μας ανοίγουν νέους ορίζοντες στη χρήση της γλυφωσάτης σε αροτραίες καλλιέργειες προσφέροντας στους καλλιεργητές ένα νέο εργαλείο για τον έλεγχο των ζιζανίων. Αυτό είναι πολύ σημαντικό δεδομένου ότι το glyphosate ανήκει σε διαφορετικό SoA σε σύγκριση με τα συμβατικά εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα που τείνουν να καταστούν αναποτελεσματικά σε μακροπρόθεσμη περίοδο λόγω της αύξησης των πληθυσμών ζιζανίων ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα σε αναστολείς ALS και ACCase (Hear, 2023).

4.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω δοκιμές πεδίου για να αντιμετωπιστούν ορισμένα ερευνητικά κενά για τη βελτιστοποίηση τέτοιων καλλιεργητικών πρακτικών και να τονιστεί ο ρόλος του glyphosate για τον έλεγχο των ζιζανίων με ψευδοσπορά. Οι μελλοντικοί ερευνητικοί μας στόχοι θα πρέπει να είναι οι εξής:

- Δεδομένου ότι το πειραματικό χωράφι που έγινε η αξιολόγηση είχε κυρίως με πλατύφυλλα ζιζάνια, η αποτελεσματικότητα του glyphosate θα πρέπει επίσης να αξιολογηθεί στα αγρωστώδη ζιζάνια με ψευδοσπορά. Αυτό σημειώνεται ιδιαίτερα για την ήρα (*Lolium rigidum* Gaud.) και την αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.) που είναι από τα πιο ενοχλητικά είδη ζιζανίων στους κύριους σιτοπαραγωγικούς νομούς της Ελλάδας.

- Επιπλέον, θα πρέπει να καθοριστεί η βέλτιστη χρονική περίοδος κατά την οποία καθυστερεί η σπορά ανάμεσα στην προετοιμασία της σποροκλίνης και της επέμβασης με glyphosate. Όσο περισσότερο αργεί η πρώτη φάση, τόσο περισσότερα φυτά θα φυτρώσουν και στη συνέχεια θα ελέγχονται με glyphosate.

- Ωστόσο, παρατεταμένες περιόδους καθυστέρησης μπορεί να οδηγήσουν σε απώλειες απόδοσης στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, επειδή ο βιολογικός κύκλος της καλλιέργειας μπορεί να συντομευτεί σε μη αποδεκτά επίπεδα. Μια άλλη ανησυχία σχετικά με τις καθυστερήσεις σποράς είναι η πιθανή απώλεια αζώτου που εφαρμόζεται μέσω της βασικής λίπανσης. Σε κάθε περίπτωση, αυτά τα ερωτήματα θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με περισσότερες δοκιμές πεδίου, καθώς τα αποτελέσματα μπορεί να εξαρτώνται από το έδαφος και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μια δεδομένη γεωργική περιοχή.

- Η αποτελεσματικότητα των χαμηλότερων ρυθμών εφαρμογής του glyphosate μπορεί να εξαρτάται επίσης από τη σύνθεση της χλωρίδας των ζιζανίων καθώς και το στάδιο ανάπτυξης τους.

- Η αποτελεσματικότητα του μείγματος ζιζανιοκτόνων που δοκιμάστηκε στην τρέχουσα μελέτη (Herold Trio ®) θα πρέπει να αξιολογηθεί σε ένα ευρύτερο φάσμα ειδών ζιζανίων. Ήταν πολύ ενδιαφέρον ότι το νέο προϊόν πέτυχε πολύ καλό έλεγχο του γαϊδουράγκαθου, ενός είδους που δεν αναφέρεται ως ευαίσθητο στην ετικέτα του προϊόντος. Επιπλέον, οι επιδράσεις του ζιζανιοκτόνου στα ζιζάνια που θα εμφανιστούν αργότερα θα αναλυθούν σε αυτή αλλά και σε επερχόμενες μελέτες πεδίου.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

5.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Μπιλάλης Δ., Παπαστηλιανού Π.-Θ., Τραυλός Η. Σ., 2019, Γεωργία Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας, ISBN 978-960-546-039-6, Εκδόσεις ΠΕΔΙΟ

Ελευθεροχωρινός Η. (2008). Ζιζανιολογία: Ζιζάνια, Ζιζανιοκτόνα, Περιβάλλον, Αρχές και Μέθοδοι Διαχείρισης. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα

Χαϊδευτού Γ. Ε., 2010. Εδαφικές τράπεζες σπόρων, φυτική ποικιλότητα και βόσκηση σε δάση φυλλοβόλων δρυών της Ελλάδας. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Παπακώστα - Τασοπούλου, Δ., 2008 Ειδική Γεωργία Ι τεύχος Α Σιτηρά (χειμερινά εαρινά) Σύγχρονη παιδεία Θεσσαλονίκη.

Σφήκας, Α., 1995, Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων: Θεσσαλονίκη.

5.2 ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Mortensen, D., A., Egan, F., J., Maxwell, B., D., Ryan, M., R & Smith, R., G. (2012) Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*

Oerke, E., C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*

Oerke, E., C., & Dehne, H., W. (2004) Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*

Rao V.S. (2000). Principles of weed science (2nd ed.), Science Publishers, New York

LeBaron H.M. & Gressel J. (1982) *Herbicide Resistance in Plants*. Wiley, New York

Li Y, Sun Z, Zhuang X, Xu L, Chen S, and Li M (2003) Research progress on microbial herbicides. *Crop Protection*

Ryan G.F (1970). Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *Weed Science*

Naylor R.E.L. (2002). *Weed Management Handbook*. Blackwell Science, Oxford

Heap I. (2010) International Survey of Herbicide Resistant Weeds (ISHRW) <http://www.weedscience.com>

- Gasquez J. (1997). Genetics of herbicide resistance within weeds. Factors of evolution, inheritance and fitness. In De Prado, J. Jorrin and L. Garcia-Torres (ed.). *Weed and Crop Resistance to Herbicides*. Kluwer Academic Publishers
- Culliney, T.W., (2005). Benefits of classical biological control for managing invasive plants. *Crit. Rev. Plant Sci.*
- O'Donovan, J. T., K. N. Harker, G. W. Clayton, and L. M. Hall. (2000). Wild oat (*Avena fatua*) interference in barley (*Hordeum vulgare*) is influenced by barley variety and seeding rate. *Weed Technol*
- Sathappan, C., Arivukarasu, K., Rameshkumar, S., Murugan, G., & Kathiresan, R., M. (2012) *Pakistan Journal of Weed Science Research*
- Benech-Arnold RL, Sánchez RA, Forcella F, Kruk BC and Ghersa CM (2000) Environmental control of dormancy in weed seed soil banks. *Field Crops Research* 67
- Reuss S.A., D.D. Buhler and J.L. Gunsolus, 2001. Effects of soil depth and aggregate size on weed seed distribution and viability in a silt loam soil. *Applied Soil Ecology*
- Ghersa C.M. and M.A. Martinez-Ghersa, 2000. Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: implications for weed management. *Field Crops Research*
- Probert RJ (1992) The role of temperature in germination ecophysiology. In Fenner M (ed), *Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CAB International, Wallingford, England, pp. 285-325
- Baskin CC and Baskin JM (1998) *Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. New York, USA: Academic Press
- Fenner M (2000) *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, vol. 2. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing
- Batlla D and Benech-Arnold RL (2005) Changes in the light sensitivity of buried *Polygonum aviculare* seeds in relation to cold-induced dormancy loss: development of a predictive model. *New Phytologist* 165, 445-452
- Wiese AM and Binning LK (1987) Calculating the threshold temperature of development for weeds. *Weed Science* 35, 177-179
- Gummerson RJ (1986) The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. *Journal of Experimental Botany* 37, 729-741
- Batlla D, Kruk BC and Benech-Arnold RL (2004) Modelling changes in dormancy in weed soil seed banks: implications for the prediction of weed emergence. In Benech-Arnold RL, Sánchez RA (eds) *Handbook of seed physiology: applications to agriculture*, New York, USA: Haworth Press, pp 245-264

- Bauer MC, Meyer S and Allen PS (1998) A simulation model to predict seed dormancy loss in the field for *Bromus tectorum* L. *Journal of Experimental Botany* 49, 1235-1244. of pea, barley and oilseed rape. *Biological Agriculture & Horticulture* 21, 337-348
- Bewley JD and Black M (1982) *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination*, vol. 2. Berlin, Germany: Springer-Verlag
- Bradford KJ (1995) Water relations in seed germination. In Kigel J and Galili G (eds), *Seed Development and Germination*. New York, USA: Marcel Dekker, pp. 351-396
- Frankland B and Taylorson RB (1983) Light control of seed germination. In Shropshire W, and Mohr H (eds), *Encyclopaedia of Plant Physiology*, vol.16. New York, USA: Springer, pp. 428-456
- Benech-Arnold RL, Ghera CM, Sánchez RA and Insausti P (1990a) Temperature effects on dormancy release and germination rate in *Sorghum halepense* (L.) Pers. seeds: a quantitative analysis. *Weed Research* 30, 81-89
- Casal JJ and Sánchez RA (1998) Phytochromes and seed germination. *Seed Science Research* 8, 317-329
- Benech-Arnold RL, Ghera CM, Sánchez RA and Insausti P (1990b) A mathematical model to predict *Sorghum halepense* (L.) Pers. seedling emergence in relation to soil temperature. *Weed Research*
- Hilhorst HWM and Karssen CM (1988) Dual effect of light on the gibberellin- and nitrate-stimulated seed germination of *Sisymbrium officinale* and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology*
- Karssen CM and Hilhorst HWM (1992) Effect of chemical environment on seed germination. In Fenner M (ed), *Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CAB International, Wallingford, England
- Okazaki Esashi Y, M, Yanai N, and Hishinuma K (1978) Control of the germination of secondary dormant cocklebur seeds by various germination stimulants. *Plant Physiology*
- Derckx MPM and Karssen CM (1994) Are seasonal dormancy patterns in *A. thaliana* regulated by changes in seed sensitivity to light, nitrate and gibberellin? *Annals of Botany*
- Lonchamp JP and Gora M (1979) Influence d'anoxies partielles sur la germination de semences de mauvaises herbes. *Oecologia Plantarum*
- Karssen CM (1980a) Patterns of change in dormancy during burial of seeds in soil. *Israel Journal of Botany*

- Symons SJ, Naylor JM, Simpson GM and Adkins SW (1986) Secondary dormancy in *Avena fatua*: induction on characteristics in genetically pure dormant lines. *Physiologia Plantarum*
- Ballard, L. A. T. (1967). Effects of carbon dioxide on the germination of leguminous seeds. In Borriss H. (ed), *Physiology, Ecology, and Biochemistry of Germination*, vol. 1. Greifswald, Germany: Ernst-Moritz-Arndt Universität
- Ballard, L. A. T. (1958). Studies of dormancy in the seeds of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). I. Breaking of dormancy by carbon dioxide and by activated carbon. *Australian Journal of Biological Sciences*
- Katoh H and Esashi Y (1975) Dormancy and impotency of cocklebur seeds. I. CO₂, C₂H₄, O₂ and high temperature. *Plant & Cell Physiology*
- Jeffery DW (1987) *Soil-Plant Relationships: An Ecological Approach*. Timber Press, Portland, Oregon: Timber Press
- Schönbeck MW and Egley GH (1981b) Changes in sensitivity of *Amaranthus retroflexus* L. seeds to ethylene during preincubation. I. Constant temperatures. *Plant Cell & Environment*
- Corbineau F and Côme D (1995) Control of seed germination and dormancy by the gaseous environment. In Kigel J and Galili A (eds), *Seed Development and Germination*. New York, USA: Marcel Dekker
- Schönbeck MW Egley, GH (1981a) Phase-sequence of redroot pigweed seed germination responses to ethylene and other stimuli. *Plant Physiology*
- Taylorson RB (1979) Response of weed seeds to ethylene and related hydrocarbons. *Weed Science*
- Esashi Y and Leopold AC (1969) Dormancy regulation in subterranean clover seeds by ethylene. *Plant Physiology*
- Mohler CL (1993) A model of the effects of tillage on emergence of weed seedlings. *Ecological Applications*
- Suzuki S and Taylorson RB (1981) Ethylene inhibition of phytochrome-induced germination in *Potentilla norvegica* L. seeds. *Plant Physiology*
- Olatoye ST and Hall MA (1973) Interaction of ethylene and light on dormant weed seeds. In Heydecker W (ed), *Seed Ecology*. Butterworths, London, England
- Roberts HA and Feast PM (1973a) Changes in the numbers of viable weed seeds in soil under different regimes. *Weed Research*
- Roberts HA and Dawkins PA (1967) Effect of cultivation on the numbers of viable weed seeds in the soil. *Weed Research*

- Roberts HA and Feast PM (1972) Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Research*
- Roberts HA and Feast PM (1973b) Emergence and longevity of seeds of annual weeds in cultivated and undisturbed soil. *Journal of Applied Ecology*
- Zimdahl RL, Moody K, Lubigan RT and Castin EM (1988) Patterns of weed emergence in tropical soil. *Weed Science*
- Ryan MR, Smith RG, Mirsky SB, Mortensen DA and Seidel R (2010) Management filters and species traits: weed community assembly in long-term organic and conventional systems. *Weed Science*
- Smith RG (2006) Timing of tillage is an important filter on the assembly of weed communities. *Weed Science*
- Stoller EW and Wax LM (1973) Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. *Weed Science*
- Egley GH and Williams RD (1991) Emergence periodicity of six summer annual weed species. *Weed Science*
- Egley GH (1989) Stimulation of weed seed germination in soil. *Reviews of Weed Science*
- Booth BD and Swanton CJ (2002). Assembly theory applied to weed communities. *Weed Science*
- Riemens MM, Van Der Weide RY, Bleeker PO and Lotz LAP (2007) Effect of stale seedbed preparations and subsequent weed control in lettuce (cv. Iceboll) on weed densities. *Weed Research*
- Crawley MJ (2004) Timing of disturbance and coexistence in a speciesrich ruderal plant community. *Ecology*
- Davies DHK and Welsh JP (2002) Weed control in organic cereals and pulses. In Younie D, Taylor BR, Welch JM and Wilkinson JM (eds) *Organic cereals and pulses. Papers presented at conferences held at the Heriot-Watt University, Edinburgh, and at Cranfield University Silsoe Campus, Bedfordshire, 6 and 9 November 2001.* Chalcombe Publications
- Longchamps L, Panneton B, Simard MJ and Leroux GD (2012) Could weed sensing in corn inter-rows result in efficient weed control? *Weed Technology*
- Childs DZ, Metcalf CJE and Rees M (2010) Evolutionary bet-hedging in the real world: empirical evidence and challenges revealed by plants. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*
- Franke, A., C., Singh, S., McRoberts, N., Nehra, A., S., Godara, S., Malik, R., K., & Marshall, G. (2007) *Phalaris minor* seedbank studies: longevity, seedling emergence and seed production as affected by tillage regime. *Weed Research*

- Singh MK and Singh A (2012) Effect of stale seedbed method and weed management on growth and yield of irrigated direct-seeded rice. *Indian Journal of Weed Science*
- Ray B., Seth S.K., Tyagi, S., D., & Jindal, D., L. (1982) Annual conference of Indian Society of Weed Science
- Kumar D, Angiras NN and Rana SS (2003) Influence of seed bed manipulations and herbicides on leaf area index and growth rate of wheat and associated weeds. *Himachal Journal of Agricultural Research*
- Hansen PK Kristoffersen P and Kristensen K (2004) Strategies for non-chemical weed control on public paved areas in Denmark. *Pest Management Science*
- Merfield CN (2015) False and Stale Seedbeds: The most effective non-chemical weed management tools for cropping and pasture establishment
- Renu S, Thomas CG and Abraham CT (2007) Stale seedbed: A technique for non-chemical weed control for direct seeded upland rice. *Proceedings of 19th Kerala Science Congress. Kerala, Indosenia: 19th Kerala Science Congress*
- Yadav, K., S., Rajput, R., L., & Jain, S., C. (1995) *Field Crop Abstracts*
- Ranjit JD (2007) Weeds associated with different crops. Paper presented to Training on Weed management in rice April 25-27, 2007, NARC, Khumaltar
- Johnson, W., & Mullinix, B. (1995). *Weed Management in Peanut Using Stale Seedbed Techniques. Weed Science*
- Lonsbary, S., O'Sullivan, J., & Swanton, C. (2003). Stale-Seedbed as a Weed Management Alternative for Machine-Harvested Cucumbers (*Cucumis sativus*). *Weed Technology*
- Basavaraj, P., Reddy, V. C., Ramachandra, P. T. V., Shankaralingappa, B. C., Devendra, R., & Kalyanamurthy, K. N. (2013). Weed management in irrigated organic finger millet. *Indian Journal of Weed Science*
- Humburg, N. E. and H. P. Alley. 1979. Field bindweed control obtained with glyphosate, with and without 2, 4-D and dicamba added. *Res. Rep. Soc. West. Weed Sci*
- Owen, M. J., & Powles, S. B. (2009). Distribution and frequency of herbicide-resistant wild oat (*Avena* spp.) across the Western Australian grain belt. *Crop and Pasture Science*
- McNaughton, I., & Harper, J. (1964). *Papaver L. Journal of Ecology, 52(3), 767-793.*
- Rashed-Mohassel, M. H. and L. C. Haderlie. 1980. Control of field bindweed with glyphosate and growth regulator combinations. *North Cent. Weed Control Conf.*

Cirujeda, A., Recasens, J., & Taberner, A. (2003). Effect of Ploughing and Harrowing on a Herbicide Resistant Corn Poppy (*Papaver rhoeas*) Population. Biological Agriculture and Horticulture

Meksawat S and Pornprom T (2010) Allelopathic effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth. Weed Biology and Management

Bruff, S., & Shaw, D. (1992). Tank-mix Combinations for Weed Control in Stale Seedbed Soybean (*Glycine max*). Weed Technology

Jain KK and Tiwari JP (1995) Effects of herbicides and tillage operations on weeds, yield attributes and yield of soybean. Indian Journal of Weed Science

Rasmussen IA (2004). The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. Weed Research

5.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ

file:///C:/Users/maria/Downloads/booklet_sitira_2017.pdf

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

<https://agravia.gr/vasika-zizania-ton-sitiron/>

<https://plantpro.gr/post/641>

https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Prado-6/publication/296196033_Why_are_some_weeds_glyphosate_tolerant_The_case_of_fabaceae_weeds/links/5b6c593d45851546c9f93541/Why-are-some-weeds-glyphosate-tolerant-The-case-of-fabaceae-weeds.pdf#page=23

<https://research.unipg.it/handle/11391/154389>

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-3180.2003.00367.x>

<https://www.phytojournal.com/special-issue?year=2019&vol=8&issue=2S&ArticleId=7223>

<http://dspace.aua.gr/xmlui/handle/10329/7760>

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fagro.2021.769992/full>