



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΛΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Αξιολόγηση της εκλεκτικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων στην καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Νικόλαος Ι. Αντωνόπουλος

Επιβλέπων Καθηγητής : **Ηλίας Τραυλός**, Επίκουρος Καθηγητής

Αθήνα

2020

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Αξιολόγηση της εκλεκτικότητας μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων
στην καλλιέργεια σκληρού σιταριού.**

**«Evaluation of the selectivity of post-emergence herbicides in hard
wheat crop.»**

Νικόλαος Ι. Αντωνόπουλος

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Ηλίας Τραυλός, Επίκουρος Καθηγητής

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής

Παναγιώτα-Θηρεσία Παπαστυλιανού, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε πείραμα αγρού που πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην περιοχή της Κωπαΐδας, μελετήθηκε και αξιολογήθηκε η εκλεκτικότητα μεταφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων στην καλλιέργεια σκληρού σιταριού. Οι πειραματικές επεμβάσεις ήταν στο σύνολο 9 και περιλάμβαναν τις εφαρμογές των μειγμάτων: mesosulfuron-methyl + pyroxsulam σε δόση 100 g ha^{-1} , mesosulfuron-methyl + pyroxsulam σε δόση 200 g ha^{-1} , mesosulfuron-methyl + pyroxsulam + actirob b σε δόση $100 \text{ g ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, mesosulfuron-methyl + pyroxsulam + actirob b σε δόση $200 \text{ g ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, pyroxsulam + actirob b σε δόση $250 \text{ g ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, pyroxsulam + actirob b σε δόση $500 \text{ g ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, atlantis + actirob b σε δόση $0,5 \text{ kg ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, atlantis + actirob b σε δόση $1 \text{ kg ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, με τον ασέκαστο μάρτυρα να αποτελεί την τελευταία επέμβαση. Έντονη φυτοτοξικότητα παρατηρήθηκε στα τεμάχια εκείνα όπου εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες της συνιστώμενης δόσεις των μειγμάτων, με τα υψηλότερα ποσοστά να καταγράφονται στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή ενώ στις 30 ημέρες από την εφαρμογή η καλλιέργεια έδειξε να ανακάμπτει. Όσον αφορά τον δείκτη NDVI οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν οι συνιστώμενες δόσεις των μειγμάτων. Ύστερα από την καταγραφή των συστατικών της απόδοσης του σκληρού σιταριού, φάνηκε πως η απόδοση σε καρπό και σε ξηρή βιομάζα ήταν μειωμένη στις διπλάσιες δόσεις όλων των επεμβάσεων, με τον ασέκαστο μάρτυρα να παρουσιάζει την υψηλότερη απόδοση διότι η πυκνότητα των ζιζανίων στον συγκεκριμένο αγρό ήταν αρκετά χαμηλή. Συνεπώς, αυξημένη εκλεκτικότητα και αποτελεσματικότητα παρατηρήθηκαν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν οι συνιστώμενες δόσεις για όλα τα μείγματα, με την εφαρμογή του ενισχυτικού λαδιού actirob b να έχει σημαντικό βελτιωτικό ρόλο. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να διευκρινιστεί ο ρόλος των ενισχυτικών καθώς και των αντιφυτοτοξικών ενώσεων, κατά την ανάμειξή τους με τα χρησιμοποιούμενα ζιζανιοκτόνα στην καλλιέργεια του σκληρού σιταριού, ώστε να αποφεύγονται οι περιπτώσεις έντονης φυτοτοξικότητας στα καλλιεργούμενα φυτά.

Επιστημονική περιοχή: Ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων

Λέξεις κλειδιά: σκληρό σιτάρι, εκλεκτικότητα, φυτοτοξικότητα, δόσεις, μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα

«Evaluation of the selectivity of post-emergence herbicides in hard wheat crop.»

Department of Crop science

Laboratory of Agronomy

ABSTRACT

In a field experiment that took place in the field of Agriculture University of Athens in Kopaida region, the selectivity of post-emergence herbicides on wheat crop was studied and evaluated. The experimental treatments were 9 and included the application of the below mixtures: mesosulfuron-methyl + pyroxsulam at a dose of 100 g ha^{-1} , mesosulfuron-methyl + pyroxsulam at a dose of 200 g ha^{-1} , mesosulfuron-methyl + pyroxsulam + actirob b at a dose of $100 \text{ g ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, mesosulfuron-methyl + pyroxsulam + actirob b at a dose of $200 \text{ g ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, pyroxsulam + actirob b at a dose of $250 \text{ g ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, pyroxsulam + actirob b at a dose of $500 \text{ g ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, atlantis + actirob b at a dose of $0,5 \text{ kg ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, atlantis + actirob b at a dose of $1 \text{ kg ha}^{-1} + 1 \text{ L ha}^{-1}$, with the untreated control being the last treatment. Higher levels of phytotoxicity were detected in the plots where double dose of recommended was applied, with the higher levels recorded 15 DAT (days after treatment) whereas 30 DAT the crop started recovering. Regarding NDVI index, the higher value was detected on the plots where standard doses were applied. After recording the ingredients that determine the yield of wheat crop, results showed that the grain and biomass yield was decreased regarding all treatments with a double dose. The plots of the untreated control showed the higher level of grain and biomass yield due to lower weed density. Thus, the higher levels of selectivity and efficacy were observed in the plots where recommended dose was applied for all mixtures, while the application of the adjuvant oil actirob b had an assisting role. Further research is needed to identify the role of adjuvants and safeners during their applications in herbicide mixtures in wheat crop in order to avoid high levels of phytotoxicity.

Scientific area: Integrated weed management

Key words: wheat, selectivity, phytotoxicity, doses, post-emergence herbicides

Στον καμπούρη...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έχοντας ολοκληρώσει την εκπόνηση αυτής της πειραματικής μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω εγκάρδια όλους όσους με βοήθησαν για την διεκπεραίωσή της. Πρωταρχικά οφείλω να ευχαριστήσω προσωπικά τον επιβλέποντα Καθηγητή μου 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 επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργίας κ. Δημήτριο Μπιλάλη, τόσο ως μέλος της εξεταστικής επιτροπής όσο για τις εξαιρετικές συνθήκες για εργασία στον πειραματικό αγρό και στο Εργαστήριο Γεωργίας γενικότερα. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κ. Παπαστυλιανού Παναγιώτα ως μέλος της εξεταστικής επιτροπής.

Ευχαριστώ ακόμα θερμά τους συναδέλφους και στενούς φίλους, κ. Αναστασία Τσεκούρα, κ. Ιωάννη Γαζούλη και κ. Αλέξανδρο Ταταρίδα για την καθοριστική βοήθεια που μου προσέφεραν σε οποιοδήποτε τεχνικό θέμα χρειάστηκα υποστήριξη κατά τη διεξαγωγή αυτής της πειραματικής μελέτης. Ευχαριστώ επιπλέον, την Σοφία για την έμπρακτη στήριξή της κατά την συγγραφή της παρούσας μελέτης.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου και την παρέα μου για την πολύμορφη στήριξη που μου παρέχουν όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	VI
ABSTRACT	III
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	VII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	XII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	XIV
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	IX
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Η καλλιέργεια του σιταριού.....	1
1.1.1 Καταγωγή και διάδοση	1
1.1.2 Βοτανική ταξινόμηση	2
1.1.3 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή.....	2
1.1.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	4
1.1.4.1. Ριζικό σύστημα.....	4
1.1.4.2. Βλαστός.....	5
1.1.4.3. Φύλλα	5
1.1.4.4. Ταξιανθία	6
1.1.4.5. Καρπός	6
1.1.5. Στάδια ανάπτυξης του βιολογικού κύκλου	7
1.1.5.1. Φύτρωμα σπόρου	7
1.1.5.2. Ανάπτυξη ριζών και φυλλώματος	7
1.1.5.3. Αδέλφωμα	8
1.1.5.4. Καλάμωμα.....	8
1.1.5.5. Ξεστάχασμα	8
1.1.5.6. Ανθηση.....	9
1.1.5.7. Γέμισμα καρπών.....	9
1.1.5.8. Ωρίμανση	9
1.1.6 Οικολογική προσαρμοστικότητα.....	10
1.1.6.1. Κλίμα.....	10
1.1.6.2. Έδαφος	11
1.2 Η διαχείριση των ζιζανίων στις καλλιέργειες	12
1.2.1 Το πρόβλημα των ζιζανίων στην γεωργική παραγωγή.....	12
1.2.2 Διάκριση ζιζανίων.....	13
1.2.3 Χημικός έλεγχος ζιζανίων	13

1.2.4 Ολοκληρωμένη Διαχείριση Ζιζανίων	14
1.3 Γεωργία ακριβείας.....	14
1.3.1. NDVI και ζιζάνια	17
1.3.2 NDVI και χημική ζιζανιοκτονία	17
1.4 Εκλεκτικότητα.....	18
2. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	19
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	19
3.1 Γενικά	19
3.2 Επιλογή γενετικού υλικού.....	19
3.3 Επιλογή πειραματικών επεμβάσεων	20
3.4 Επιλογή πειραματικού σχεδίου	20
3.5 Εφαρμογή εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων	21
3.6 Μετρήσεις.....	22
3.6.1 Οπτικές παρατηρήσεις	22
3.6.2 Δείκτης NDVI (Normalized difference vegetation index).....	22
3.6.3 Συστατικά απόδοσης σιταριού.....	22
3.6.3.1 Αριθμός στάχων ανά μονάδα επιφάνειας	22
3.6.3.2 Αριθμός καρπών ανά στάχυ	22
3.6.3.3 Βάρος 1000 καρπών	22
3.6.4 Αποδόσεις σκληρού σιταριού	23
3.6.4.1 Απόδοση σε καρπό.....	23
3.6.4.2 Απόδοση σε βιομάζα.....	23
3.6.4.3 Δείκτης Συγκομιδής (Harvest Index).....	23
3.7 Στατιστική ανάλυση δεδομένων.....	23
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	24
4.1 Εδαφοκλιματικές συνθήκες.....	24
4.2 Συστατικά απόδοσης σκληρού σιταριού	26
4.2.1 Αριθμός στάχων ανά μονάδα επιφάνειας.....	26
4.2.2 Αριθμός καρπών ανά στάχυ.....	28
4.2.3 Βάρος 1000 καρπών.....	30
4.3 Αποδόσεις σκληρού σιταριού	32
4.3.1 Απόδοση σε καρπό	32
4.3.2 Απόδοση σε ξηρή βιομάζα.....	35
4.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά σκληρού σιταριού.....	37

4.4.1 Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη	37
4.4.2 Περιεκτικότητα σε γλουτένη	40
4.4.3 Αξιολόγηση βλαστικότητας.....	43
4.5 Οπτικές παρατηρήσεις.....	45
4.5.1 Φυτοτοξικότητα στις 15 ημέρες από την εφαρμογή.....	45
4.5.2 Φυτοτοξικότητα στις 15 ημέρες από την εφαρμογή.....	48
4.6 Δείκτης NDVI	50
4.6.1 Δείκτης NDVI στις 15 ημέρες από την εφαρμογή.....	50
4.6.2 Δείκτης NDVI στις 30 ημέρες από την εφαρμογή.....	53
4.7 Δείκτης Συγκομιδής (Harvest Index)	55
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	58
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	60
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	
7.1. Ελληνική.....	61
7.2. Ξενόγλωσση.....	62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1 Επεμβασεις Και δοσεις εφαρμογης ζιζανιοκτονων.	21
Πίνακας 4.1 Αναλυση εδαφους του πειραματικου αγρου του γεωπονικου πανεπιστημιου αθηνων στην περιοχη της κωπαΐδας.	24
Πίνακας 4.2 Αναπαριστανται οι τιμες της μεγιστης και της ελαχιστης θερμοκρασιας (°c) καθως και οι τιμες του υψους βροχοπτωσης (mm), για καθε μηνα που μεσολαβησε μεταξυ της σπορας και της συγκομιδης του σκληρου σιταριου.	25

Πινάκας 4.3 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του αριθμού σταχέων ανα μονάδα επιφανείας (σταχείς/m ²) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επεμβάση. Η μετρήση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).	26
Πινάκας 4.4 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τον αριθμό σταχέων ανα μονάδα επιφανείας (σταχείς/m ²) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επεμβάση. Η μετρήση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά($\alpha=0,05$).	27
Πινάκας 4.5 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του αριθμού καρπών ανα σταχύ για το σκληρό σιτάρι για κάθε επεμβάση. Η μετρήση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).....	28
Πινάκας 4.6 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τον αριθμό καρπών ανα σταχύ για το σκληρό σιτάρι για κάθε επεμβάση. Η μετρήση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).	29
Πινάκας 4.7 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του βάρους 1000 καρπών (g) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επεμβάση. Η μετρήση έγινε μετά τη συγκομιδή του κριθαριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).	30
Πινάκας 4.8 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν βάρους 1000 καρπών (g) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επεμβάση. Η μετρήση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).	31
Πινάκας 4.9 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές της αποδοσης του σκληρού σιταριού σε καρπό (tn/ha ⁻¹) για κάθε επεμβάση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).	33
Πινάκας 4.10 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές της αποδοσης του σκληρού σιταριού σε καρπό (tn/ha ⁻¹) για κάθε επεμβάση. Η μετρήση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).	33
Πινάκας 4.11 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές της αποδοσης του σκληρού σιταριού σε ξηρή βιομάζα (tn/ha ⁻¹) για κάθε επεμβάση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).	35
Πινάκας 4.12 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές της αποδοσης του σκληρού σιταριού σε ξηρή βιομάζα (tn/ha ⁻¹) για κάθε επεμβάση. Η μετρήση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).	36

Πίνακας 4.13 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη για κάθε επεμβάση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 38

Πίνακας 4.14 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη για κάθε επεμβάση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 38

Πίνακας 4.15 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε γλουτενή για κάθε επεμβάση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 40

Πίνακας 4.16 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε γλουτενή για κάθε επεμβάση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 41

Πίνακας 4.17 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού για κάθε επεμβάση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 43

Πίνακας 4.18 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού για κάθε επεμβάση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$)..... 44

Πίνακας 4.19 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επεμβάση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 46

Πίνακας 4.20 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επεμβάση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$) 46

Πίνακας 4.21 Ανάλυση της παραλλακτικότητας (ανονα). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επεμβάση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 48

Πίνακας 4.22 Πολλαπλές συγκρίσεις των μεσών. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για

καθε επεμβαση. Η μετρηση εγινε μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$) 49

Πινακας 4.23 Αναλυση της παραλλακτικοτητας (ανονα). Τα δεδομενα αφορουν τις τιμες του δεικτη ndvi για τα φυτα του σκληρου σιταριου 15 ημερες μετα απο την εφαρμογη για καθε επεμβαση. Οι υπολογισμοι εγιναν μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$). 50

Πινακας 4.24 Πολλαπλες συγκρισεις των μεσων. Τα δεδομενα αφορουν τις τιμες του δεικτη ndvi για τα φυτα του σκληρου σιταριου 15 ημερες μετα απο την εφαρμογη για καθε επεμβαση. Η μετρηση εγινε μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$) 51

Πινακας 4.25 Αναλυση της παραλλακτικοτητας (ανονα). Τα δεδομενα αφορουν τις τιμες του δεικτη ndvi για τα φυτα του σκληρου σιταριου 30 ημερες μετα απο την εφαρμογη για καθε επεμβαση. Οι υπολογισμοι εγιναν μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$). 53

Πινακας 4.26 Πολλαπλες συγκρισεις των μεσων. Τα δεδομενα αφορουν τις τιμες του δεικτη ndvi για τα φυτα του σκληρου σιταριου 30 ημερες μετα απο την εφαρμογη για καθε επεμβαση. Η μετρηση εγινε μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$) 54

Πινακας 4.27 Αναλυση της παραλλακτικοτητας (ανονα). Τα δεδομενα αφορουν τις τιμες του δεικτη συγκομιδης (harvest index) για το σκληρο σιταρι για καθε επεμβαση. Οι υπολογισμοι εγιναν μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$). 56

Πινακας 4.28 Πολλαπλες συγκρισεις των μεσων. Τα δεδομενα αφορουν τις τιμες του δεικτη συγκομιδης (harvest index) για καθε επεμβαση. Η μετρηση εγινε μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$). 56

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γραφημα 4.1 Αναπαρισταται οι τιμες του αριθμου σταχεων ανα μοναδα επιφανειας (σταχεις/ m^2) για το σκληρο σιταρι για καθε επεμβαση. Οι ετικετες που φερουν διαφορετικα γραμματα υποδεικνουν τις στατιστικα σημαντικες διαφορες μεταξυ των επεμβασεων. Η μετρηση εγινε μετα τη συγκομιδη του σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα. ($\alpha=0,05$). 26

Γραφημα 4.2 Αναπαριστανται οι τιμες του αριθμου καρπων ανα σταχυ για το σκληρο σιταρι για καθε επεμβαση. Η μετρηση εγινε μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$). 28

Γραφημα 4.3 Αναπαριστανται οι τιμες του βαρους 1000 καρπων (g) για το σκληρο σιταρι για καθε επεμβαση. Οι ετικετες που φερουν διαφορετικα γραμματα υποδεικνουν τις στατιστικα

σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 30

Γραφήμα 4.4 Αναπαριστάνονται οι τιμές της αποδοχής του σκληρού σιταριού σε καρπό (tn/ha^{-1}) για κάθε επεμβάση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 32

Γραφήμα 4.5 Αναπαριστάνονται οι τιμές της αποδοχής του σκληρού σιταριού σε ξηρή βιομάζα (tn/ha^{-1}) για κάθε επεμβάση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 35

Γραφήμα 4.6 Αναπαριστάνονται τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη για κάθε επεμβάση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 37

Γραφήμα 4.7 Αναπαριστάνονται τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε γλουτενίνη για κάθε επεμβάση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 40

Γραφήμα 4.8 Αναπαριστάνονται τα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού για κάθε επεμβάση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 43

Γραφήμα 4.9 Αναπαριστάνονται τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επεμβάση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 46

Γραφήμα 4.10 Αναπαριστάνονται τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επεμβάση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 48

Γραφήμα 4.11 Αναπαριστάνονται οι τιμές του δείκτη ndvi για τα φυτά του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επεμβάση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$). 50

Γραφημα 4.12 Αναπαριστανται οι τιμες του δεικτη ndvi για τα φυτα του σκληρου σιταριου 30 ημερες μετα απο την εφαρμογη για καθε επεμβαση. Οι ετικετες που φερουν διαφορετικα γραμματα υποδεικνουν τις στατιστικα σημαντικες διαφορες μεταξυ των επεμβασεων. Οι υπολογισμοι εγιναν μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$).53

Γραφημα 4.13 Αναπαριστανται οι τιμες του δεικτη συγκομιδης (harvest index) για το σκληρο σιταρι για καθε επεμβαση. Οι ετικετες που φερουν διαφορετικα γραμματα υποδεικνουν τις στατιστικα σημαντικες διαφορες μεταξυ των επεμβασεων. Οι υπολογισμοι εγιναν μετα τη συγκομιδη του σκληρου σιταριου η οποια εγινε 200 ημερες μετα τη σπορα ($\alpha=0,05$).55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1 Κάτοψη του πειραματικού αγρού όπως διαμορφώθηκε για τη διεξαγωγή του πειράματος.....21

Εικόνα 3.2 Οι 9 διαφορετικοί χρωματισμοί αντιστοιχούν στις 9 διαφορετικές πειραματικές επεμβάσεις. Η αντιστοιχία ισχύει μεταξύ των χρωματισμών και των πειραματικών επεμβάσεων ισχύει επίσης και για τις στήλες των διαγραμμάτων στην ενότητα των αποτελεσμάτων.....21

Εικόνα 3.3 Όψη του πειραματικού αγρού λίγο μετά την εγκατάσταση του πειράματος.....24

Εικόνα 3.4 Όψη του πειραματικού αγρού πριν την συγκομιδή.....57

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η καλλιέργεια του σιταριού

1.1.1 Καταγωγή και διάδοση

Τα είδη του σιταριού ανήκουν στο γένος *Triticum* που ανήκει στην οικογένεια των Ποωδών (Poaceae) ή Αγρωστωδών (Gramineae) της τάξης των Κυπειρωδών (Cyperales). Η καλλιέργεια του σιταριού και ο ανθρώπινος πολιτισμός εξελίσσονται παράλληλα εδώ και τουλάχιστον 10.000 χρόνια, από τότε δηλαδή που ο άνθρωπος επιχείρησε για πρώτη φορά να παράξει τρόφιμα, στη «Νεολιθική Επανάσταση» (Shewry, 2009), ενώ το πρώτο γεωργικό βιβλίο που αφορά το σιτάρι, γράφηκε σε πλάκα από πηλό με σφηνοειδή γραφή γύρω στο 1700 π.Χ. και ανακαλύφθηκε στο Ισραήλ το 1950 (Χρηστίδης, 1963). Στην πορεία της εξημέρωσής του το σιτάρι έχασε την ικανότητα της διασποράς των σπόρων του και του ληθάργου, με αποτέλεσμα η καλλιέργεια και η διατήρηση των ποικιλιών που έχουν δημιουργηθεί να εξαρτάται αποκλειστικά από τον άνθρωπο. Η εξημέρωση του σιταριού πραγματοποιήθηκε στη λοφώδη περιοχή της ΝΔ Ασίας ανάμεσα στη λεκάνη των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη και στις ορεινές περιοχές του Ιράν, της Τουρκίας, της Συρίας και της Ιορδανίας, στην περιοχή που συχνά συναντάται ως «Γόνιμη Ημισέλιος». Τα πρώτα ευρήματα των δύο ειδών καλλιεργούμενου σιταριού [*Triticum monococcum* L. και *T. dicoccoides* (Körn. ex Asch. & Graebner) Schweinf.] που ανακαλύφθηκαν αποθηκευμένα χρονολογήθηκαν μεταξύ 7.500 και 6.700 π.Χ. (Xiping et al., 2002).

Τα άγρια μονόκοκκα και δίκκοκα σιτάρια ανακαλύφθηκαν στην Τουρκία, στην Ελλάδα, στη Βουλγαρία, στη νότια Σερβία, στη νοτιοδυτική Συρία, στο νοτιοανατολικό Λίβανο, στο βόρειο Ιράκ και στο δυτικό Ιράν, στην Αρμενία και η παρουσία τους χρονολογείται πριν από το 7.500 π.Χ. (Perrino et al., 1996). Στην Ελλάδα το άγριο *T. boeoticum* απαντάται αυτοφυές στη Βοιωτία, στην Αργολίδα, στην Αχαΐα και σε μερικά μέρη της Θεσσαλίας (Jaradat et al., 1995). Τα πρώτα σιτάρια που άρχισαν να καλλιεργούνται μετά το 7.500 π.Χ. ήταν διπλοειδή μονόκοκκα και τετραπλοειδή δίκκοκα, ενώ στον ελλαδικό χώρο εμφανίστηκαν μετά το 6.200 π.Χ. (Perrino et al., 1996).

Το καλλιεργούμενο δίκκοκο σιτάρι (*T. dicoccum* Schrank ex Schübler) αποτελούσε το κυρίαρχο σιτάρι στην Ασία, Αφρική και Ευρώπη από τα πρώτα χρόνια της γεωργίας. Κόκκοι του βρέθηκαν στους τάφους των Πυραμίδων της Αιγύπτου, ενώ ήταν διαδεδομένο στην αρχαία Βαβυλώνα και στην Κεντρική Ευρώπη (Χρηστίδης, 1963). Προήλθε από το άγριο δίκκοκο [*T. dicoccoides* (Körn. ex Asch. & Graebner) Schweinf.] που απαντάται στη Νοτιοανατολική Ασία και ανακαλύφθηκε από τον Aaronsohn το 1906 στην Παλαιστίνη (Buller, 1919, Carleton, 1924).

Το σιτάρι σπέλτα (*T. spelta* L.) εμφανίστηκε μεταγενέστερα σε σχέση με το μονόκοκκο και το δίκκοκο σιτάρι. Τα πρώτα ίχνη του στην κεντρική Ευρώπη χρονολογούνται στο τέλος της νεολιθικής περιόδου (2.500-1.700 π.Χ.) και η ευρεία διασπορά του στη Βόρεια Ευρώπη γίνεται την Εποχή του Χαλκού (Nesbitt and Samuel, 1996). Οι πρώτες αναφορές του γίνονται κατά την αρχή της Χριστιανικής περιόδου (Buller, 1919). Νεότερα ευρήματα υποδεικνύουν τη διαφορετική προέλευση του ευρωπαϊκού από το ασιατικό σιτάρι σπέλτα, όπου διαπιστώνεται ότι το ευρωπαϊκό δεν προέρχεται από τους «ντυμένους» προγόνους του μαλακού σιταριού, αλλά από ανεξάρτητο ευρωπαϊκό κέντρο προέλευσης (Kohler-Schneider and Caneppele, 2009).

Τα σιτάρια χωρίς λέπυρα (γυμνόσπερμα), ειδικά το μαλακό και το σκληρό σιτάρι, αντικατέστησαν τα σιτάρια που ήταν «ντυμένα» με λέπυρα και κυριάρχησαν στην καλλιέργεια σιταριού κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, περίπου το 100 π.Χ. (Κορπέτης κ.ά.,

2013). Στις αρχές του 20ου αιώνα τα μόνα «ντυμένα» σιτάρια με εύθραυστη ράχη που παρέμεναν στην καλλιέργεια ήταν το μονόκοκκο σιτάρι, το δίκκοκκο και το σπέλτα.

1.1.2 Βοτανική ταξινόμηση

Τα γένη *Triticum* και *Aegilops* περιέχουν 13 διπλοειδή και 18 πολυπλοειδή είδη. Τα διπλοειδή είδη περιέχουν οκτώ διαφορετικά γονιδιώματα, στα οποία δόθηκαν τα ακόλουθα ονόματα: A (A και $A=A^b/A^m$), D, S (S, S^s, S^b, S^l , το S^{sh}), M, C, U, N, και T. Σε δύο γονιδιώματα που βρέθηκαν σε πολυπλοειδή σιτάρια δόθηκαν νέα ονόματα, B και G, επειδή δεν είναι γνωστοί οι διπλοειδείς πρόγονοί τους. Τα πολυπλοειδή προέκυψαν από ενδοειδικό υβριδισμό που ακολουθήθηκε από αυθόρμητο διπλασιασμό χρωμοσώμων. Είδη που περιέχουν κοινό γονιδίωμα A, D, ή U, μοιάζουν με το διπλοειδή δότη του κοινού γονιδιώματος στη μορφολογία και στη λειτουργία της διασποράς των σπόρων (Huang et al., 2002).

Ο βασικός χρωμοσωμικός αριθμός του γένους *Triticum* είναι 7 και τα είδη του ανάλογα με τον αριθμό των χρωμοσωμάτων ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες, τα διπλοειδή ($2n=14$), τα τετραπλοειδή ($2n=28$) και τα εξαπλοειδή ($2n=42$). Τα γονιδιώματα που συμμετέχουν στα διάφορα είδη σιταριού είναι A, B, D και G. Τα διπλοειδή, τα τετραπλοειδή και τα εξαπλοειδή σιτάρια έχουν συνήθως τη γονιδιακή σύνθεση AA, AABB και AABBDD, αντίστοιχα. Το γονιδίωμα G προσδιορίστηκε στο είδος *T. timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. (Παπακώστα, 1996).

Το καλλιεργούμενο σιτάρι προέρχεται από διαφορετικούς διπλοειδείς και τετραπλοειδείς προγόνους. Τρία είδη εμφανίζονται σαν δότες του γονιδιώματος A, το άγριο *T. boeoticum* Boiss. (Χρηστίδης, 1963, Zhang et al., 2002), ο απόγονός του, το καλλιεργούμενο *T. monococcum* L. (Sarkar and Stebbins, 1956, Toussaint-Samat, 1992) και το *T. urartu* Tumanian ex Gandilyan, το οποίο ανακαλύφθηκε μόλις το 1934 (Sourdille et al., 2001, Huang et al., 2002, Petersen et al., 2006).

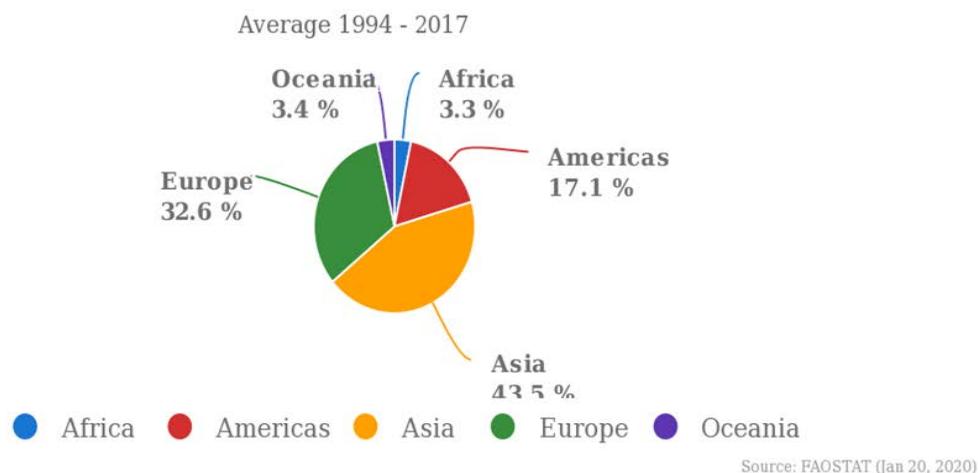
Οι ακολουθίες του γονιδιώματος D των *Triticum aestivum* L. και *Aegilops tauschii* είναι πανομοιότυπες, επιβεβαιώνοντας ότι το πρώτο προέκυψε από διασταύρωση του *T. turgidum* L. με το δεύτερο (Sarkar and Stebbins, 1956, Χρηστίδης, 1963, Παπακώστα, 1996, Huang et al., 2002, Petersen et al., 2006, Shewry, 2009).

Η πηγή όμως του γονιδιώματος B αμφισβητείται. Δεδομένα δείχνουν ότι τα άγρια τετραπλοειδή σιτάρια περιλαμβάνουν σύμπλεγμα του οποίου τα συστατικά προέρχονται από διάφορους συνδυασμούς διπλοειδών ειδών *Triticum*. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το γονιδίωμα B προέρχεται από το γονιδίωμα S του *Ae. speltooides* ή κάποιου συγγενούς είδους του Section *Sitopsis* (Sarkar and Stebbins, 1956, Χρηστίδης, 1963, Kushnir and Halloran, 1981, Nath et al., 1984, Shewry, 2009), όπως και ότι είναι απίθανο να προέρχεται από κάποιο είδος *Aegilops* (Huang et al., 2002). Πιθανότατα, το προγονικό είδος το οποίο έδωσε το γονιδίωμα B στα πολυπλοειδή σιτάρια έχει εξαφανιστεί σήμερα (Provan et al., 2004).

1.1.3 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή

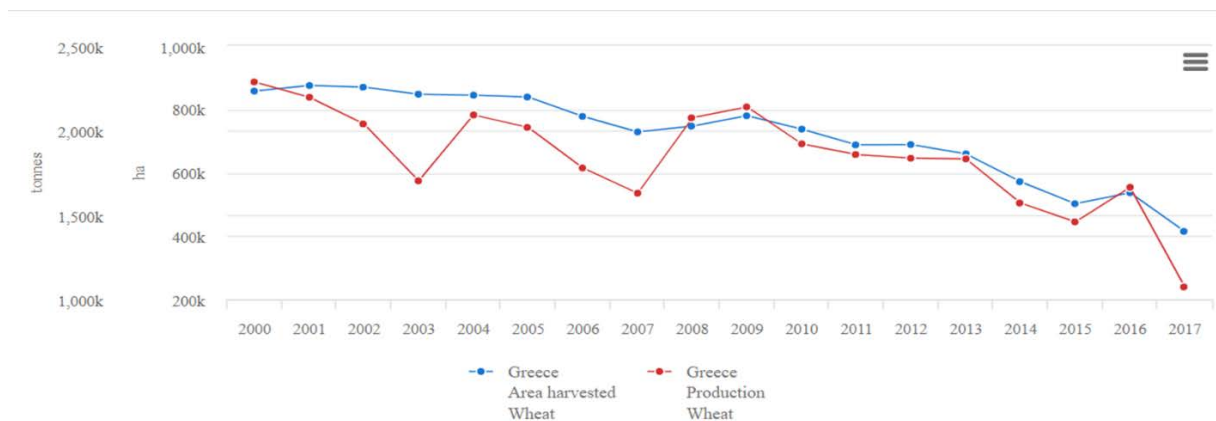
Το σιτάρι (*Triticum* spp), είναι ένα φυτό που καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο. Είναι το δεύτερο παγκοσμίως σε συγκομιδή δημητριακό, μετά τον αραβόσιτο, με τρίτο το ρύζι. Το σιτάρι είναι κυρίαρχο δημητριακό στο παγκόσμιο εμπόριο με 650 - 685 εκ. τόνους παραγωγής, 654 - 660

εκ. τόνους κατανάλωσης και αποθέματα που προσεγγίζουν περίπου τους 160 - 190 εκ. τόνους ετησίως.



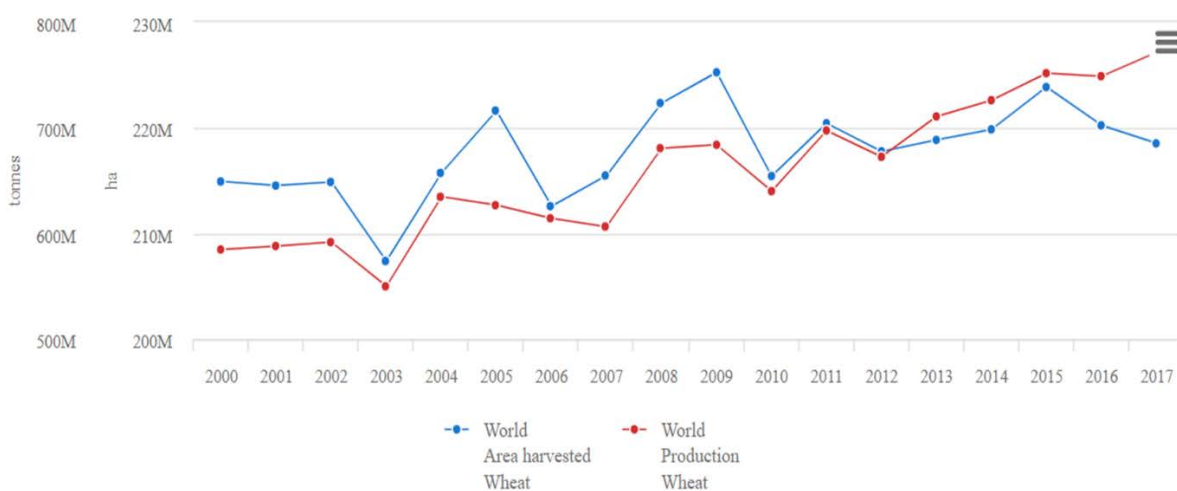
Εικόνα 1.1 Παραγωγή σιταριού (*Triticum spp*) παγκοσμίως 2000-17 (FAO, 2017).

Η Κίνα είναι η μεγαλύτερη παραγωγός χώρα, με 130 εκ. τόνους, ενώ η Ινδία (90 εκ. τόνους), η Αμερική και η Ρωσία ακολουθούν με περισσότερο από 60 εκ. τόνους παραγωγής η κάθε μία. Οι αποδόσεις του σιταριού σε παγκόσμιο επίπεδο διαφέρουν μεταξύ τους. Οι κλιματολογικές συνθήκες στη Βόρεια και Κεντρική Ευρώπη είναι πολύ ευνοϊκές για υψηλές αποδόσεις, ενώ σε περιοχές με πιο ακραίες συνθήκες η απόδοση είναι χαμηλότερη. Η υψηλότερη απόδοση παραγωγής που έχει καταγραφεί έως σήμερα είναι στη Νέα Ζηλανδία, τον Μάρτιο του 2010, με απόδοση 15.64 τόνους/εκτάριο μαλακού σίτου. Ο προβληματισμός που επικρατεί στις ημέρες μας περιστρέφεται γύρω από τον τρόπο μεγιστοποίησης των αποδόσεων των σιτηρών σε μια εποχή μάλιστα που είναι έντονη η συζήτηση για την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια και τη διατροφή ενός διαρκώς αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού.



Γράφημα 1.1 Η χρονική πορεία της απόδοσης και της καλλιεργούμενης έκτασης του σιταριού στην Ελλάδα.

Ο καρπός του σιταριού είναι μια βασική τροφή, που χρησιμοποιείται στην παρασκευή αλευριού, ζωοτροφών και ως πρώτη ύλη στην παρασκευή αλκοολούχων ποτών και καυσίμων. Ο φλοιός του μπορεί να αποσπαστεί από τον καρπό και να αλεστεί, δίνοντας το λεγόμενο πίτουρο. Καλλιεργείται επίσης για τη βοσκή των ζώων, καθώς και για το άχυρο, το στέλεχος του φυτού, που χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή ή υλικό κατασκευών. Το σιτάρι, όπως και τα άλλα δημητριακά, η βρώμη, η σίκαλη, το κριθάρι, περιέχουν μία πρωτεΐνη, τη γλουτένη, στην οποία πολλοί άνθρωποι είναι δυσανεκτικοί, εκδηλώνοντας τη λεγόμενη κοιλιοκάκη, ένα είδος εντεροπάθειας.



Γράφημα 1.2 Η χρονική πορεία της απόδοσης και της καλλιεργούμενης έκτασης του σιταριού παγκοσμίως.

1.1.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

1.1.4.1. Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα των σιτηρών είναι θυσανώδες, αποτελούμενο από έναν αριθμό ισοδιαμετρικών ριζών που ξεκινούν από το ίδιο ερίου σημείο του φυτού σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Οι ρίζες αυτές είναι δύο ειδών: οι εμβρυακές και οι μόνιμες (Σφήκας, 1995). Οι εμβρυακές ρίζες έχουν τις καταβολές τους στην άκρη του εμβρύου. Σχηματίζονται στο βάθος σποράς και φθάνουν σε βάθος 20-30 εκατοστά. Στο σιτάρι αναπτύσσονται 3-8 ρίζες, οι οποίες άλλοτε είναι πρόσκαιρες και άλλοτε διατηρούνται ενεργές σε όλη τη διάρκεια της ζωής του φυτού. Είναι λεπτές, έχουν ομοιόμορφη διάμετρο με άφθονες πλευρικές διακλαδώσεις και η ανάπτυξή τους είναι ταχύτατη κάτω από ευνοϊκές συνθήκες. Αποτελούν ένα μικρό ποσοστό του συνολικού ριζικού συστήματος, παρόλα αυτά η συνεισφορά τους στα πρώτα στάδια ανάπτυξης είναι πάρα πολύ μεγάλη (Δαλιάνης, 1983, Σφήκας, 1995, Παπακώστα 1996). Οι μόνιμες ρίζες βγαίνουν αργότερα από ένα κόμβο του στελέχους που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και ονομάζεται σταυρός. Οι ρίζες αυτές είναι παχύτερες, σκληρότερες και ισχυρότερες σε σύγκριση με τις εμβρυακές. Στο σιτάρι εμφανίζονται στην αρχή οριζόντια, συνήθως μέχρι και 15 εκατοστά, και στη συνέχεια στρέφουν προς τα κάτω και στερεώνουν το φυτό σταθερά στο έδαφος (Μετζάκης, 1998).

Η έκταση και το βάθος του ριζικού συστήματος έχουν άμεση σχέση με το βάθος, τη δομή, τη γονιμότητα, τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους, την πυκνότητα των φυτών, την ύπαρξη ζιζανίων, το είδος και την ποικιλία του σιταριού. Οι περισσότερες ρίζες φθάνουν σε βάθος 30 έως 50 cm, μπορούν όμως να διεισδύσουν μέχρι και 2 m. Το σιτάρι έχει λιγότερο εκτεταμένο ριζικό σύστημα σε σύγκριση με το κριθάρι και για το λόγο αυτό είναι λιγότερο ανθεκτικό στην ξηρασία, ενώ η αποτελεσματικότητά του όσον αφορά την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων είναι μικρότερη. Ο χρόνος έκφυσης του μόνιμου ριζικού συστήματος παίζει σπουδαίο ρόλο στην καλλιέργεια και παραλλάσσει με τα είδη και την ποικιλία (Δαλιάνης, 1983, Σφήκας, 1995, Παπακώστα 1996).

1.1.4.2. Βλαστός

Ο βλαστός ή το στέλεχος των σιτηρών αποτελείται από ένα κυκλικό σωλήνα, κενό στο εσωτερικό του (σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, σίκαλη, ρύζι) ή γεμάτο με εντεριώνη (καλαμπόκι, σόργο, κεχρί), και με κατά διαστήματα συμπαγή κατασκευή, τα γόνατα ή κόμβους. Τα γόνατα βοηθούν στη διατήρηση της όρθιας θέσης των φυτών καθώς και στην επανάκτηση αυτής της θέσης αν τη χάσουν μετά από πλάγιασμα. Το ύψος του στελέχους των χειμερινών σιτηρών κυμαίνεται, στα διάφορα είδη και ποικιλίες, συνήθως 0,60-1,50 m (Σφήκας, 1995). Η μεταβατική ζώνη μεταξύ των ριζών και του στελέχους καλείται στεφάνη ή σταυρός. Ο σταυρός αποτελείται από μεριστωματικούς ιστούς, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να παράγουν ρίζες και φύλλα, και για το λόγο αυτό αποτελεί και το πιο ευαίσθητο σημείο στα χειμερινά σιτηρά. Αν για οποιοδήποτε λόγο ζημιωθεί το σημείο αυτό, οι ιστοί καταστρέφονται και το φυτό ξεραίνεται (Μετζάκης, 1998). Το σημείο του σταυρού βρίσκεται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και δεν επηρεάζεται από το βάθος σποράς. Φαίνεται όμως ότι ορισμένοι παράγοντες επηρεάζουν το σημείο δημιουργίας του. Ένας από αυτούς είναι η θερμοκρασία του εδάφους. Με υψηλή θερμοκρασία, γύρω στους 24 °C, ο σταυρός σχηματίζεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, ενώ με χαμηλή θερμοκρασία (8 °C) ο σταυρός σχηματίζεται κοντά στο σπόρο. Η θέση του σταυρού επηρεάζει την αντοχή του φυτού στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα. Όσο πιο ψηλά προς την επιφάνεια του εδάφους είναι ο σταυρός τόσο πιο ευαίσθητα είναι τα φυτά στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Πολλές φορές επίσης, κυρίως σε ξηρές περιοχές ή χρονιές, κατά τις οποίες ο παραγωγός αναγκάζεται να σπείρει βαθύτερα, εκεί όπου υπάρχει υγρασία, ο σταυρός είναι δυνατόν να σχηματιστεί σε περιοχή όπου δεν υπάρχει υγρασία. Στις περιπτώσεις αυτές, αν δεν πέσει βροχή γρήγορα, έχουμε σχηματισμό φτωχού ριζικού συστήματος με δυσμενείς επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή, χωρίς να αποκλείεται επίσης το ενδεχόμενο της πλήρους καταστροφής της καλλιέργειας σε μεγάλες περιόδους ξηρασίας, ιδίως όταν συνοδεύονται και από χαμηλές θερμοκρασίες (Μετζάκης, 1998).

1.1.4.3. Φύλλα

Στην αρχή της ανάπτυξης των χειμερινών ποικιλιών τα φύλλα των σιτηρών σχηματίζουν μια τούφα κοντά στο έδαφος, που προστατεύει το αρχέφυτρο από τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα. Στο στέλεχος τα φύλλα διατάσσονται σε δύο σειρές, η μια απέναντι από την άλλη δηλαδή σε φυλλοταξία δίστοιχη.

Κάθε φύλλο αποτελείται από τα εξής δύο μέρη:

- Κολεός. Ξεκινά από το γόνατο και περιβάλλει το στέλεχος και το προστατεύει από το κρύο ή τη ζέστη.
- Έλασμα. Είναι το ελεύθερο και ανώτερο μέρος του φύλλου. Είναι επίμηκες, με συνήθως ελαφρά συστροφή. Στην ένωση με τον κολεό σχηματίζονται συνήθως τα ωτίδια και το γλωσσίδιο, τα οποία αποτελούν διακριτικό γνώρισμα μεταξύ των διαφόρων γενών των σιτηρών. Οι νευρώσεις του φύλλου (ηθμαγγειώδεις δέσμες) είναι παράλληλες χωρίς διακλαδώσεις. Βοηθούν, μαζί με τον σκληροεγχυματικό ιστό και την επιδερμίδα, η οποία έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πυρίτιο, στην αντοχή του φύλλου. Στομάτια υπάρχουν πολλά και στις δύο επιφάνειες. Στο σιτάρι τα πιο πολλά στομάτια είναι στην άνω επιφάνεια. Για αυτόν τον λόγο, σε ξηρό καιρό συστρέφονται τα φύλλα για να μειωθεί η διαπνοή. Το χρώμα των φύλλων παρουσιάζει διαφορές. Στο σιτάρι επικρατεί το ζωηρό πράσινο (Σφήκας, 1995).

1.1.4.4. Ταξιανθία

Τα σιτηρά σχηματίζουν δύο ειδών ταξιανθίες: στάχυς και φόβη. Το σιτάρι έχει ταξιανθία στάχυ. Αποτελείται από ένα κύριο αρθρωτό άξονα (τη ράχη), που έχει εναλλάξ μικρούς ποδίσκους (ραχίδια), οι οποίοι φέρουν τα σταχύδια. Κάθε σταχύδιο περιβάλλεται από δύο βράκτια φύλλα που ονομάζονται εξωτερικά λέπυρα, σε αντιδιαστολή προς τα εσωτερικά λέπυρα που περιβάλλουν κάθε άνθος (Σφήκας, 1995).

1.1.4.5. Καρπός

Ο καρπός είναι καρύωση, όπου το ενδοσπέρμιο συμφύεται με το περικάρπιο. Το ενδοσπέρμιο αποτελείται από μεγάλα παρεγχυματικά κύτταρα, γεμάτα με αμυλόκοκκους, εκτός από το εξωτερικό στρώμα όπου αφθονούν οι αλευρόκοκκοι. Αλευρόκοκκοι βρίσκονται και στο εσωτερικό του ενδοσπερμίου αλλά σε μικρότερη αναλογία (Σφήκας, 1995). Οι αποθησαυριστικές ουσίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις μη αζωτούχες (υδατάνθρακες, λίπη, έλαια) και τις αζωτούχες (πρωτεΐνες). Οι πρώτες βρίσκονται στους αμυλόκοκκους, ενώ οι αζωτούχες συγκεντρώνονται στους αλευρόκοκκους. Στο αμυλοφόρο στρώμα του ενδοσπερμίου οι αλευρόκοκκοι βρίσκονται ανάμεσα στους αμυλόκοκκους. Όταν οι αλευρόκοκκοι γεμίζουν εντελώς τα κενά διαστήματα, το ενδοσπέρμιο γίνεται σκληρό και διάφανο. Σε τομή παρουσιάζει γυαλιστερή όψη και χαρακτηρίζει τα σκληρά σιτάρια. Διαφορετικά ανάμεσα στους αμυλόκοκκους μένει αρκετός κενός χώρος, ο οποίος γεμίζει με αέρα. Σ' αυτή την περίπτωση το ενδοσπέρμιο γίνεται μαλακό (η τομή του σπόρου έχει όψη αλευρώδη). Η κατάσταση αυτή χαρακτηρίζει τα μαλακά σιτάρια. Το κενό που θα καλύψουν οι αλευρόκοκκοι δεν εξαρτάται μόνο από την ποικιλία (γενετικοί παράγοντες), αλλά και από το περιβάλλον. Η υφή του σπόρου επομένως, είναι δυνατόν να μεταβάλλεται κατά ένα ποσοστό από χρονιά σε χρονιά (Μετζάκης, 1998).

1.1.5. Στάδια ανάπτυξης του βιολογικού κύκλου

1.1.5.1. Φύτρωμα σπόρου

Η σπορά των χειμερινών σιτηρών γίνεται σε ευρέα χρονικά όρια για διάφορους λόγους. Πάντως τόσο η πρόωμη όσο και η όψιμη σπορά πολλές φορές μειονεκτούν. Το σιτάρι σπέρνεται στην Ελλάδα το φθινόπωρο. Για τις πιο ορεινές περιοχές κατάλληλος μήνας σποράς θεωρείται ο Οκτώβριος, ενώ για τις υπόλοιπες ο Νοέμβριος (Σφήκας, 1995, Παπακώστα, 1997). Ο καθορισμός του καταλληλότερου χρόνου σποράς επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του χειμώνα, από τον τύπο του εδάφους και από την ποικιλία (Καραμάνος, 1992).

Ο σπόρος δεν βλαστάνει αμέσως μόλις ωριμάσει, αλλά θα πρέπει να περάσει πρώτα από μια περίοδο λήθαργου, κατά την οποία υφίσταται ορισμένες μεταβολές. Η περίοδος του λήθαργου διαρκεί από λίγες ημέρες μέχρι και 6 μήνες (Leonard and Martin 1963) ή και περισσότερο, αν ο σπόρος δεν συλλεχθεί ώριμος ή αν διατηρείται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Ο λήθαργος αποτρέπει το φύτρωμα του σπόρου στο χωράφι πριν τον αλωνισμό (Σφήκας, 1995).

Η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους καθορίζουν την έναρξη του φυτρώματος. Η βλάστηση αρχίζει όταν οι σπόροι απορροφήσουν μικρά ποσά υγρασίας, τουλάχιστον το 35-45 % του ξηρού βάρους τους. Το φως δεν επηρεάζει τη βλάστηση. Για το σιτάρι η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 4 °C, η άριστη 20-25 °C και η μέγιστη 35- 37 °C. Σε ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας εδάφους η κολεοπτίλη εμφανίζεται 4-5 ημέρες μετά τη σπορά (Παπακώστα, 1997).

Η υγιεινή κατάσταση, η ακεραιότητα των κόκκων και το μέγεθός τους επηρεάζουν τη βλαστική ικανότητα και την ευρωστία των νεαρών φυταρίων. Οι μη ώριμοι σπόροι έχουν μικρότερη βλαστική ικανότητα και δίνουν λιγότερα εύρωστα φυτά σε σχέση με τους ώριμους (Παπακώστα, 1997). Μεγαλύτεροι σπόροι συνεπάγονται ταχύτερη εγκατάσταση φυταρίων, καλύτερο ανταγωνισμό με τα ζιζάνια και πιθανόν υψηλότερες αποδόσεις. Πάντως φαίνεται ότι η περιεκτικότητα των 13 σπόρων σε πρωτεΐνη επηρεάζει την ανάπτυξη των φυταρίων περισσότερο από ότι το μέγεθος του σπόρου (Καραμάνος, 1992).

1.1.5.2. Ανάπτυξη ριζών και φυλλώματος

Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης (μέχρι την εμφάνιση του 4^{ου} φύλλου) επικρατούν οι εμβρυακές ρίζες ενώ η συμβολή των μονίμων ριζών αυξάνει βαθμιαία. Οι εμβρυακές ρίζες μπορούν να φθάσουν σε βάθος 20-30 cm και παραμένουν ενεργές σε όλη τη ζωή των φυτών. Οι μόνιμες μπορεί να φθάνουν τα 100-200 cm. Η αύξηση των ριζών συνεχίζεται μέχρι το ξεστάχασμα όπου αποκτούν το μεγαλύτερο βάρος τους, ενώ στη συνέχεια η ανάπτυξη τους φαίνεται ότι σταματά καθώς χάνουν και μέρος από το βάρος τους.

Υπάρχουν διαφορές μεταξύ των γενοτύπων στο μήκος και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, ου έχουν ως αποτέλεσμα διαφορές ως προς την αντοχή τους στην ξηρασία. Δεν έχει βρεθεί σχέση ανάμεσα στη μορφή και την έκταση του ριζικού συστήματος με το ύψος των φυτών. Φαίνεται ότι το ριζικό σύστημα είναι ελαφρά μεγαλύτερο στις νάνες ποικιλίες (Καραμάνος, 1992). Η διαφοροποίηση, ανάδυση και εκδίπλωση των φύλλων επηρεάζονται θετικά από τη θερμοκρασία, την ένταση της ακτινοβολίας, τη φωτοπερίοδο και τη θρεπτική κατάσταση του φυτού. Το τελικό μέγεθος του ελάσματος επηρεάζεται σημαντικά από την επάρκεια νερού, θρεπτικών συστατικών (κυρίως αζώτου) και από τη θερμοκρασία του αέρα (άριστη θερμοκρασία είναι 20°C), (Καραμάνος, 1992).

1.1.5.3. Αδέλφωμα

Είναι η δυνατότητα των σιτηρών να σχηματίζουν πολλούς βλαστούς, τα αδέρφια, από οφθαλμούς οι οποίοι βρίσκονται στα γόνατα του στελέχους λίγο πιο κάτω ή ακριβώς πάνω στην επιφάνεια του εδάφους. (Παπακώστα, 1997) Όταν περάσουν περίπου 10-15 μέρες μετά τη σπορά, ο ακραίος οφθαλμός φτάνει κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Τότε σχηματίζονται γρήγορα πολλοί πλευρικοί οφθαλμοί στις μασχάλες των φύλλων, που είναι ακόμα υποτυπώδη. Από αυτούς τους οφθαλμούς εκφύονται καινούρια δευτερεύοντα στελέχη, τα οποία αναπτύσσουν δικό τους ριζικό σύστημα και ονομάζονται αδέρφια. Η έκπτυξή τους διαρκεί 30-40 μέρες.

Στις χειμωνιάτικες ποικιλίες σιτηρών το αδέλωμα αρχίζει το φθινόπωρο και κατά το χειμώνα αναστέλλεται για να ανακτήσει τον κανονικό του ρυθμό την άνοιξη (Φολίνας, 1990)

Ο αριθμός των αδελφιών που παράγεται από ένα φυτό επηρεάζεται από γενετικούς και οικολογικούς παράγοντες. Από τους οικολογικούς παράγοντες σημαντικότερο ρόλο παίζουν ο φωτισμός, η πυκνότητα και το βάθος της σποράς, η γονιμότητα του εδάφους, η πρωιμότητα της σποράς, η επάρκεια υγρασίας, η κατάλληλη θερμοκρασία (14 °C -18 °C θεωρείται ιδανική θερμοκρασία) και η αζωτούχος λίπανση. Ο αριθμός των αδελφιών, εκτός από την περίπτωση που τα αδέρφια σχηματίζονται πολύ όψιμα, παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την απόδοση (Φολίνας, 1990)

Στο σιτάρι, στις συνήθεις συνθήκες πυκνότητας φυτών, στάχεις σχηματίζουν συνήθως ο κύριος βλαστός και τα αδέρφια που σχηματίζονται νωρίς (όταν το φυτό έχει 4-6 φύλλα), (Kirby, 1983). Το κανονικό αδέλωμα έχει μεγάλη σημασία γιατί με αυτό μπορούν να αντισταθμιστούν απρόβλεπτες ανωμαλίες κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών, όπως το αραιό φύτευμα, ο αποδεκατισμός της καλλιέργειας από ασθένειες, έντομα ή άλλες αιτίες, οπότε και η συνέχιση της καλλιέργειας θα ήταν προβληματική αν τα φυτά δεν είχαν την ικανότητα να αδελφώνουν. Επίσης με το αδέλωμα αυξάνεται η στρεμματική απόδοση, δεδομένου ότι η συσχέτιση μεταξύ παραγωγής και αριθμού αδελφιών είναι θετική (Μετζάκης, 1998)

1.1.5.4. Καλάμωμα

Την άνοιξη τα φυτά εισέρχονται σε μία περίοδο ταχείας ανάπτυξης στην οποία γίνεται επιμήκυνση του στελέχους (καλάμι) και συγχρόνως αρχίζει η αύξηση των φύλλων, των ριζών και της ταξιανθίας (Παπακώστα, 1997). Η αντοχή του στελέχους και το τελικό ύψος, που κυμαίνεται από 30cm μέχρι και πάνω από 150cm εξαρτώνται τόσο από το γενότυπο όσο και από τις συνθήκες ανάπτυξης. Οι υψηλές θερμοκρασίες και η επάρκεια νερού και αζώτου στο έδαφος ευνοούν την επιμήκυνση των μεσογονατίων (Καραμάνος, 1992). Στο σιτάρι γενότυποι που έχουν και τα δύο γονίδια νανισμού Rht1 και Rht2, έχουν μικρότερο ύψος από εκείνα που έχουν ένα, τα οποία με τη σειρά τους είναι κοντότερα από εκείνα που δεν έχουν κανένα γονίδιο (Allan, 1983). Γενικά οι διαφορές στο ύψος οφείλονται περισσότερο στο μήκος των μεσογονατίων απ' ό τι στον αριθμό τους.

Τα στελέχη που έχουν μικρό ύψος, μεγάλη διάμετρο παχύ τοίχωμα, ελαστικότητα, μεγάλο βάρος ανά μονάδα μήκους, υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνες και λιγνίνη παρουσιάζουν αντοχή στο πλάγιασμα (Παπακώστα, 1997).

1.1.5.5. Ξεστάχιασμα

Την ανάπτυξη του στελέχους ακολουθεί η αύξηση του μεγέθους του στάχους και η μετακίνησή του από την βάση του φυτού προς την κορυφή. Ο στάχυς βρίσκεται πάντα στη βάση του

υψηλότερου από το έδαφος κόμβου. Όταν ο στάχυς φθάσει στον κολεό του τελευταίου φύλλου ο κολεός διογκώνεται και το στάδιο αυτό λέγεται φούσκωμα. Στη συνέχεια ο κολεός του φύλλου-σημαία σχίζεται κατά μήκος και εμφανίζεται η ταξιανθία. Το στάδιο αυτό λέγεται έκπτυξη ταξιανθίας ή ξεστάχυσμα. Η εποχή ξεσταχυσματος παρόλο ότι επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, από την εποχή σποράς, τη γονιμότητα του εδάφους, και από άλλους παράγοντες, είναι χαρακτηριστικό του κάθε γενότυπου και θεωρείται σαν δείκτης προωμότητας των ποικιλιών (Παπακώστα, 1997).

1.1.5.6. Ανθηση

Χαρακτηρίζεται από την έξοδο των στημόνων μέσα από τα λεπυρίδια και παρατηρείται συνήθως 4 έως 10 μέρες μετά το ξεστάχυσμα. Στο σιτάρι, όπως και στο κριθάρι και τη βρώμη, παρατηρείται το φαινόμενο της κλειστογαμίας κατά το οποίο οι ανθήρες σπάζουν πριν την έξοδό τους από το άνθος και πραγματοποιείται αυτεπικονίαση. Η ελάχιστη θερμοκρασία για την άνθηση στο σιτάρι είναι 10 °C, η μέγιστη 32 °C και η άριστη 18-24 °C. Υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες κατά την άνθηση και γονιμοποίηση μπορεί να μειώσουν σημαντικά τον αριθμό των καρπών ανά στάχυ. Σοβαρές ανωμαλίες επίσης προκαλεί και η υπερβολικά ξηρή ατμόσφαιρα (Καραμάνος, 1992).

1.1.5.7. Γέμισμα καρπών

Χαρακτηρίζεται από τη συσσώρευση ουσιών στους αναπτυσσόμενους καρπούς.

Διακρίνεται στα εξής στάδια:

- Υδατώδης καρπός (1-2 εβδομάδες από τη γονιμοποίηση).
- Γαλακτώδης καρπός (2-3 εβδομάδες από τη γονιμοποίηση).
- Στάδια ζύμης (3-6 εβδομάδες από τη γονιμοποίηση).

Η χρονική πορεία του γεμίσματος είναι σιγμοειδούς μορφής. Έχει διάρκεια 30-60 ημέρες από την άνθηση, ανάλογα με το γενότυπο και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Το τελικό βάρος του καρπού επηρεάζεται κυρίως από τη διάρκεια και δευτερευόντως από το ρυθμό γεμίσματος.

Οι παράγοντες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν το γέμισμα είναι:

- Θερμοκρασία (ημέρας και νύχτας). Υψηλότερες θερμοκρασίες συνεπάγονται χαμηλότερο τελικό βάρος λόγω μείωσης της διάρκειας του γεμίσματος, αυξημένης αναπνοής και ταχύτερης γήρανσης των φωτοσυνθετικών οργάνων. Θεωρείται ότι η άριστη θερμοκρασία της ημέρας είναι 25 °C και της νύχτας 12 °C.
- Ηλιακή ακτινοβολία. Μειώνει και αυτή τη διάρκεια του γεμίσματος, πιθανόν λόγω αλληλεπίδρασης με τη θερμοκρασία.
- Παρουσία νερού. Έλλειψη νερού προκαλεί μείωση του γεμίσματος και μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας με αποτέλεσμα μικρότερο τελικό βάρος καρπών ή και συρρικνωμένους καρπούς (Καραμάνος, 1992).

1.1.5.8. Ωρίμανση

Χαρακτηρίζεται από αφυδάτωση των καρπών και το βαθμιαίο θάνατο των φυτών από το λαιμό προς το στάχυ. Στην οικονομική ωρίμανση, που προσδιορίζει το χρόνο συγκομιδής των φυτών, όλο το φυτό είναι ξηρό και εύθραυστο. Ο καρπός είναι σκληρός, ασυμπίεστος και δεν χαράζεται εύκολα (Καραμάνος, 1992). Στην Ελλάδα η συγκομιδή γίνεται με θεριζοαλωνιστικές

μηχανές, συνήθως κατά τον Ιούνιο και σε πιο ορεινές περιοχές κατά τον Ιούλιο. Στη συνέχεια το άχυρο που μένει στο χωράφι μπορεί να δεματοποιηθεί και να χρησιμοποιηθεί για τροφή ζώων, σαν καύσιμος ύλη ή σαν κυτταρινούχος πρώτη ύλη στη βιομηχανία (Παπακώστα, 1997).

1.1.6 Οικολογική προσαρμοστικότητα

1.1.6.1. Κλίμα

Το σιτάρι δεν ευδοκίμει στα θερμά ή υγρά κλίματα εκτός εάν διαθέτουν μια περίοδο σχετικά δροσερή που να ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και να επιβραδύνει τη δράση των παρασιτικών ασθενειών. Η κύρια καλλιέργεια του σιταριού βρίσκεται στην Εύκρατη ζώνη. Στην τροπική ζώνη μπορεί να καλλιεργηθεί μόνο σε μεγάλα υψόμετρα, στα δε βόρεια πλάτη ως εαρινή καλλιέργεια. Τη μεγαλύτερη αντοχή στο ψύχος έχει το μαλακό σιτάρι, που είναι και πιο διαδεδομένο.

Τα σκληρά σιτάρια καλλιεργούνται σχεδόν αποκλειστικά την άνοιξη στις ψυχρές περιοχές (Σφήκας, 1995). Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες, όπου φαίνεται να προσαρμόζεται στο ξηροθερμικό των περιβάλλον. Η άριστη θερμοκρασία βλαστήσεως του σίτου είναι 20-22°C, η ελάχιστη 3-4°C και η μέγιστη 35°C. Στις υψηλές θερμοκρασίες το ενδοσπέρμιο υφίσταται αποσύνθεση από μικροβιακή δράση και το έμβρυο πεθαίνει (Σφήκας, 1995).

Οι εαρινές ποικιλίες αντέχουν στο ψύχος μέχρι -10°C, οι χειμερινές ως -20°C ή μετά από σκληραγώγηση ως -30°C και κάτω από χιόνι ως -40°C. Κυρίως ενδιαφέρει η θερμοκρασία στο βάθος του 1-3 cm όπου βρίσκεται ο σταυρός, στον οποίο η ζημιά έχει τις σοβαρότερες επιπτώσεις. Άριστη θερμοκρασία για το αδέλφωμα είναι 14-18°C και για τη φωτοσύνθεση γύρω στους 22°C (Σφήκας, 1995).

Το σιτάρι καλλιεργείται παγκοσμίως σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 270 έως 1.750 mm αλλά συνήθως (στο 75% της συνολικής έκτασης) σε περιοχές όπου η ετήσια βροχόπτωση είναι 375- 775 mm H₂O (ημίξηρες μέχρι ύφυγρες περιοχές), (Peterson, 1965). Σημασία έχει η κατανομή της βροχόπτωσης σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία. Περισσότερο νερό (το 70% των αναγκών του) χρειάζεται το σιτάρι στην περίοδο μεταξύ καλαμώματος και ανθήσεως. Στο προηγούμενο του καλαμώματος διάστημα καταναλίσκεται μόνο 10% του νερού και από το ξεστάχιασμα ως την ωρίμανση 20%.

Από την πλευρά αυτή η κατανομή της βροχής στην Ελλάδα είναι δυσμενής επειδή το πιο πολύ νερό πέφτει το χειμώνα και επιπλέον η κατανομή την άνοιξη είναι ακανόνιστη. Για το λόγο αυτό η άρδευση του σιταριού είναι πολλές φορές χρήσιμη μέχρι πολύ αποτελεσματική (Σφήκας, 1995).

Στις φθινοπωρινές καλλιέργειες η έλλειψη βροχών μετά τη σπορά και το φύτευμα δημιουργεί πιθανότητες αποτυχίας της καλλιέργειας, λόγω κακού φυτρώματος και καθυστέρησης της ανάδυσης (μείωση καλλιεργητικής περιόδου). Συνήθως οι βροχές του Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου ξεπερνούν τις ανάγκες των φυτών, γίνεται αποθήκευση στο έδαφος και χρησιμοποίησή της υγρασίας αργότερα. Οι βροχές της άνοιξης είναι ευεργετικές λόγω σύμπτωσής τους με την κρίσιμη περίοδο όπου τα φυτά έχουν ένα μέγιστο αναγκών σε νερό και

θρεπτικά συστατικά. Όψιμες βροχές (κατά το γέμισμα) είναι χωρίς ουσιαστικό αποτέλεσμα και συνήθως ανεπιθύμητες γιατί ευνοούν το όψιμο πλάγιασμα, προσβολές από σκωριάσεις, ενώ καθυστερούν και την ωρίμανση των καρπών (Καραμάνος, 1992).

Η ολική ετήσια υδατοκατανάλωση ανέρχεται σε 400mm περίπου για ξερικές καλλιέργειες και μεσογειακό περιβάλλον, αλλά μπορεί να είναι και διπλάσια υπό αρδευόμενες συνθήκες (Καραμάνος, 1992). Η ποικιλία, η γονιμότητα του εδάφους και το κλίμα επηρεάζουν την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες του καρπού των σιτηρών. Όσον αφορά στο κλίμα, ο δριμύς χειμώνας του ακολουθεί δροσερή και ξηρή θερινή περίοδος ευνοεί την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (Στέπες Ρωσίας, Β. και Κ. ΗΠΑ και Καναδάς). Σε περιοχές με ηπιότερο κλίμα (Α. ΗΠΑ και Δ. Ευρώπη) η πρωτεΐνη στο σιτάρι είναι λιγότερη. Αυτό φαίνεται να σχετίζεται με τη διάρκεια της περιόδου ωρίμανσεως του κόκκου. Στις ξηρές περιοχές η περίοδος αυτή είναι μικρότερη, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της ξηρασίας. Με ηπιότερες συνθήκες η περίοδος αυτή αυξάνει και προστίθενται σε αναλογία πιο πολλοί υδατάνθρακες στον καρπό, ώστε τελικά το ποσοστό πρωτεΐνης να είναι μικρότερο (Σφήκας, 1995).

Στην Ελλάδα η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του μαλακού σιταριού που καλλιεργείται στη Μακεδονία (ιδίως στη Δυτική) και Θράκη είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη Ν. Ελλάδα καθώς και εκείνου που καλλιεργείται στο εσωτερικό της χώρας σε σύγκριση με τα παράλια. Για το σκληρό σιτάρι δεν φαίνεται να υπάρχουν αξιολογικές διαφορές μεταξύ των περιοχών της χώρας μας όπου καλλιεργείται, γενικά δε η περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνη είναι υψηλή (Σφήκας, 1995).

1.1.6.2. Έδαφος

Αν και καλλιεργείται σε ποικιλία εδαφών (από αμμώδη μέχρι βαριά αργιλώδη), το σιτάρι ευδοκμεί κυρίως σε εδάφη μέσης σύστασης μέχρι βαριά (αμμοπηλώδη, πηλώδη, αργιλώδη), βαθιά και καλά στραγγισμένα. Δεν ευδοκμεί σε εδάφη με υψηλό υδατικό ορίζοντα. Εδάφη πλούσια σε οργανική ουσία δημιουργούν προδιάθεση για πλάγιασμα (Καραμάνος, 1992).

Οι μεγαλύτερες αποδόσεις επιτυγχάνονται στα γόνιμα ιλοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη εδάφη, με επαρκή υγρασία και ελεύθερα ζιζανίων. Τα πολύ αμμώδη και τα κακώς στραγγισμένα δίνουν μικρές αποδόσεις. Ακατάλληλα για τη σιτοκαλλιέργεια είναι τα όξινα και τα ισχυρώς εκπλυθέντα εδάφη. Ως προς την υφή του εδάφους, ο σπουδαιότερος ρόλος της, που επηρεάζει τις αποδόσεις του σιταριού, είναι η συγκράτηση της υγρασίας, ιδίως κατά την περίοδο των αυξημένων αναγκών των φυτών (Σφήκας, 1995).

Η αποδοτικότητα του σιταριού αυξάνεται από 100 σε 300 kg/στρ. καθώς αυξάνεται το διαθέσιμο νερό στην καλλιέργεια από 220 σε 440 mm. Στις ημίξηρες περιοχές η αγρανάπαυση θεωρείται απαραίτητη πρακτική για την αύξηση του αποθηκευμένου στο έδαφος νερού (Good and Smika, 1978). Η απόδοση του σιταριού σχετίζεται θετικά και γραμμικά με το νερό του εδάφους που βρίσκεται ως απόθεμα για την καλλιέργεια και αυτή η σχέση είναι πιο σημαντική από τη σχέση με το εποχιακό νερό που χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια (Musick et al., 1994). Η ίδια εργασία είναι επεξηγηματική όσον αφορά στο ρόλο που παίζει η τροποποίηση της επιφάνειας του εδάφους στην αλλαγή της διαθεσιμότητας του νερού για τα φυτά. Η τροποποίηση της επιφάνειας του εδάφους οδηγεί σε αλλαγές στην ισορροπία του εδαφικού νερού, στα όρια της εξάτμισης του εδαφικού νερού και της διήθησης στην εδαφική κατανομή (Musick et al., 1994).

Οι πρακτικές διαχείρισης του εδάφους επιδρούν στο πόσο αποδοτικά οι καλλιέργειες χρησιμοποιούν το νερό της βροχής σαν εφόδιο. Υπάρχουν τέσσερις κύριοι παράγοντες που επιδρούν στην εξατμισοδιαπνοή μιας επιφάνειας για συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αυτοί

περιλαμβάνουν την κλίση του εδάφους, την θερμοκρασία και την ταχύτητα του ανέμου, την ποσότητα του νερού που βρίσκεται στο έδαφος και την ικανότητα του φυτού να προσλαμβάνει νερό από το έδαφος. Αυτοί οι παράγοντες δεν είναι ανεξάρτητοι ο ένας από τον άλλο και με τους κατάλληλους συνδυασμούς επιτυγχάνεται βελτίωση στην αποδοτικότητα της χρήσης του νερού (Musick et al., 1994).

Η απόδοση της καλλιέργειας του σιταριού αυξάνεται με αύξηση της αναλογίας σποράς και με μείωση των αποστάσεων μεταξύ των γραμμών. Η ικανότητα της χρήσης του νερού αυξάνεται όταν η απόσταση μεταξύ των γραμμών σποράς μειώνεται από 36 σε 9 cm και η αναλογία σποράς αυξάνεται από 3,5 σε 14 kg/στρ. (Tomprkins et al., 1991). Η γονιμότητα του εδάφους και κυρίως η περιεκτικότητα σε άζωτο επηρεάζει την περιεκτικότητα του κόκκου σε πρωτεΐνη, για το λόγο ότι το N είναι συστατικό της πρωτεΐνης και εφόσον υπάρχει διαθέσιμο χρησιμοποιείται στη σύνθεσή της. Οι ανώτερες ποιότητες σιταριού παράγονται στις Μεγάλες Πεδιάδες των ΗΠΑ, στον Καναδά και τις στέπες της Ρωσίας, όπου τα εδάφη είναι πλούσια σε οργανική ουσία. Τα σιτάρια αυτά, παρόλο που είναι μαλακά, παρουσιάζουν την εμφάνιση σκληρών σιταριών (τομή κόκκων υαλώδης) λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (Σφήκας, 1995).

Η πρωτεΐνη που περιέχεται στους κόκκους του σιταριού επηρεάζεται από τη διαχείριση του αζώτου και την ικανότητα χρήσης του αζώτου. Η ικανότητα χρήσης του αζώτου είναι μέγιστη στα χαμηλά επίπεδα εφαρμογής του και μειώνεται γρήγορα σε αυξανόμενη ποσότητα εφαρμογής του. Η διαχείριση της εφαρμογής του αζώτου στην καλλιέργεια του σιταριού μπορεί να επηρεάσει την απόδοση και την ποιότητα των κόκκων (Fowler et al., 1990.)

1.2 Η διαχείριση των ζιζανίων στις καλλιέργειες

1.2.1 Το πρόβλημα των ζιζανίων στην γεωργική παραγωγή

Με τον όρο ζιζάνιο αποδίδεται κάθε φυτό που δεν καλλιεργείται και αναπτύσσεται όπου και όταν δεν είναι επιθυμητό. Τα ζιζάνια είναι προσαρμόσιμα σε όλα τα περιβάλλοντα και ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά για νερό, θρεπτικά στοιχεία, φως και χώρο υποβαθμίζοντας την ποιότητα και την ποσότητα των παραγόμενων γεωργικών προϊόντων ανάλογα με τα είδη των ζιζανίων που λυμαίνονται μια αγροτική έκταση, την πυκνότητα τους ανά μονάδα, τον χρόνο εμφάνισης τους στην καλλιέργεια, το είδος της καλλιέργειας κ.α. Τα ζιζάνια είναι από τους πλέον περιοριστικούς παράγοντες στην ανάπτυξη βιώσιμων, εντατικών συστημάτων γεωργικής παραγωγής. Παρατηρούνται ολοένα και περισσότερες καλλιεργούμενες εκτάσεις ανά τον κόσμο με αυξημένο φορτίο ζιζανίων και πρόκειται για ένα προβληματικό φαινόμενο που ολοένα και διογκώνεται παρά τις προσπάθειες αντιμετώπισής του (Mortensen et al., 2012). Τα ζιζάνια προκαλούν συνολικές απώλειες της τάξης του 5% στη γεωργική παραγωγή στις περισσότερο ανεπτυγμένες χώρες, 10% στις λιγότερο ανεπτυγμένες και 25% στις ελάχιστα αναπτυγμένες χώρες (Oetke 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 τις απώλειες από οποιαδήποτε άλλη κατηγορία γεωργικών παρασίτων όπως έντομα, νηματώδεις, ασθένειες, τρωκτικά κλπ. Ο Rao (2000) ανέφερε ότι η συνολική ετήσια απώλεια των γεωργικών προϊόντων οφείλεται κατά 45% στα ζιζάνια, κατά 30% στα έντομα, κατά 20% σε ασθένειες και κατά 5% σε άλλα παράσιτα. Η πιθανή απώλεια απόδοσης στη

γεωργική παραγωγή απουσία πρακτικών ελέγχου των ζιζανίων εκτιμάται πως ανέρχεται σε ποσοστό 43% επί του συνόλου της γεωργικής παραγωγής (Oerke, 2006).

1.2.2 Διάκριση ζιζανίων

Η διάκριση των ζιζανίων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως με βάση την διάρκεια που χρειάζονται για να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο. Η διάκριση σε αυτή την περίπτωση αφορά τα ετήσια, τα διετή καθώς και τα πολυετή είδη. Ενώ τα ετήσια είδη αναπαράγονται παράγοντας μεγάλο αριθμό σπόρων, τα πολυετή είδη πολλαπλασιάζονται τόσο εγγενώς όσο και με όργανα αγενούς αναπαραγωγής όπως ριζώματα, στόλωνες, κονδύλους και βολβίδια. Ένας άλλος τρόπος διάκρισης είναι με βάση τον αριθμό των κοτυληδόνων κάθε είδους όπου η διάκριση αφορά μονοκοτυλήδονα ή αγρωστώδη είδη και δικοτυλήδονα ή πλατύφυλλα είδη. Η διάκριση αυτή χρησιμοποιείται ευρέως λόγω κυρίως της εκλεκτικής τοξικότητας των περισσότερων οργανικών ζιζανιοκτόνων στις δύο αυτές κατηγορίες ζιζανίων (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

1.2.3 Χημικός έλεγχος ζιζανίων

Η αντιμετώπιση των ζιζανίων στηρίζεται στη χρήση συνθετικών χημικών ουσιών, οι οποίες είτε αυτούσιες είτε σε μίγματα θανατώνουν, επιβραδύνουν ή παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των διαφόρων ειδών ζιζανίων. Οι ουσίες αυτές αναφέρονται ως ζιζανιοκτόνα και η εφαρμογή τους συνδέεται με πολλαπλά πλεονεκτήματα όπως αναφέρεται και από τους Ζιώγα και Μαρκόγλου (2010):

- Έγκαιρος έλεγχος ζιζανίων σε πρώιμο στάδιο προτού δημιουργήσουν προβλήματα στην εκάστοτε καλλιέργεια.
- Έλεγχος ζιζανίων που δεν διακρίνονται εύκολα από την καλλιέργεια στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης.
- Καταπολέμηση πολυετών ζιζανίων με βαθύρριζο ριζικό σύστημα.
- Καταπολέμηση ακανθωδών ζιζανίων.
- Μειώνεται το κόστος της καλλιέργειας σε εργατικά και ανθρώπινο προσωπικό.
- Αποφεύγεται η διάβρωση των επικλινών εδαφών.
- Μειώνεται το κόστος της καταπολέμησης των ζιζανίων.
- Επιτυγχάνεται η εκμηχάνιση της γεωργικής παραγωγής σε σημαντικές αροτραίες καλλιέργειες.

Τα ζιζανιοκτόνα με βάση τα είδη των ζιζανίων που καταπολεμούν διακρίνονται σε καθολικά που είναι εξίσου φυτοτοξικά σε όλα τα φυτικά είδη και τα εκλεκτικά που διακρίνονται σε αγρωστωδοκτόνα και πλατυφυλλοκτόνα. Με βάση τον βιοχημικό μηχανισμό δράσης τους δηλαδή την δράση τους στις κυτταρικές και μεταβολικές διεργασίες των ζιζανίων και τη φύση του δραστηκού συστατικού ταξινομούνται σε (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010) :

- Ζιζανιοκτόνα με πολλαπλή δράση στις μεταβολικές διεργασίες των ζιζανίων, που περιλαμβάνουν διάφορες ανόργανες κυρίως, αλλά και οργανικές ενώσεις.
- Ζιζανιοκτόνα με εξειδικευμένη δράση στις κυτταρικές λειτουργίες ή τις μεταβολικές διεργασίες του ζιζανίου όπως τις φωτοχημικές λειτουργίες, τη βιοσύνθεση των αμινοξέων, τη βιοσύνθεση των λιπαρών οξέων, τη βιοσύνθεση των συστατικών του

κυτταρικού τοιχώματος, τη βιοσύνθεση των βιταμινών, το φυτορμονικό σύστημα, καθώς και την κυτταρική αύξηση και διαίρεση.

- Βιοζιζανιοκτόνα, στα οποία το δραστικό συστατικό είναι κάποιος βιολογικός παράγοντας.

1.2.4 Ολοκληρωμένη Διαχείριση Ζιζανίων

Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση των ζιζανίων (Integrated Weed Management) περιλαμβάνει και συνδυάζει πολλαπλές, διαφορετικές προσεγγίσεις διαχείρισης ζιζανίων, οι οποίες όμως οφείλουν να συμπληρώνονται με κατάλληλο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται τόσο η απειλή των ζιζανίων προς τις καλλιέργειες απόδοση χωρίς όμως να μην γίνεται μέριμνα για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Επομένως, κρίνεται απαραίτητος ο συνδυασμός των ήδη χρησιμοποιούμενων συμβατικών χημικών μεθόδων μαζί με καινοτόμες καλλιεργητικές και βιολογικές μεθόδους (Culliney, 2005).

1.3 Γεωργία ακριβείας

Η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στη γεωργία επέτρεψε τη μέτρηση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των παραμέτρων της παραγωγής και του εδάφους και έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης συστημάτων Γεωργίας Ακριβείας. Με τον όρο Γεωργία Ακριβείας ορίζουμε τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των αγρών, προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και/ή να επιτευχθεί μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την μη ορθολογική χρήση των εισροών. Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης αγροκτημάτων το οποίο χρησιμοποιώντας την πληροφορική και τα ηλεκτρονικά εφαρμοσμένα στη γεωργία, βοηθά τον γεωργό στη λήψη αποφάσεων για την καλύτερη διαχείριση του αγροκτήματος (Gemtos et al., 2002). Ο όρος καλύτερη διαχείριση μπορεί να σημαίνει βελτίωση της οικονομικής απόδοσης του αγροκτήματος, είτε με αύξηση της παραγωγής, είτε με μείωση των εισροών, είτε με συνδυασμό και των δύο. Επιπλέον, μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση των τυχόν αρνητικών επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον, εφόσον εφαρμόζεται η αναγκαία ποσότητα εισροών σε κάθε σημείο του αγρού. Το χαρακτηριστικό είναι ότι, αντί να γίνονται οι καλλιεργητικές φροντίδες με βάση τις μέσες τιμές παραγωγής και γονιμότητας του εδάφους, είναι δυνατή η εφαρμογή διαφορετικών δόσεων εισροών και άλλων καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες.

Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης των αγρών, σύμφωνα με την οποία οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης) και οι καλλιεργητικές πρακτικές εφαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών, καθώς αυτές διαφοροποιούνται στον χώρο και στον χρόνο (Whelan and McBratney, 2000). Οι κύριοι στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας είναι:

- η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών,
- η βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων,
- η πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών,
- η εξοικονόμηση της ενέργειας,

- η προστασία του εδάφους και των νερών από την ρύπανση.

Η ιδέα της διαχείρισης τμημάτων του αγρού σαν ξεχωριστή μονάδα δεν είναι καινούργια. Αν σκεφτεί κανείς ποια είναι η μικρότερη περιοχή που μπορεί να διαχειριστεί, αυτή μπορεί να είναι κάθε φυτό ξεχωριστά και το έδαφος που επηρεάζει την ανάπτυξή του. Αυτό ακριβώς έκαναν οι γεωργοί τα παλαιότερα χρόνια, όταν έσπερναν με το χέρι κάθε φυτό. Σήμερα, επειδή έχουν αυξηθεί οι καλλιεργούμενες εκτάσεις λόγω των δυνατοτήτων που έδωσε η εκμηχάνιση, για να γίνει διαχείριση σε επίπεδο φυτού χρειάζεται αναπτυγμένη τεχνολογία. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορικής και των ηλεκτρονικών έδωσε ώθηση στην ανάπτυξη της Γεωργίας Ακριβείας. Η προϋπόθεση για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας και κατ' επέκταση την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application) είναι γνώση τη χωρικής παραλλακτικότητας.

Η χωρική παραλλακτικότητα είναι η παραλλακτικότητα σε μετρούμενα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους στον χώρο. Παραλλακτικότητα υπάρχει σε όλους τους αγρούς και μπορεί να παρατηρηθεί στη γονιμότητα του εδάφους, στην υγρασία, στη μηχανική σύσταση του εδάφους, στην τοπογραφία, στην ανάπτυξη των φυτών και στους πληθυσμούς εχθρών και ασθενειών. Η παραλλακτικότητα εκτός από χωρική μπορεί να είναι και χρονική (Blackmore, 2000; Blackmore et al., 2003). Για παράδειγμα, μερικές εδαφικές ιδιότητες είναι σταθερές με το χρόνο ή μεταβάλλονται ελάχιστα από χρόνο σε χρόνο, όπως η οργανική ουσία και η μηχανική σύσταση του εδάφους. Άλλες ιδιότητες, όπως τα επίπεδα των νιτρικών και η υγρασία του εδάφους, μπορεί να αλλάζουν πολύ με το χρόνο. Επίσης, η κατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να μεταβληθεί μέσα σε ώρες.

Η οικονομικότητα είναι ένας από τους πιο σπουδαίους λόγους που εξετάζονται για την μετάβαση από τον παραδοσιακό τρόπο διαχείρισης στη Γεωργία Ακριβείας. Με την Γεωργία Ακριβείας μπορεί να επηρεαστεί το κόστος παραγωγής και η πρόσοδος από την καλλιέργεια. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα για μεγαλύτερες αποδόσεις χρησιμοποιώντας τις ίδιες εισροές αλλά ανακατανομημένες, για ίδιες αποδόσεις με μειωμένες εισροές ή για μεγαλύτερες αποδόσεις με μειωμένες εισροές. Ο παραγωγός πρέπει να αποφασίσει για την καταλληλότερη μέθοδο διαχείρισης. Εκτός από την απόδοση, πρέπει να επιδιώξει καλύτερη ποιότητα προϊόντων χρησιμοποιώντας τις εισροές ανάλογα με τις ανάγκες των καλλιεργειών. Είναι γνωστό ότι η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων μπορεί να μειώσει την ανάπτυξη των φυτών και να χειροτερεύσει την ποιότητα των προϊόντων. Αλλά και η περίσσεια θρεπτικών στοιχείων μπορεί να οδηγήσει σε κακή ποιότητα καρπών (Jager and Putter, 1999), αλλά και προβλήματα στη φυτεία (πλάγιασμα σιτηρών, ευαισθησία σε εχθρούς). Παρόλα αυτά το γεγονός ότι ένας αγρός έχει παραλλακτικότητα δεν σημαίνει πάντα ότι έχει νόημα να εφαρμοστεί Γεωργία Ακριβείας. Πρέπει αρχικά να μετρηθεί το μέγεθος της παραλλακτικότητας, στη συνέχεια, να βρεθούν οι αιτίες που προκαλούν αυτή την παραλλακτικότητα και τέλος, να βρεθεί τρόπος για να γίνει διαχείριση της παραλλακτικότητας. Οι εισροές που εφαρμόζονται σήμερα με μεταβλητές δόσεις είναι τα λιπάσματα (Miller et al., 2003; Welsh et al., 2003a; Welsh et al., 2003b; Wood et al., 2003; Zaman et al., 2005; Shumann et al., 2006), τα φυτοφάρμακα (Miller and Salyani, 2005; Sollaneles et al., 2006), το νερό άρδευσης (Perry et al., 2002) και ο σπόρος (Mason et al., 2007).

Ένας από τους στόχους της εφαρμογής των εισροών με μεταβλητές δόσεις είναι η προστασία του περιβάλλοντος (Bongiovanni and Lowenberg-Deboer, 2004). Για παράδειγμα, με την εφαρμογή αζώτου με μεταβλητές δόσεις μπορεί να μειωθεί το N που εφαρμόζεται και να μειωθεί το N σε ευαίσθητες περιοχές, χωρίς να μειωθεί η παραγωγή και πιθανότατα με καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα. Επίσης, με την εφαρμογή εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων

με μεταβλητές δόσεις μπορεί να μειωθούν οι ποσότητες που εφαρμόζονται, αφού εφαρμόζονται μόνο εκεί που είναι απαραίτητες.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας έχουν σχέση με όλα τα στάδια παραγωγής από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή και είναι οι εξής:

- GPS και GIS. Είναι συστήματα που επιτρέπουν την ακριβή χαρτογράφηση των αγρών και την ερμηνεία της παραλλακτικότητας των αγρών.
- Χαρτογράφηση παραγωγής. Με τη χαρτογράφηση παραγωγής γίνεται καταγραφή και συλλογή δεδομένων της παραγωγής από συγκεκριμένες θέσεις στον αγρό.
- Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων με την οποία γίνεται καταγραφή της γονιμότητας των αγρών.
- Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Σήμερα, μία από τις απλούστερες και οικονομικότερες μετρήσεις παραμέτρων του εδάφους που χρησιμοποιείται στη γεωργία ακριβείας είναι αυτή της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa). Η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ενοποιεί ένα ευρύτερο σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή μιας 12 καλλιέργειας. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνεται η περιεκτικότητα σε νερό, η μηχανική σύσταση του εδάφους (Williams et al., 1987), η οργανική ουσία (Janes et al., 1994), το βάθος σκληρού ορίζοντα, CEC (McBride et al., 1990), αλατότητα καθώς και τα ανταλλάξιμα ασβέστιο και μαγνήσιο (Lund et al., 1999). Η μεταβλητότητα όλων αυτών των παραγόντων στην έκταση του χωραφιού είναι πιθανόν να προκαλεί την αντίστοιχη μεταβλητότητα της παραγωγής. Η χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να γίνει εύκολα με τη σύνδεση μίας συσκευής μέτρησης αγωγιμότητας πάνω σε παρελκόμενο όχημα και την προσαρμογή ενός δέκτη εντοπισμού γεωγραφικής θέσης (GPS).
- Τηλεπισκόπηση. Με την τηλεπισκόπηση συλλέγονται πληροφορίες για ένα αντικείμενο, χωρίς να υπάρχει επαφή. Οι δύο πιο συνηθισμένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι το βασικό στοιχείο της τηλεπισκόπησης. Όταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έρχεται σε επαφή με ένα αντικείμενο, μπορεί να ανακλαστεί, να απορροφηθεί ή να διέλθει. Ανάλογα με το αντικείμενο στο οποίο προσπίπτει η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο. Μετρώντας την ανακλώμενη ακτινοβολία από τα φυτά μπορούμε να συλλέξουμε πληροφορίες για την περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε νερό, για τη θρεπτική κατάσταση των φυτών και για άλλα χαρακτηριστικά των φυτών. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι δείκτες βλάστησης που είναι μαθηματικοί συνδυασμοί καναλιών (φασματικών περιοχών), κυρίως του κοντινού υπέρυθρου (NIR) και του ερυθρού (R), όπως ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$. Με τον NDVI έχουμε μια αντικειμενική παρουσίαση της ζωντανής βλάστησης, ώστε να μπορούμε να παρακολουθούμε την εξέλιξη της κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτών, να αναγνωρίζουμε και να διαχωρίζουμε τις διάφορες καλλιέργειες και να εισάγουμε δεδομένα τηλεπισκόπησης σε αγροκλιματικά μοντέλα.
- Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (Variable Rate Application). Με την τεχνολογία αυτή οι εισροές εφαρμόζονται στον αγρό σε διαφορετικές δόσεις στις διάφορες περιοχές του αγρού ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής. Υπάρχουν δύο μέθοδοι τεχνολογίας διαφοροποιούμενης δόσης: η βασισμένη σε χάρτες και η βασισμένη σε αισθητήρες. Η βασισμένη σε χάρτες απαιτεί έναν χάρτη εφαρμογής (prescription map) και ένα GPS που καθορίζει τη θέση στον αγρό. Καθώς το μηχάνημα που εφαρμόζει τις εισροές προχωρά στον

αγρό, αλλάζει τη δόση με βάση τον χάρτη εφαρμογής (τις συντεταγμένες των ζωνών διαχείρισης). Η μέθοδος που βασίζεται σε αισθητήρες δεν απαιτεί ούτε χάρτη ούτε GPS. Αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στη μηχανή εφαρμογής και μετρούν χαρακτηριστικά του εδάφους ή της καλλιέργειας, καθώς κινείται στον αγρό. Η πληροφορία μεταδίδεται σε ένα πρόγραμμα που υπολογίζει τις ανάγκες του εδάφους ή των φυτών και μεταφέρει την πληροφορία σε μια διάταξη εφαρμογής που διανέμει τις εισροές.

1.3.1. NDVI και ζιζάνια

Ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς NDVI είναι μια από τις πιο διαδεδομένες μη βλαβερές μεθόδους για την εκτίμηση της βιομάζας, της παραγωγικότητας και της φαινολογίας του φυτού. Αρκετές μελέτες, έχουν τονίσει την σημαντικότητα της χρήσης του δείκτη NDVI ώστε να κάνουν εκτιμήσεις που αφορούν την φαινολογία, την ανάπτυξη φυλλώματος, την παραγόμενη βιομάζα και την τελική απόδοση καλλιεργειών όπως το σιτάρι. (Steltzer and Welker, 2006; Ravier et al., 2017; Berger et al., 2019; Vannoppen et al., 2020; Wang et al., 2020; Yang et al., 2020). Ο δείκτης NDVI μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και για τον εντοπισμό και την καταγραφή της ζιζανιοχλωρίδας. Ο δείκτης χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό προσβολής ζιζανίων σε σημαντικές καλλιέργειες όπως σόγιας και σιταριού. (Koger et al., 2003; López-Granados et al., 2006). Επιπρόσθετα, μετρήσεις NDVI έχουν συνεισφέρει στην καταγραφή της ζιζανιοχλωρίδας σε καλλιέργειες ρυζιού, βαμβακιού και μαρουλιού. (Slaughter et al., 2008; Barrero and Perdomo, 2018; Papadopoulos et al., 2018). Στο ανοιξιάτικο κριθάρι, ο Savin et al. (2017) παρατήρησε ότι ο δείκτης NDVI στην μέση της περιόδου ανάπτυξης είναι προκαθορισμένος από τον συνδυαστική επίδραση της καλλιέργειας και των ζιζανίων ενώ στο τέλος της περιόδου ανάπτυξης η προσβολή των ζιζανίων γίνεται παράγοντας καθοριστικής σημασίας.

1.3.2 NDVI και χημική ζιζανιοκτονία

Ο δείκτης NDVI καθορίζεται από την απορρόφηση του κόκκινου φωτός(400-700nm)από την χλωροφύλλη του φυτού, καθώς επίσης και από την αντανάκλαση του υπέρυθρου φωτός από τα υδατικά κύτταρα των φύλλων(Thapa et al., 2019). Το στρες που προκαλείται από αβιοτικούς παράγοντες σε συνδυασμό με μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές επηρεάζουν τον δείκτη NDVI. (Franke and Menz, 2007; Condorelli et al., 2018; Thapa et al., 2019; Durgun et al. 2020; Nansen et al., 2009; Naser et al. 2020; Vannoppen, 2020). Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων είναι ένας ακόμα παράγοντας που προκαλεί στρες στην βλάστηση. Πιο συγκεκριμένα η αναστολή των καροτενοειδών λόγω των ζιζανιοκτόνων, η δημιουργία κηλίδων στα φύλλα και η μείωση της χλωροφύλλης στους μεριστωματικούς ιστούς, σχετίζεται άμεσα με την ζωτικότητα του φυτού. (Mayonado et al., 1989; Peñuelas and Filella, 1998). Οι αντιδράσεις των ζιζανίων στους στρεσογόνους παράγοντες όπως η χρήση ζιζανιοκτόνων, μπορούν να εκτιμηθούν μετρώντας τον συντελεστή αντανάκλασης του φυτού με φασματόμετρο. Peteinatos et al., 2016). Παρόλο που ο δείκτης NDVI δεν έχει αναπτυχθεί για τον άμεσο εντοπισμό συμπτωμάτων από την χρήση ζιζανιοκτόνων, μπορεί να εντοπίσει αλλαγές στο χρώμα της βλάστησης, το ύψος και την πυκνότητα που οφείλονται στην χρήση ζιζανιοκτόνων. Streibig et al., 2014). Ο δείκτης NDVI έχει χρησιμοποιηθεί και για την αξιολόγηση της αντοχής σιταριού σε μεταφωτοτοξικές χρήσεις του mesosulfuron-methyl και για την ανίχνευση τραυματισμών που οφείλονται σε ζιζανιοκτόνα στην σόγια. Thelen et al., 2004; Kong et al., 2009). Παρόλα αυτά,

περισσότερες πληροφορίες είναι αναγκαίες για την κατανόηση της σχέσης του δείκτη NDVI και της εφαρμογής ζιζανιοκτόνων, ώστε να αναπτυχθούν γρήγορες στρατηγικές για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους.

1.4 Εκλεκτικότητα

Η εκλεκτικότητα των ζιζανιοκτόνων είναι ένα από τα κύρια ζητήματα που πρέπει να διευκρινιστούν για κάθε καλλιέργεια όταν οι ζημιές που προκαλούνται από τα προϊόντα μπορεί να είναι μεγαλύτερες από τις παρεμβολές που ασκούν τα ζιζάνια. Πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την εκλεκτικότητα όπως το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας, το γενετικό υλικό των φυτών, το έδαφος καθώς και οι καιρικές συνθήκες κατά την εφαρμογή. (Norsworthy et al., 2012)

Η εκλεκτική τοξικότητα των ζιζανιοκτόνων δηλαδή η παρεμπόδιση της ανάπτυξης των ζιζανίων χωρίς ζημιογόνες επιδράσεις στην καλλιέργεια μπορεί να προκύψει με διάφορους μηχανισμούς ή τρόπους εφαρμογής.

- Διαφορές εισόδου των ζιζανιοκτόνων στα φυτά (μορφολογία-τρόπος ανάπτυξης)
- Χρόνος εφαρμογής
- Κατάλληλο βάθος εφαρμογής
- Διαφορετικός τρόπος φυτρώματος
- Κατευθυνόμενες επεμβάσεις
- Αντιφυτοτοξικές ενώσεις
- Βιοχημικές ή φυσιολογικές διαφορές

Η εκλεκτικότητα των ζιζανιοκτόνων είναι συνδεδεμένη με την φυτοτοξικότητα που μπορεί να προκληθεί στην καλλιέργεια μετά από την εφαρμογή μπορεί να εμφανιστεί με διάφορους τρόπους:

- **Κάψιμο:** αυτός ο τύπος ζημιάς μπορεί να εμφανισθεί στην άκρη ή στα περιθώρια ενός φύλλου με τη μορφή κηλίδων. Επίσης, τα φύλλα μπορεί να φαίνονται ολοκληρωτικά καμένα καθώς επίσης οι οφθαλμοί μπορούν να καταστραφούν.
- **Νέκρωση:** μοιάζει πολύ με το κάψιμο και επηρεάζει τα φυτά κατά τον ίδιο τρόπο.
- **Χλώρωση:** εμφανίζεται με τη μορφή κηλίδων, κιτρίνισμα κορυφής ή σαν μία γενική χλώρωση ολόκληρου του φύλλου.
- **Παραμόρφωση φύλλου:** εμφανίζεται σαν περιστροφή, συρρίκνωση ή τρύπημα φύλλου.
- **Νανισμός** ή οποιαδήποτε άλλη ανώμαλη ανάπτυξη.

Η φυτοτοξικότητα συχνά εμφανίζεται ως συνδυασμός περισσότερων του ενός από τα παραπάνω συμπτώματα και μπορεί να οφείλεται σε ποικίλα σενάρια όπως η ανεπιθύμητη αντίδραση λόγω ευαισθησίας συγκεκριμένου είδους ή ποικιλίας φυτών σε συγκεκριμένη δραστική ουσία, οι δόσεις που υπερβαίνουν τις συνιστώμενες καθώς και οι πάρα πολλές εφαρμογές σε σύντομα χρονικά διαστήματα. Πολλές φορές η μη ορθή χρήση των

φυτοπροστατευτικών προϊόντων καθώς και τα ακατάλληλα μείγματα στις δεξαμενές έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση φυτοτοξικότητας για την καλλιέργεια. Τέλος σπουδαίο ρόλο παίζουν οι καιρικές συνθήκες την χρονική στιγμή που γίνεται η εφαρμογή.

2. ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εκτίμηση της εκλεκτικότητας μεταφωσφωρικών ζιζανιοκτόνων στην καλλιέργεια του σκληρού σιταριού, εξετάζοντας την ενδεχόμενη φυτοτοξικότητα στην καλλιέργεια. Συνεπώς, στόχος της παρούσας μελέτης είναι η ανάδειξη των κατάλληλων ζιζανιοκτόνων στις κατάλληλες δόσεις, για την καλλιέργεια του σκληρού σιταριού, αποφεύγοντας τραυματισμούς για την καλλιέργεια και επιτυγχάνοντας υψηλές αποδόσεις.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Γενικά

Την χρονική περίοδο μεταξύ Ιανουαρίου του 2019 και Ιουνίου του 2019 μελετήθηκαν στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην Κωπαΐδα (38 27'00'' N, 22 59' 42'' E) και σε έκταση 360 m², οι επιδράσεις της εφαρμογής εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων όσον αφορά την εκλεκτικότητα τους στην καλλιέργεια του σκληρού σιταριού καθώς και οι επιδράσεις των επεμβάσεων στις τελικές αποδόσεις της καλλιέργειας. Η σπορά της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στις 2 Φεβρουαρίου 2019 (0 ΗΜΣ).

3.2 Επιλογή γενετικού υλικού

Στην παρούσα μελέτη μελετήθηκε η ποικιλία σκληρού σιταριού Quadrato. Πρόκειται για ποικιλία με άγανο στο στάχυ χρώματος μαύρου. Προσαρμόζεται σε κάθε περιοχή και δίνει υψηλές αποδόσεις και καλής ποιότητας παραγόμενο προϊόν με υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης και καλό δείκτη γλουτένης. Η συγκεκριμένη ποικιλία είναι ιδανική για την παρασκευή ζυμαρικών, που συνδυάζει μεγάλες αποδόσεις με άριστη ποιότητα.

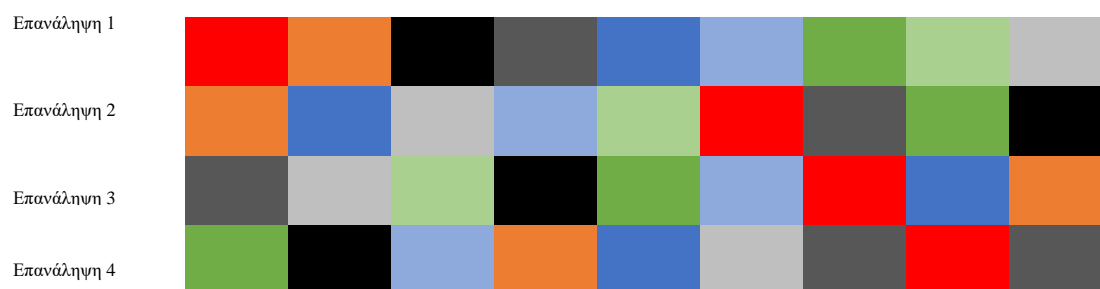
3.3 Επιλογή πειραματικών επεμβάσεων

Πραγματοποιήθηκαν 9 διαφορετικές πειραματικές επεμβάσεις οι οποίες ήταν:

- Εφαρμογή μείγματος των ζιζανιοκτόνων mesosulfuron-methyl + pyroxsulam στην συνιστώμενη δόση. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «Α».
- Εφαρμογή μείγματος των ζιζανιοκτόνων mesosulfuron-methyl + pyroxsulam στην διπλάσια της συνιστώμενης δόσης. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «Β».
- Εφαρμογή μείγματος των ζιζανιοκτόνων mesosulfuron-methyl + pyroxsulam στην συνιστώμενη δόση μαζί με το βοηθητικό λάδι Actirob b ®. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «C».
- Εφαρμογή μείγματος των ζιζανιοκτόνων mesosulfuron-methyl + pyroxsulam στην διπλάσια της συνιστώμενης δόσης μαζί με το βοηθητικό λάδι Actirob b ®. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «D».
- Εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου pyroxsulam στην συνιστώμενη δόση μαζί με το βοηθητικό λάδι Actirob b ®. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «E».
- Εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου pyroxsulam στην διπλάσια της συνιστώμενης δόσης μαζί με το βοηθητικό λάδι Actirob b ®. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «F».
- Εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου atlantis στην συνιστώμενη δόση μαζί με το βοηθητικό λάδι Actirob b ®. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «G».
- Εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου atlantis στην διπλάσια της συνιστώμενης δόσης μαζί με το βοηθητικό λάδι Actirob b ®. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «H».
- Ο μάρτυρας (control). Τα φυτά δεν δέχθηκαν εφαρμογή ζιζανιοκτόνου. Η επέμβαση συμβολίζεται στο πειραματικό σχέδιο και στα Γραφήματα της ενότητας των αποτελεσμάτων με τα αρχικά γράμματα «I».

3.4 Επιλογή πειραματικού σχεδίου

Το πειραματικό σχέδιο που επιλέχθηκε ήταν των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (Randomized Complete Block Design), σύμφωνα με το οποίο πραγματοποιήθηκαν οι 9 πειραματικές επεμβάσεις για το σκληρό σιτάρι με 4 επαναλήψεις. Κάθε πειραματικό τεμάχιο καταλάμβανε έκταση 10 m² (5 × 2 m).



Εικόνα 3.1 Κάτοψη του πειραματικού αγρού όπως διαμορφώθηκε για τη διεξαγωγή του πειράματος.



Εικόνα 3.2 Οι 9 διαφορετικοί χρωματισμοί αντιστοιχούν στις 9 διαφορετικές πειραματικές επεμβάσεις. Η αντιστοιχία ισχύει μεταξύ των χρωματισμών και των πειραματικών επεμβάσεων ισχύει επίσης και για τις στήλες των διαγραμμάτων στην ενότητα των αποτελεσμάτων.

3.5 Εφαρμογή εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκαν τα ζιζανιοκτόνα pyroxsulam της ομάδας των τριαζολοπυριμιδινών καθώς και το μείγμα των mesosulfuron-methyl και iodosulfuron-methyl-sodium που ανήκουν στην χημική ομάδα των σουλφονλουριών (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.1 Επεμβάσεις και δόσεις εφαρμογής ζιζανιοκτόνων.

Ζιζανιοκτόνα	Δόση (g ai ha ⁻¹) ή (L ha ⁻¹) ¹
Mesosulfuron-methyl + pyroxsulam	14 + 14
Mesosulfuron-methyl + pyroxsulam	28 + 28
Mesosulfuron-methyl + pyroxsulam + Actirob b ®	14 + 14 + 1
Mesosulfuron-methyl + pyroxsulam + Actirob b ®	28 + 28 + 2
pyroxsulam + Actirob b ®	18,8 + 1
pyroxsulam + Actirob b ®	37,5 + 2
Mesosulfuron-methyl + iodosulfuron + Actirob b ®	3 + 15 + 1
Mesosulfuron-methyl + iodosulfuron + Actirob b ®	6 + 30 + 2

¹ Δόση εφαρμογής για το ενισχυτικό λάδι Actirob b ®.

Η εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων έγινε στις 18 Μαρτίου 2019, 46 ημέρες μετά την σπορά της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού (46 ΗΜΣ).

3.6 Μετρήσεις

3.6.1 Οπτικές παρατηρήσεις

Για την αξιολόγηση της φυτοτοξικότητας και της εκλεκτικότητας των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε οπτική εκτίμηση στην καλλιέργεια του σκληρού σιταριού σε κλίμακα 0-100%. Οι συγκεκριμένες εκτιμήσεις πραγματοποιήθηκαν στις 15 και 30 ημέρες από την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων συγκριτικά με τα τεμάχια του αγέκαστου μάρτυρα.

3.6.2 Δείκτης NDVI (Normalized difference vegetation index)

Για την αξιολόγηση της φυτοτοξικότητας και εκλεκτικότητας των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του δείκτη NDVI (Normalized difference vegetation index) στις 15 και 30 ημέρες από την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων συγκριτικά με τα τεμάχια του αγέκαστου μάρτυρα. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με την χρήση σένσορα χειρός « green seeker ».

3.6.3 Συστατικά απόδοσης σιταριού

Για να αξιολογηθεί η εκλεκτικότητα των ζιζανιοκτόνων ήταν απαραίτητο να μελετηθεί η επίδραση της εφαρμογής τους στα συστατικά της απόδοσης στην καλλιέργεια του σκληρού σιταριού. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που αφορούσαν τον αριθμό στάχων ανά μονάδα επιφάνειας, τον αριθμό καρπών ανά στάχυ και το βάρος 1000 καρπών. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού στις 25 Ιουνίου του 2019, δηλαδή 200 ημέρες μετά τη σπορά της καλλιέργειας.

3.6.3.1 Αριθμός στάχων ανά μονάδα επιφάνειας

Έγινε λήψη στάχων από επιφάνεια $0,25\text{m}^2$ ($0,5 \times 0,5\text{m}$) από κάθε πειραματικό τεμάχιο και αφού προσδιορίστηκε ο ακριβής αριθμός στάχων έγινε αναγωγή του στην μονάδα του τετραγωνικού μέτρου (m^2).

3.6.3.2 Αριθμός καρπών ανά στάχυ

Επιλέχθηκαν 10 τυχαίοι στάχες από κάθε πειραματικό τεμάχιο και μετρήθηκε ο αριθμός των καρπών που έφεραν. Έπειτα υπολογίστηκε ο μέσος όρος καρπών ανά στάχυ.

3.6.3.3 Βάρος 1000 καρπών

Επιλέχθηκαν 100 τυχαίοι καρποί από κάθε πειραματικό τεμάχιο και ακολούθησε η ζύγισή τους με τον ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων. Για κάθε τιμή που προέκυψε έγινε αναγωγή ώστε να υπολογιστεί το βάρος 1000 καρπών.

3.6.4 Αποδόσεις σκληρού σιταριού

Για να μελετηθούν οι επιδράσεις της εφαρμογής των ζιζανιοκτόνων ως προς την εκλεκτικότητα τους καθώς και ως προς την ενδεχόμενη φυτοτοξικότητα, προσδιορίστηκαν η απόδοση της καλλιέργειας σε καρπό και ξηρή βιομάζα καθώς και ο Δείκτης Συγκομιδής (Harvest Index). Οι προσδιορισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού στις 25 Ιουνίου του 2019, δηλαδή 200 ημέρες μετά τη σπορά.

3.6.4.1 Απόδοση σε καρπό

Η τελική απόδοση σε καρπό έγινε για κάθε τεμάχιο ως συνάρτηση του αριθμού στάχων ανά μονάδα επιφάνειας επί του αριθμού καρπών ανά στάχυ επί του μέσου βάρους ενός καρπού και εκφράστηκε ως ο λόγος των κιλών καρπού ανά στρέμμα (kg/στρ.).

3.6.4.2 Απόδοση σε βιομάζα

Έγινε λήψη φυτών από επιφάνεια 0,25m² (0,5 × 0,5m²) από κάθε πειραματικό τεμάχιο και ακολούθησε διαχωρισμός των στάχων από τα στελέχη του σκληρού σιταριού. Μετά τη ζύγιση των ξηρών στελεχών έγινε αναγωγή για τις τιμές που προέκυψαν του ξηρού βάρους που προέκυψαν στην μονάδα του τετραγωνικού μέτρου (m²).

3.6.4.3 Δείκτης Συγκομιδής (Harvest Index)

Ο Δείκτης Συγκομιδής (Harvest Index) για κάθε τεμάχιο υπολογίστηκε ως ο λόγος της απόδοσης σε καρπό προς το άθροισμα της απόδοσης σε καρπό και της απόδοσης σε ξηρή βιομάζα.

3.7 Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα «STATGRAPHICS Centurion XVI». Η ανάλυση της παραλλακτικότητας πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Για τον διαχωρισμό των μέσων των επεμβάσεων, οι πολλαπλές συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τον υπολογισμό της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (ΕΣΔ) του Fischer, επίσης σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.



Εικόνα 3.3 Όψη του πειραματικού αγρού λίγο μετά την εγκατάσταση του πειράματος.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Εδαφοκλιματικές συνθήκες

Το έδαφος του πειραματικού αγρού της Κωπαΐδας χαρακτηρίζεται ως αμμώδες, αργιλώδες (Sandy Clay, SC), με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1 Ανάλυση εδάφους του πειραματικού αγρού του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην περιοχή της Κωπαΐδας.

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Οργανική ουσία %	6,3
CaCo ₃ %	19,45
N %	0,14
K (ppm)	452
Na (ppm)	82
P (Olsen) (ppm)	9,95

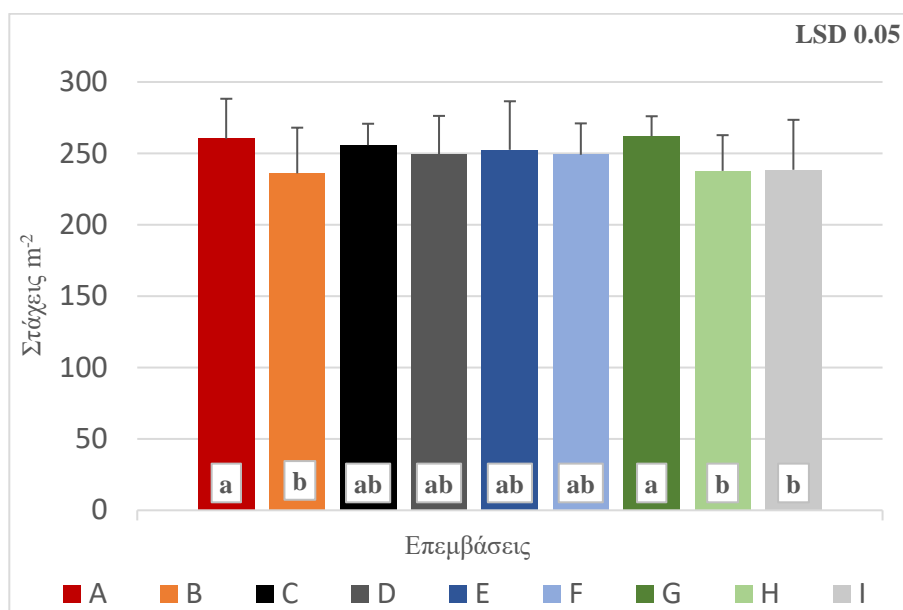
4.1.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Πίνακας 4.2 Αναπαρίστανται οι τιμές της μέγιστης και της ελάχιστης θερμοκρασίας (°C) καθώς και οι τιμές του ύψους βροχόπτωσης (mm), για κάθε μήνα που μεσολάβησε μεταξύ της σποράς και της συγκομιδής του σκληρού σιταριού.

Μήνας	Μέση θερμοκρασία (°C)	Μέγιστη θερμοκρασία (°C)	Ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	Ύψος βροχόπτωσης (mm)
Ιανουάριος	7.3	16.5	-3.5	111.6
Φεβρουάριος	8.6	20.4	0.8	59.6
Μάρτιος	12.4	24.5	2.1	56.0
Απρίλιος	14.7	30.7	5.1	45.0
Μάιος	20.0	32.8	7.8	5.6
Ιούνιος	26.2	38.3	14.2	4.4

4.2 Συστατικά απόδοσης σκληρού σιταριού

4.2.1 Αριθμός στάχων ανά μονάδα επιφάνειας



Γράφημα 4.1 Αναπαρίσταται οι τιμές του αριθμού στάχων ανά μονάδα επιφάνειας (στάχεις/m²) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά. ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.3 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του αριθμού στάχων ανά μονάδα επιφάνειας (στάχεις/m²) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	3037,0	8	379,625	1,75	NS
Επανάληψη	728,667	3	242,889	1,12	NS
Υπόλοιπο	5208,33	24	217,014		
Σύνολο	8974,0	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Άθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Μεγαλύτερη πυκνότητα στάχων ανά μονάδα επιφάνειας παρουσιάστηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για το μείγμα mesosulfuron-methyl και pyroxsulam καθώς και στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για το μείγμα atlantis και actirob. Αντιθέτως η μικρότερη πυκνότητα στάχων ανά μονάδα επιφάνειας παρουσιάστηκε στα τεμάχια του ανέκαστου μάρτυρα καθώς και στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν οι διπλές δόσεις των μειγμάτων mesosulfuron-methyl με pyroxsulam καθώς και atlantis με actirob. (γράφημα χ1). Για τον αριθμό στάχων ανά μονάδα επιφάνειας, από τα αποτελέσματα της Ανάλυσης της

Παραλλακτικότητας (Πίνακας χ.1), δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

Πίνακας 4.4 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τον αριθμό στάχων ανά μονάδα επιφάνειας (στάχες/m²) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

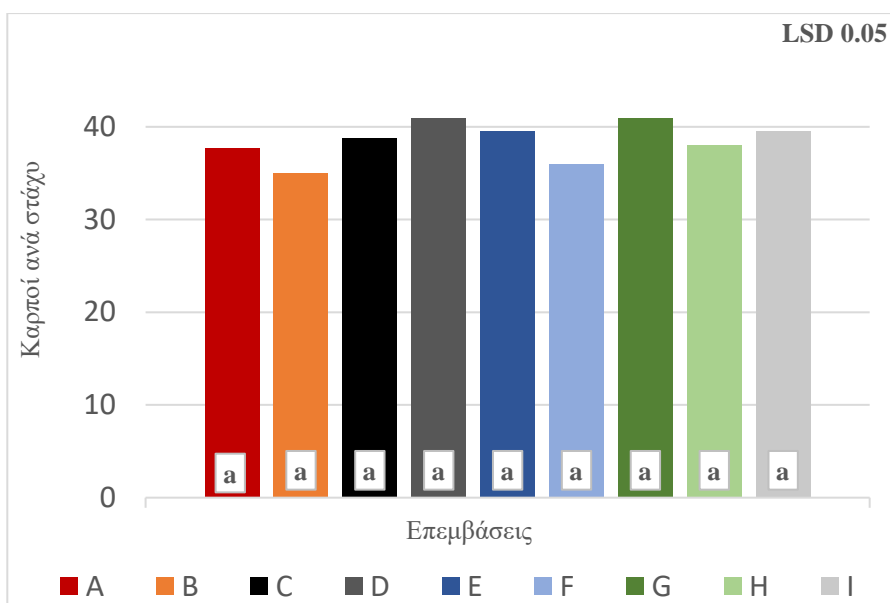
Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	*	24,25	21,499
A - C	NS	4,5	21,499
A - D	NS	11,0	21,499
A - E	NS	7,75	21,499
A - F	NS	11,25	21,499
A - G	NS	-1,75	21,499
A - H	*	22,5	21,499
A - I	*	21,75	21,499
B - C	NS	-19,75	21,499
B - D	NS	-13,25	21,499
B - E	NS	-16,5	21,499
B - F	NS	-13,0	21,499
B - G	*	-26,0	21,499
B - H	NS	-1,75	21,499
B - I	NS	-2,5	21,499
C - D	NS	6,5	21,499
C - E	NS	3,25	21,499
C - F	NS	6,75	21,499
C - G	NS	-6,25	21,499
C - H	NS	18,0	21,499
C - I	NS	17,25	21,499
D - E	NS	-3,25	21,499
D - F	NS	0,25	21,499
D - G	NS	-12,75	21,499
D - H	NS	11,5	21,499
D - I	NS	10,75	21,499
E - F	NS	3,5	21,499
E - G	NS	-9,5	21,499
E - H	NS	14,75	21,499
E - I	NS	14,0	21,499
F - G	NS	-13,0	21,499
F - H	NS	11,25	21,499
F - I	NS	10,5	21,499
G - H	*	24,25	21,499
G - I	*	23,5	21,499
H - I	NS	-0,75	21,499

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Ωστόσο από τις πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων (πίνακας χ.2) παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλή δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam η πυκνότητα στάχων ανά μονάδα επιφάνειας εμφάνισε μείωση 9% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η μονή δόση του ίδιου μείγματος. Στη συνέχεια όσον αφορά τα τεμάχια του απέκαστου μάρτυρα και τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλή δόση του μείγματος atlantis και actiob παρατηρήθηκε μειωμένη πυκνότητα στάχων ανά μονάδα επιφάνειας σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για το μείγμα mesosulfuron-methyl και pyroxsulam κατά 8 και 9% αντίστοιχα. Επιπλέον παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλή δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam η πυκνότητα στάχων ανά μονάδα επιφάνειας εμφάνισε μείωση 10% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis με actiob. Επίσης από τις πολλαπλές

συγκρίσεις των μέσων (πίνακας χ.2) παρατηρούμε πως τα τεμάχια του αφέκαστου μάρτυρα και τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλή δόση του μείγματος atlantis και actirob παρατηρήθηκε μειωμένη πυκνότητα στάχων ανά μονάδα επιφάνειας κατά 8% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για το μείγμα atlantis και actirob. Οι υπόλοιπες επεμβάσεις δεν διέφεραν σημαντικά.

4.2.2 Αριθμός καρπών ανά στάχυ



Γράφημα 4.2 Αναπαρίστανται οι τιμές του αριθμού καρπών ανά στάχυ για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.5 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του αριθμού καρπών ανά στάχυ για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	135,5	8	16,9375	0,94	0,5055
Επανάληψη	53,4444	3	17,8148	0,99	0,4164
Υπόλοιπο	434,056	24	18,0856		
Σύνολο	623,0	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Άθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Υψηλότερη αναλογία ώριμων καρπών ανά στάχυ παρατηρήθηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxulam και actirob στην διπλάσια δόση

καθώς και στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis και actirob (Γράφημα χ.χ). Από την Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (Πίνακας χ.χ) δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

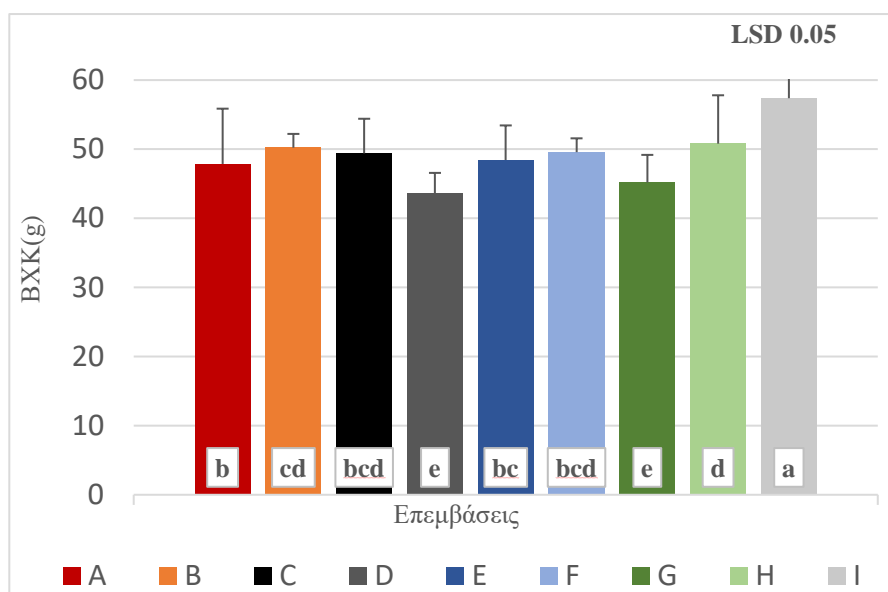
Πίνακας 4.6 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τον αριθμό καρπών ανά στάχυ για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	NS	2,75	6,20642
A - C	NS	-1,0	6,20642
A - D	NS	-3,25	6,20642
A - E	NS	-1,75	6,20642
A - F	NS	1,75	6,20642
A - G	NS	-3,25	6,20642
A - H	NS	-0,25	6,20642
A - I	NS	-1,75	6,20642
B - C	NS	-3,75	6,20642
B - D	NS	-6,0	6,20642
B - E	NS	-4,5	6,20642
B - F	NS	-1,0	6,20642
B - G	NS	-6,0	6,20642
B - H	NS	-3,0	6,20642
B - I	NS	-4,5	6,20642
C - D	NS	-2,25	6,20642
C - E	NS	-0,75	6,20642
C - F	NS	2,75	6,20642
C - G	NS	-2,25	6,20642
C - H	NS	0,75	6,20642
C - I	NS	-0,75	6,20642
D - E	NS	1,5	6,20642
D - F	NS	5,0	6,20642
D - G	NS	0	6,20642
D - H	NS	3,0	6,20642
D - I	NS	1,5	6,20642
E - F	NS	3,5	6,20642
E - G	NS	-1,5	6,20642
E - H	NS	1,5	6,20642
E - I	NS	0	6,20642
F - G	NS	-5,0	6,20642
F - H	NS	-2,0	6,20642
F - I	NS	-3,5	6,20642
G - H	NS	3,0	6,20642
G - I	NS	1,5	6,20642
H - I	NS	-1,5	6,20642

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων (Πίνακας χ.χ) δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

4.2.3 Βάρος 1000 καρπών



Γράφημα 4.3 Αναπαρίστανται οι τιμές του βάρους 1000 καρπών (g) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.7 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του βάρους 1000 καρπών (g) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του κριθαριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	483,191	8	60,3989	26,56	0,0000 ***
Επανάληψη	4,91708	3	1,63903	0,72	0,5494
Υπόλοιπο	54,5738	24	2,27391		
Σύνολο	542,682	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Αθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Η υψηλότερη τιμή του βάρους 1000 καρπών αντιστοιχεί στα τεμάχια του αφέκαστου μάρτυρα ενώ οι χαμηλότερες τιμές ανήκουν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλή δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam και actirob καθώς και στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis με actirob. Από την Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (Πίνακας χ.3) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 4.8 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν βάρος 1000 καρπών (g) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επεμβάση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	*	-2,3475	2,2007
A - C	NS	-1,54	2,2007
A - D	*	4,2925	2,2007
A - E	NS	-0,575	2,2007
A - F	NS	-1,7075	2,2007
A - G	*	2,6875	2,2007
A - H	*	-2,9375	2,2007
A - I	*	-9,51	2,2007
B - C	NS	0,8075	2,2007
B - D	*	6,64	2,2007
B - E	NS	1,7725	2,2007
B - F	NS	0,64	2,2007
B - G	*	5,035	2,2007
B - H	NS	-0,59	2,2007
B - I	*	-7,1625	2,2007
C - D	*	5,8325	2,2007
C - E	NS	0,965	2,2007
C - F	NS	-0,1675	2,2007
C - G	*	4,2275	2,2007
C - H	NS	-1,3975	2,2007
C - I	*	-7,97	2,2007
D - E	*	-4,8675	2,2007
D - F	*	-6,0	2,2007
D - G	NS	-1,605	2,2007
D - H	*	-7,23	2,2007
D - I	*	-13,8025	2,2007
E - F	NS	-1,1325	2,2007
E - G	*	3,2625	2,2007
E - H	*	-2,3625	2,2007
E - I	*	-8,935	2,2007
F - G	*	4,395	2,2007
F - H	NS	-1,23	2,2007
F - I	*	-7,8025	2,2007
G - H	*	-5,625	2,2007
G - I	*	-12,1975	2,2007
H - I	*	-6,5725	2,2007

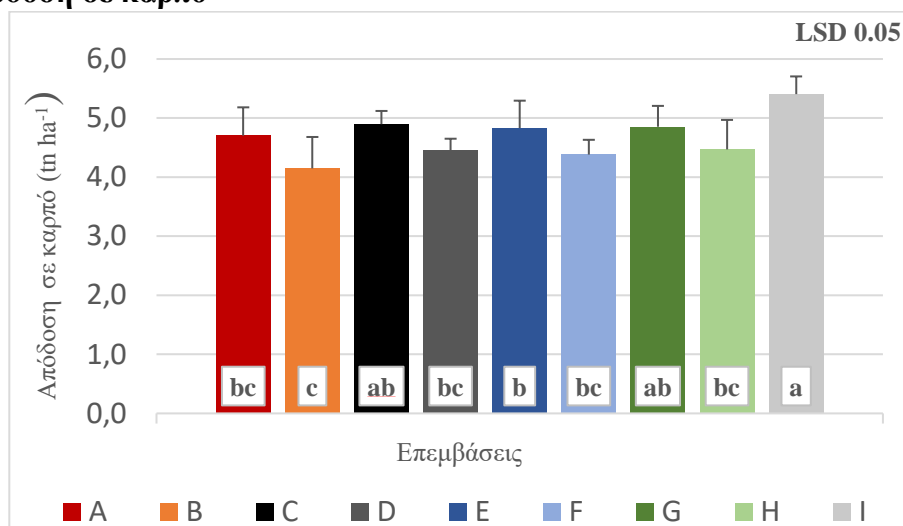
* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων (Πίνακας χ.4) παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam εμφανίστηκε μείωση στο βάρος 1000 καρπών σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα κατά 17 και 13% αντίστοιχα. Στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με την προσθήκη του actiob καταγράφηκε μείωση 14 και 24% αντίστοιχα, σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα. Στη συνέχεια συγκρίνοντας τα τεμάχια του ανέκαστου μάρτυρα με τα τεμάχια της συνιστώμενης και της διπλάσια της συνιστώμενης δόσης του μείγματος pyroxsulam και actiob παρατηρούμε ότι στα ψεκασμένα τεμάχια επήλθε μείωση 16 και 14% αντίστοιχα. Επιπλέον όσον αφορά τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actiob, εμφάνισαν μειωμένο βάρος 1000 καρπών σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα κατά 21 και 12% αντίστοιχα. Καταγράφοντας τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε πως τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-

methyl με pyroxsulam στην συνιστώμενη δόση εμφάνισαν μειωμένο βάρος 1000 καρπών κατά 5% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam στη διπλάσια δόση. Το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam και actirob στην διπλάσια της συνιστώμενης δόσης εμφάνισε μείωση στο βάρος 1000 καρπών κατά 9% σε σχέση με το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam στην συνιστώμενη δόση. Στη συνέχεια παρατηρώντας τα αποτελέσματα για τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis και actirob φαίνεται πως υπήρξε μειωμένο βάρος 1000 καρπών κατά 6% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam. Αντιθέτως τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob εμφάνισαν αυξημένο βάρος 1000 καρπών σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam στην συνιστώμενη δόση κατά 6%. Επιπλέον τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με την προσθήκη του actirob διέφεραν κατά 12%. Συγκρίνοντας τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob παρατηρήθηκε διαφορά 11%. Διαφορά στο βάρος 1000 καρπών παρατηρήθηκε και μεταξύ των τεμαχίων όπου εφαρμόστηκαν οι συνιστώμενες δόσεις των μειγμάτων pyroxsulam με actirob καθώς και atlantis με actirob κατά 7%. Τέλος τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με την προσθήκη του actirob καταγράφηκε μείωση 12% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος pyroxsulam και actirob.

4.3 Αποδόσεις σκληρού σιταριού

4.3.1 Απόδοση σε καρπό



Γράφημα 4.4 Αναπαρίστανται οι τιμές της απόδοσης του σκληρού σιταριού σε καρπό (tn/ha⁻¹) για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.9 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές της απόδοσης του σκληρού σιταριού σε καρπό (tn/ha⁻¹) για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	4,29884	8	0,537355	3,79	0,0053 **
Επανάληψη	0,57074	3	0,190247	1,34	0,2846
Υπόλοιπο	3,40521	24	0,141884		
Σύνολο	8,27478	35			

*ΒΕ = Βαθμοί Ελευθερίας, ΑΤ = Άθροισμα Τετραγώνων, ΜΤ = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 05, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 01, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 001, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value >= 0, 05*

Η μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό για το σκληρό σιτάρι καταγράφηκε στα τεμάχια του απέκαστου μάρτυρα. Οι αμέσως μεγαλύτερες αποδόσεις καταγράφηκαν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση όλων των με μειγμάτων. Την χαμηλότερη απόδοση παρουσίασαν τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια δόση της συνιστώμενης του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam.

Πίνακας 4.10 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές της απόδοσης του σκληρού σιταριού σε καρπό (tn/ha⁻¹) για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

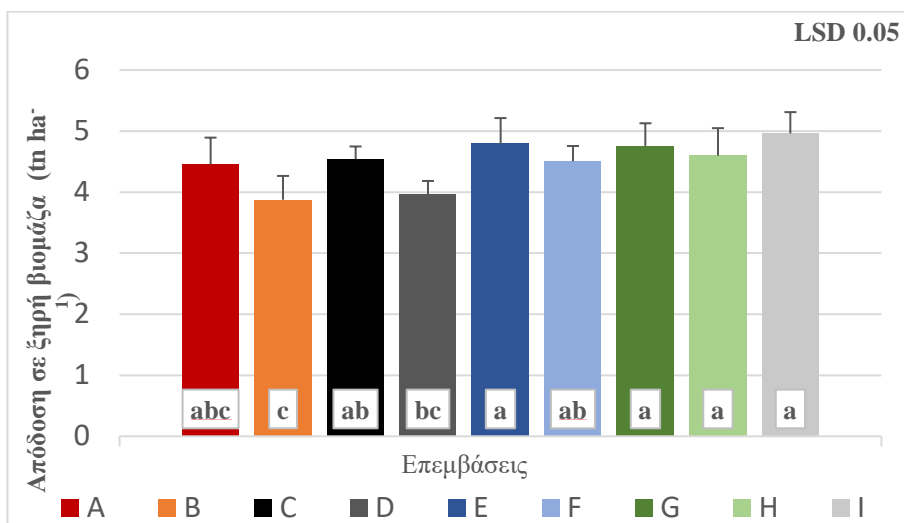
Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	NS	0,544159	0,549719
A - C	NS	-0,187161	0,549719
A - D	NS	0,248851	0,549719
A - E	NS	-0,132179	0,549719
A - F	NS	0,319958	0,549719
A - G	NS	-0,160295	0,549719
A - H	NS	0,235188	0,549719
A - I	*	-0,695778	0,549719
B - C	*	-0,731321	0,549719
B - D	NS	-0,295309	0,549719
B - E	*	-0,676338	0,549719
B - F	NS	-0,224201	0,549719
B - G	*	-0,704454	0,549719
B - H	NS	-0,308972	0,549719
B - I	*	-1,23994	0,549719
C - D	NS	0,436012	0,549719
C - E	NS	0,0549828	0,549719
C - F	NS	0,50712	0,549719
C - G	NS	0,0268667	0,549719
C - H	NS	0,422349	0,549719
C - I	NS	-0,508617	0,549719
D - E	NS	-0,381029	0,549719
D - F	NS	0,0711077	0,549719

D - G	NS	-0,409145	0,549719
D - H	NS	-0,0136631	0,549719
D - I	*	-0,944629	0,549719
E - F	NS	0,452137	0,549719
E - G	NS	-0,0281161	0,549719
E - H	NS	0,367366	0,549719
E - I	*	-0,563599	0,549719
F - G	NS	-0,480253	0,549719
F - H	NS	-0,0847708	0,549719
F - I	*	-1,01574	0,549719
G - H	NS	0,395482	0,549719
G - I	NS	-0,535483	0,549719
H - I	*	-0,930966	0,549719

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων (Πίνακας χ.6) παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam εμφανίστηκε μείωση στην απόδοση σε καρπό του σκληρού σιταριού σε σχέση με τον αφέκαστο μάρτυρα κατά 13 και 24% αντίστοιχα. Στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με την προσθήκη του actirob καταγράφηκε μείωση 9 και 16% αντίστοιχα, σε σχέση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Στη συνέχεια συγκρίνοντας τα τεμάχια του αφέκαστου μάρτυρα με τα τεμάχια της συνιστώμενης και της διπλάσια της συνιστώμενης δόσης του μείγματος pyroxsulam και actirob παρατηρούμε ότι στα ψεκασμένα τεμάχια επήλθε μείωση 11 και 18% αντίστοιχα. Επιπλέον όσον αφορά τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob, εμφάνισαν μειωμένη απόδοση σε καρπό σε σχέση με τον αφέκαστο μάρτυρα κατά 9 και 16% αντίστοιχα. Καταγράφοντας τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε πως τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam στην διπλάσια της συνιστώμενης δόσης εμφάνισαν μειωμένη απόδοση σε καρπό κατά 13% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam στη συνιστώμενη δόση. Το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam και actirob στην διπλάσια της συνιστώμενης δόσης εμφάνισε μειωμένη απόδοση σε καρπό κατά 8% σε σχέση με το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam στην συνιστώμενη δόση. Στη συνέχεια παρατηρώντας τα αποτελέσματα για τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob φαίνεται πως υπήρξε μείωση στην απόδοση σε καρπό κατά 8% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του ίδιου μείγματος. Συγκρίνοντας τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam και actirob παρατηρούμε πως τα πρώτα τεμάχια εμφάνισαν μειωμένη απόδοση κατά 9%. Στην συνέχεια καταγραφής των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε πως τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam εμφάνισαν μειωμένη απόδοση σε καρπό κατά 14% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος pyroxsulam και actirob καθώς και κατά 16% σε σχέση με την συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis και actirob. Επιπλέον τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam εμφάνισαν μειωμένη απόδοση σε καρπό κατά 17% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam και actirob.

4.3.2 Απόδοση σε ξηρή βιομάζα



Γράφημα 4.5 Αναπαρίστανται οι τιμές της απόδοσης του σκληρού σιταριού σε ξηρή βιομάζα (tn/ha^{-1}) για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.11 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές της απόδοσης του σκληρού σιταριού σε ξηρή βιομάζα (tn/ha^{-1}) για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	4,22315	8	0,527894	3,03	0,208578
Επανάληψη	1,4046	3	0,4682	2,69	
Υπόλοιπο	4,17645	24	0,174019		
Σύνολο	9,8042	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Αθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Η μεγαλύτερη απόδοσης σε ξηρή βιομάζα για το σκληρό σιτάρι καταγράφηκε στα τεμάχια του αφέκαστου μάρτυρα. Οι αμέσως μεγαλύτερες αποδόσεις καταγράφηκαν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για όλα τα μείγματα. Μικρότερη απόδοση παρατηρήθηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam. Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας (πίνακας χ.5) δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την απόδοση σε ξηρή βιομάζα.

Πίνακας 4.12 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές της απόδοσης του σκληρού σιταριού σε ξηρή βιομάζα (tn/ha⁻¹) για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	NS	0,5775	0,608797
A - C	NS	-0,085	0,608797
A - D	NS	0,49	0,608797
A - E	NS	-0,34	0,608797
A - F	NS	-0,0525	0,608797
A - G	NS	-0,305	0,608797
A - H	NS	-0,145	0,608797
A - I	NS	-0,5075	0,608797
B - C	*	-0,6625	0,608797
B - D	NS	-0,0875	0,608797
B - E	*	-0,9175	0,608797
B - F	*	-0,63	0,608797
B - G	*	-0,8825	0,608797
B - H	*	-0,7225	0,608797
B - I	*	-1,085	0,608797
C - D	NS	0,575	0,608797
C - E	NS	-0,255	0,608797
C - F	NS	0,0325	0,608797
C - G	NS	-0,22	0,608797
C - H	NS	-0,06	0,608797
C - I	NS	-0,4225	0,608797
D - E	*	-0,83	0,608797
D - F	NS	-0,5425	0,608797
D - G	*	-0,795	0,608797
D - H	*	-0,635	0,608797
D - I	*	-0,9975	0,608797
E - F	NS	0,2875	0,608797
E - G	NS	0,035	0,608797
E - H	NS	0,195	0,608797
E - I	NS	-0,1675	0,608797
F - G	NS	-0,2525	0,608797
F - H	NS	-0,0925	0,608797
F - I	NS	-0,455	0,608797
G - H	NS	0,16	0,608797
G - I	NS	-0,2025	0,608797
H - I	NS	-0,3625	0,608797

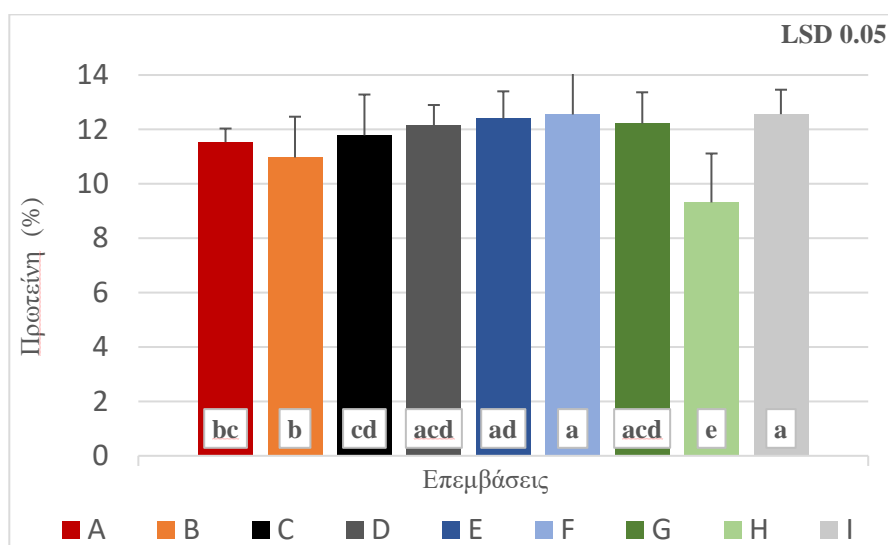
* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων (Πίνακας χ.χ) δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων. Παρόλα αυτά παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση των μειγμάτων mesosulfuron-methyl και rygoxulam καθώς και mesosulfuron-methyl και rygoxulam με actirob καταγράφηκε μείωση στην απόδοση σε ξηρή βιομάζα του σκληρού σιταριού σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα κατά 22 και 20% αντίστοιχα. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα για τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam, εμφανίζεται μειωμένη η απόδοση σε ξηρή βιομάζα κατά 15% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam με actirob. Στην συνέχεια καταγραφής των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε πως τα

τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με rygoxulam εμφάνισαν μειωμένη απόδοση σε ξηρή βιομάζα κατά 19 και 14% αντίστοιχα, σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος rygoxulam και actirob. Επιπλέον όσον αφορά τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με rygoxulam εμφάνισαν μειωμένη απόδοση σε ξηρή βιομάζα κατά 19 και 16% αντίστοιχα, σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα για τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam με actirob, εμφανίζεται μειωμένη η απόδοση σε ξηρή βιομάζα κατά 17 και 12% αντίστοιχα, σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος rygoxulam με actirob. Συνεχίζοντας την καταγραφή των αποτελεσμάτων παρατηρούμε πως στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam με actirob, εμφανίζεται μειωμένη η απόδοση σε ξηρή βιομάζα κατά 16 και 14% αντίστοιχα, σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob.

4.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά σκληρού σιταριού

4.4.1 Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη



Γράφημα 4.6 Αναπαρίστανται τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.13 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	34,6795	8	4,33493	15,79	0,0000
Επανάληψη	0,431408	3	0,143803	0,52	0,6700
Υπόλοιπο	6,58717	24	0,274465		
Σύνολο	41,698	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Άθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας (πίνακας χ.5) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη. Η μεγαλύτερη τιμή όσον αφορά την περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη καταγράφηκε στα τεμάχια του ανέκαστου μάρτυρα με την αμέσως μεγαλύτερη τιμή να εμφανίζεται στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος pyroxsulam με actirob. Η χαμηλότερη τιμή για την περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη καταγράφηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob.

Πίνακας 4.14 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Επεμβάσεις	Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	NS	0,764571
A - C	NS	0,764571
A - D	NS	0,764571
A - E	*	0,764571
A - F	*	0,764571
A - G	NS	0,764571
A - H	*	0,764571
A - I	*	0,764571
B - C	*	0,764571
B - D	*	0,764571
B - E	*	0,764571
B - F	*	0,764571
B - G	*	0,764571
B - H	*	0,764571
B - I	*	0,764571
C - D	NS	0,764571
C - E	NS	0,764571
C - F	*	0,764571
C - G	NS	0,764571
C - H	*	0,764571
C - I	*	0,764571
D - E	NS	0,764571
D - F	NS	0,764571
D - G	NS	0,764571
D - H	*	0,764571
D - I	NS	0,764571

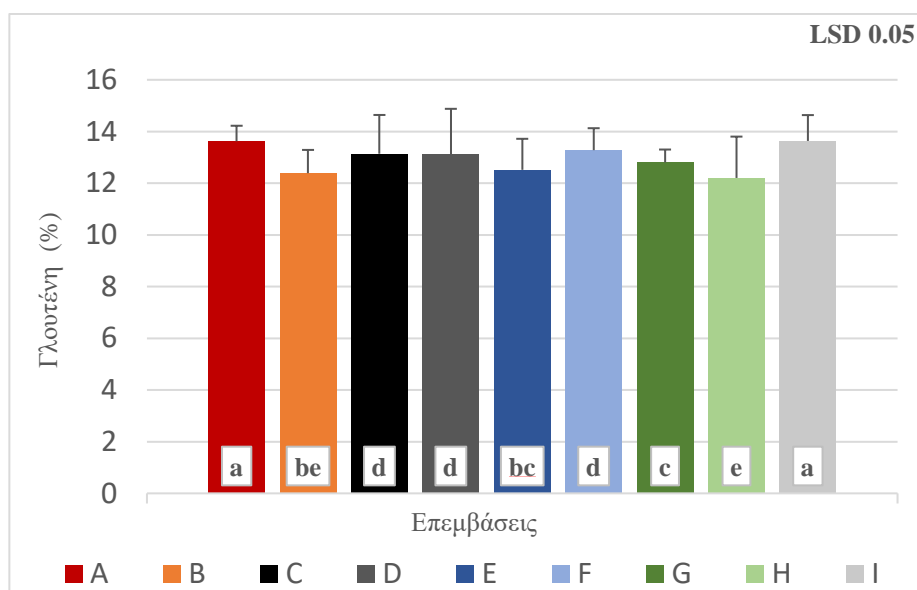
E - F	NS	-0,1475	0,764571
E - G	NS	0,185	0,764571
E - H	*	3,085	0,764571
E - I	NS	-0,16	0,764571
F - G	NS	0,3325	0,764571
F - H	*	3,2325	0,764571
F - I	NS	-0,0125	0,764571
G - H	*	2,9	0,764571
G - I	NS	-0,345	0,764571
H - I	*	-3,245	0,764571

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων όσον αφορά την περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη, (Πίνακας χ.χ) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων. Συγκεκριμένα παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση των μειγμάτων mesosulfuron-methyl και rygoxulam, καταγράφηκε μείωση στην περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη σε σχέση με τον απέκαστο μάρτυρα κατά 8 και 13% αντίστοιχα. Τα τεμάχια του σκληρού σιταριού στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam με actirob εμφάνισαν μειωμένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σε σχέση με τον απέκαστο μάρτυρα κατά 6% αντίστοιχα. Η μεγαλύτερη διαφορά στην περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη εντοπίστηκε μεταξύ των τεμαχίων του απέκαστου μάρτυρα και των τεμαχίων όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob όπου η τιμή του απέκαστου μάρτυρα ήταν μεγαλύτερη κατά 26%.) Στη συνέχεια παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam εμφάνισαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σκληρού σιταριού σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob κατά 19 και 15% αντίστοιχα. Επιπλέον παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam με actirob εμφάνισαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σκληρού σιταριού σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob κατά 21 και 23% αντίστοιχα. Με την καταγραφή των αποτελεσμάτων φάνηκε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος rygoxulam με actirob εμφάνισαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σκληρού σιταριού σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του ίδιου μείγματος με τα τεμάχια της διπλάσιας να παρουσιάζουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κατά 24%. Τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση των μειγμάτων mesosulfuron-methyl και rygoxulam με actirob εμφάνισαν αύξηση στην περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε πρωτεΐνη σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam κατά 7 και 10% αντίστοιχα. Επίσης τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam παρουσίασαν μειωμένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σε

σχέση με την συνιστώμενη και την διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος rygoxsulam με actiob κατά 12 και 14% αντίστοιχα. Παρόμοια αποτελέσματα καταγράφηκαν και στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxsulam σε σχέση με την συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis με actiob με μειωμένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κατά 10%.

4.4.2 Περιεκτικότητα σε γλουτένη



Γράφημα 4.7 Αναπαρίστανται τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε γλουτένη για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.15 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε γλουτένη για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	8,70954	8	1,08869	26,96	0,0000
Επανάληψη	0,249764	3	0,0832546	2,06	0,1320
Υπόλοιπο	0,969261	24	0,0403859		
Σύνολο	9,92856	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Άθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας (πίνακας χ.5) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη. Η μεγαλύτερη τιμή όσον αφορά την περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη καταγράφηκε στα τεμάχια του απέκαστου μάρτυρα καθώς και στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam. Η χαμηλότερη τιμή για την περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη καταγράφηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob.

Πίνακας 4.16 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε γλουτένη για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

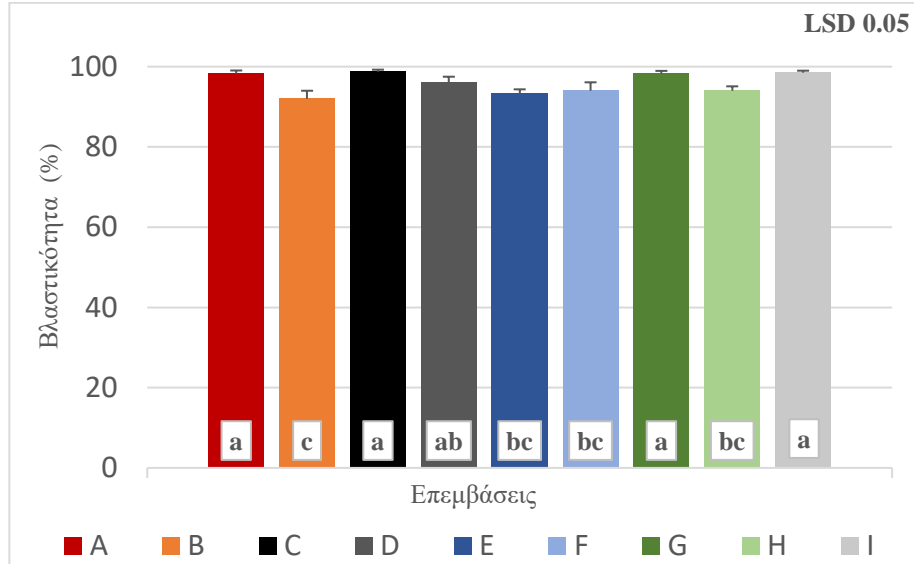
Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	*	1,235	0,293284
A - C	*	0,4825	0,293284
A - D	*	0,495	0,293284
A - E	*	1,105	0,293284
A - F	*	0,345	0,293284
A - G	*	0,82	0,293284
A - H	*	1,42	0,293284
A - I	NS	-0,0125	0,293284
B - C	*	-0,7525	0,293284
B - D	*	-0,74	0,293284
B - E	NS	-0,13	0,293284
B - F	*	-0,89	0,293284
B - G	*	-0,415	0,293284
B - H	NS	0,185	0,293284
B - I	*	-1,2475	0,293284
C - D	NS	0,0125	0,293284
C - E	*	0,6225	0,293284
C - F	NS	-0,1375	0,293284
C - G	*	0,3375	0,293284
C - H	*	0,9375	0,293284
C - I	*	-0,495	0,293284
D - E	*	0,61	0,293284
D - F	NS	-0,15	0,293284
D - G	*	0,325	0,293284
D - H	*	0,925	0,293284
D - I	*	-0,5075	0,293284
E - F	*	-0,76	0,293284
E - G	NS	-0,285	0,293284
E - H	*	0,315	0,293284
E - I	*	-1,1175	0,293284
F - G	*	0,475	0,293284
F - H	*	1,075	0,293284
F - I	*	-0,3575	0,293284
G - H	*	0,6	0,293284
G - I	*	-0,8325	0,293284
H - I	*	-1,4325	0,293284

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων όσον αφορά την περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη, (Πίνακας χ.χ) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των

πειραματικών επεμβάσεων. Παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam εμφανίστηκε μείωση στην περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη σε σχέση με τον αφέκαστο μάρτυρα κατά 1 και 9% αντίστοιχα. Στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με την προσθήκη του actirob καταγράφηκε μείωση της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε γλουτένη κατά 4 και 5% αντίστοιχα, σε σχέση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Στη συνέχεια συγκρίνοντας τα τεμάχια του αφέκαστου μάρτυρα με τα τεμάχια της συνιστώμενης και της διπλάσια της συνιστώμενης δόσης του μείγματος pyroxsulam και actirob παρατηρούμε ότι στα ψεκασμένα τεμάχια επήλθε μείωση της περιεκτικότητας του σκληρού σιταριού σε γλουτένη 8 και 1% αντίστοιχα. Επιπλέον όσον αφορά τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob, εμφάνισαν μειωμένη περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη σε σχέση με τον αφέκαστο μάρτυρα κατά 6 και 11% αντίστοιχα. Στη συνέχεια παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam εμφάνισαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γλουτένη του σκληρού σιταριού σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob κατά 9 και 2% αντίστοιχα. Επιπλέον παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με actirob εμφάνισαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γλουτένη του σκληρού σιταριού σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob κατά 7 και 8% αντίστοιχα. Με την καταγραφή των αποτελεσμάτων φάνηκε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος pyroxsulam με actirob εμφάνισαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γλουτένη του σκληρού σιταριού σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob κατά 3 και 8% αντίστοιχα. Επίσης, διαφορά στην περιεκτικότητα σε γλουτένη του σκληρού σιταριού παρατηρήθηκε μεταξύ των τεμαχίων όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis με actirob σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του ίδιου μείγματος με τα τεμάχια της διπλάσιας να παρουσιάζουν μειωμένη περιεκτικότητα σε γλουτένη κατά 5%. Συνεχίζοντας την καταγραφή των αποτελεσμάτων παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam αυξήθηκε η περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη σε σχέση με στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis με actirob κατά 6%. Όσον αφορά τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam εμφάνισε μειωμένη περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη σε σχέση με στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με actirob κατά 6%. Επιπλέον παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam αυξήθηκε η περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη σε σχέση με στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος pyroxsulam με actirob κατά 8%. Τέλος, αυξημένη περιεκτικότητα του σκληρού σιταριού σε γλουτένη καταγράφηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος pyroxsulam με actirob κατά 6% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του ίδιου μείγματος.

4.4.3 Αξιολόγηση βλαστικότητας



Γράφημα 4.8 Αναπαρίστανται τα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.17 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	221,556	8	27,6944	7,02	0,993031
Επανάληψη	55,3333	3	18,4444	4,68	
Υπόλοιπο	94,6667	24	3,94444		
Σύνολο	371,556	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Άθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μεγαλύτερη τιμή όσον αφορά τα ποσοστά της βλαστικότητας του σκληρού σιταριού καταγράφηκε στα τεμάχια του αφέκαστου μάρτυρα καθώς και στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam.

Τα χαμηλότερα ποσοστά βλαστικότητας του σκληρού σιταριού καταγράφηκαν στην διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam.

Πίνακας 4.18 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού για κάθε επεμβάση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	*	6,25	2,89846
A - C	NS	-0,5	2,89846
A - D	NS	2,25	2,89846
A - E	*	5,0	2,89846
A - F	*	4,25	2,89846
A - G	NS	0	2,89846
A - H	*	4,25	2,89846
A - I	NS	-0,25	2,89846
B - C	*	-6,75	2,89846
B - D	*	-4,0	2,89846
B - E	NS	-1,25	2,89846
B - F	NS	-2,0	2,89846
B - G	*	-6,25	2,89846
B - H	NS	-2,0	2,89846
B - I	*	-6,5	2,89846
C - D	NS	2,75	2,89846
C - E	*	5,5	2,89846
C - F	*	4,75	2,89846
C - G	NS	0,5	2,89846
C - H	*	4,75	2,89846
C - I	NS	0,25	2,89846
D - E	NS	2,75	2,89846
D - F	NS	2,0	2,89846
D - G	NS	-2,25	2,89846
D - H	NS	2,0	2,89846
D - I	NS	-2,5	2,89846
E - F	NS	-0,75	2,89846
E - G	*	-5,0	2,89846
E - H	NS	-0,75	2,89846
E - I	*	-5,25	2,89846
F - G	*	-4,25	2,89846
F - H	NS	0	2,89846
F - I	*	-4,5	2,89846
G - H	*	4,25	2,89846
G - I	NS	-0,25	2,89846
H - I	*	-4,5	2,89846

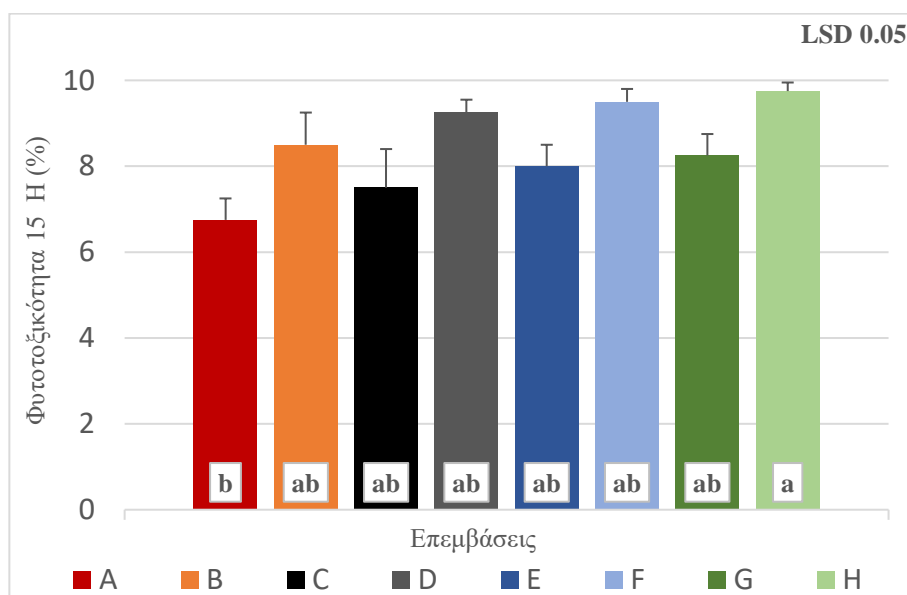
* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων όσον αφορά τα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού, (Πίνακας χ.χ) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων. Παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam εμφανίστηκε μείωση στα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα κατά 7%. Στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με την προσθήκη του actirob

καταγράφηκε μείωση στα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού κατά 2,5% σε σχέση με τον απέκαστο μάρτυρα. Στη συνέχεια συγκρίνοντας τα τεμάχια του απέκαστου μάρτυρα με τα τεμάχια της συνιστώμενης και της διπλάσιας της συνιστώμενης δόσης του μείγματος rygoxulam και actirob παρατηρούμε ότι στα ψεκασμένα τεμάχια επήλθε μείωση στα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού κατά 6 και 4,5% αντίστοιχα. Επιπλέον όσον αφορά τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob, εμφάνισαν μειωμένα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού σε σχέση με τον απέκαστο μάρτυρα κατά 4,5%. Στη συνέχεια καταγραφής των αποτελεσμάτων παρατηρούμε πως τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam εμφανίστηκε μείωση στα ποσοστά της βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam κατά 6,5%. Τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam με actirob έδειξαν αυξημένο ποσοστό βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού κατά 7% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam. Επιπλέον τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis και actirob έδειξαν αυξημένο ποσοστό βλαστικότητας των καρπών του σκληρού σιταριού κατά 6% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam.

4.5 Οπτικές παρατηρήσεις

4.5.1 Φυτοτοξικότητα στις 15 ημέρες από την εφαρμογή



Γράφημα 4.9 Αναπαρίστανται τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.19 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	ΑΤ	ΒΕ	ΜΤ	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	283,0	8	35,375	9,42	0,0000***
Επανάληψη	21,8889	3	7,2963	1,94	0,1496
Υπόλοιπο	90,1111	24	3,75463		
Σύνολο	395,0	35			

*BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Άθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 05, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 01, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 001, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value >= 0, 05*

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μεγαλύτερη φυτοτοξικότητα στις 15 ημέρες μετά την επέμβαση, στα φυτά του σκληρού σιταριού εντοπίστηκε στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob με την αμέσως μεγαλύτερη να εντοπίζεται στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος pyroxulam με actirob. Η χαμηλότερη φυτοτοξικότητα στα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την επέμβαση, καταγράφηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxulam.

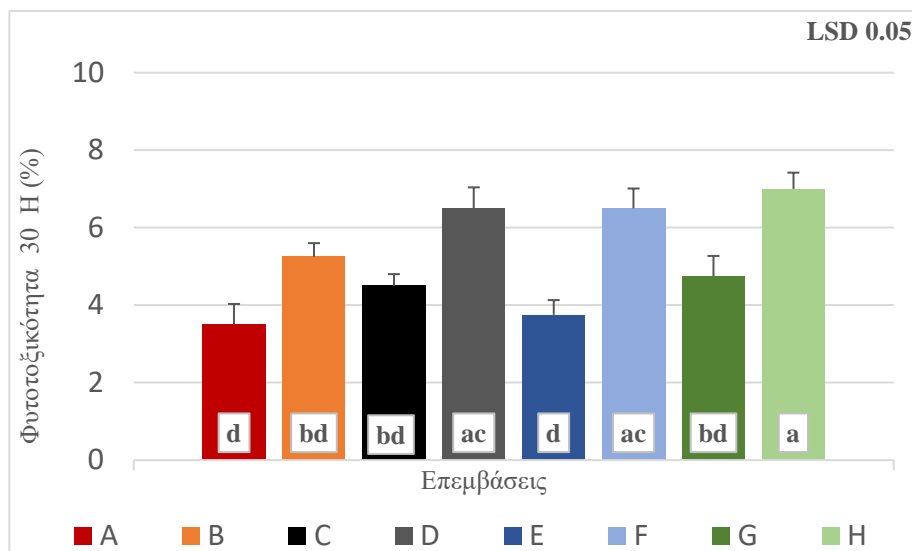
Πίνακας 4.20 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$)

Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	NS	-1,75	2,82786
A - C	NS	-0,75	2,82786
A - D	NS	-2,5	2,82786
A - E	NS	-1,25	2,82786
A - F	NS	-2,75	2,82786
A - G	NS	-1,5	2,82786
A - H	*	-3,0	2,82786
A - I	*	6,75	2,82786
B - C	NS	1,0	2,82786
B - D	NS	-0,75	2,82786
B - E	NS	0,5	2,82786
B - F	NS	-1,0	2,82786
B - G	NS	0,25	2,82786
B - H	NS	-1,25	2,82786
B - I	*	8,5	2,82786
C - D	NS	-1,75	2,82786
C - E	NS	-0,5	2,82786
C - F	NS	-2,0	2,82786
C - G	NS	-0,75	2,82786
C - H	NS	-2,25	2,82786
C - I	*	7,5	2,82786
D - E	NS	1,25	2,82786
D - F	NS	-0,25	2,82786
D - G	NS	1,0	2,82786
D - H	NS	-0,5	2,82786
D - I	*	9,25	2,82786
E - F	NS	-1,5	2,82786
E - G	NS	-0,25	2,82786
E - H	NS	-1,75	2,82786
E - I	*	8,0	2,82786
F - G	NS	1,25	2,82786
F - H	NS	-0,25	2,82786
F - I	*	9,5	2,82786
G - H	NS	-1,5	2,82786
G - I	*	8,25	2,82786
H - I	*	9,75	2,82786

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων όσον αφορά τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού, (Πίνακας χ.χ) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων. Παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και rygoxulam παρουσιάστηκε μειωμένη φυτοτοξικότητα στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή στα φυτά του σκληρού σιταριού, κατά 30% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob.

4.5.2 Φυτοτοξικότητα στις 15 ημέρες από την εφαρμογή



Γράφημα 4.10 Αναπαρίστανται τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.21 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	146.056	8	18.2569	19,38	0,0000***
Επανάληψη	9.63889	3	3.21296	3.41	0,0337
Υπόλοιπο	22.6111	24	0.94213		
Σύνολο	178.306	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Αθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μεγαλύτερη φυτοτοξικότητα στις 30 ημέρες μετά την επέμβαση, στα φυτά του σκληρού σιταριού εντοπίστηκε στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob με την αμέσως μεγαλύτερη να εντοπίζεται στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος pyroxsulam με actirob. Η χαμηλότερη φυτοτοξικότητα στα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την επέμβαση, καταγράφηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam.

Πίνακας 4.22 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$)

Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	*	-1,75	1,41654
A - C	NS	-1,0	1,41654
A - D	*	-3,0	1,41654
A - E	NS	-0,25	1,41654
A - F	*	-3,0	1,41654
A - G	NS	-1,25	1,41654
A - H	*	-3,5	1,41654
A - I	*	3,5	1,41654
B - C	NS	0,75	1,41654
B - D	NS	-1,25	1,41654
B - E	*	1,5	1,41654
B - F	NS	-1,25	1,41654
B - G	NS	0,5	1,41654
B - H	*	-1,75	1,41654
B - I	*	5,25	1,41654
C - D	*	-2,0	1,41654
C - E	NS	0,75	1,41654
C - F	*	-2,0	1,41654
C - G	NS	-0,25	1,41654
C - H	*	-2,5	1,41654
C - I	*	4,5	1,41654
D - E	*	2,75	1,41654
D - F	NS	0	1,41654
D - G	*	1,75	1,41654
D - H	NS	-0,5	1,41654
D - I	*	6,5	1,41654
E - F	*	-2,75	1,41654
E - G	NS	-1,0	1,41654
E - H	*	-3,25	1,41654
E - I	*	3,75	1,41654
F - G	*	1,75	1,41654
F - H	NS	-0,5	1,41654
F - I	*	6,5	1,41654
G - H	*	-2,25	1,41654
G - I	*	4,75	1,41654
H - I	*	7,0	1,41654

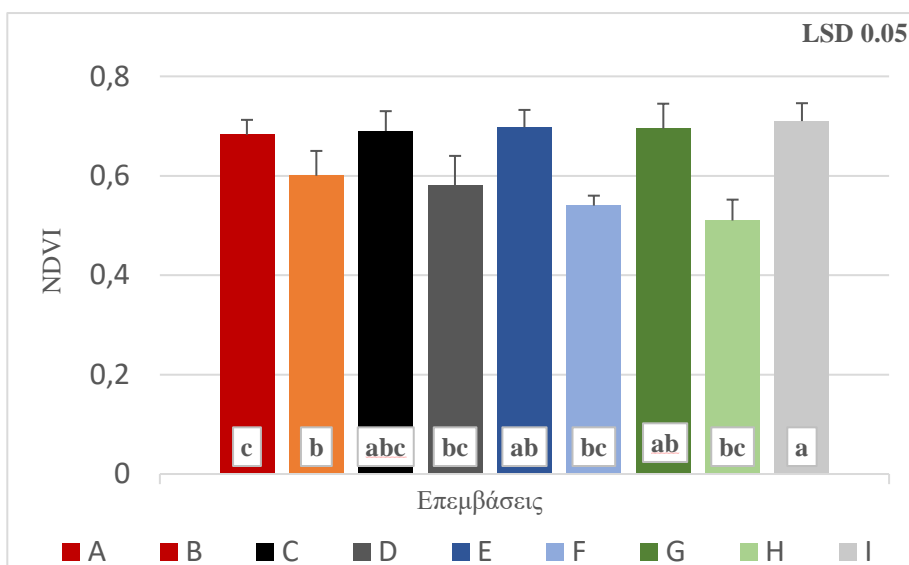
* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων όσον αφορά τα ποσοστά της φυτοτοξικότητας των φυτών του σκληρού σιταριού στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, (Πίνακας χ.χ) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων. Παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam παρουσιάστηκε μειωμένη φυτοτοξικότητα στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή στα φυτά του σκληρού σιταριού, κατά 50 και 25% αντίστοιχα σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob. Στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με την προσθήκη του actirob καταγράφηκε μείωση της φυτοτοξικότητας στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, των φυτών του σκληρού σιταριού κατά 36% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της

συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob. Στη συνέχεια, στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis και actirob παρατηρήθηκε αυξημένη φυτοτοξικότητα στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, των φυτών του σκληρού σιταριού κατά 46 και 7% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος pyroxsulam και actirob. Επιπλέον όσον αφορά τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis και actirob, καταγράφηκε μείωση της φυτοτοξικότητας στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, των φυτών του σκληρού σιταριού κατά 36% σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του ίδιου μείγματος. Σημαντική διαφορά στο ποσοστό της φυτοτοξικότητας στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, των φυτών του σκληρού σιταριού, παρατηρήθηκε μεταξύ των τεμαχίων όπου εφαρμόστηκε συνιστώμενη δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια δόση της συνιστώμενης του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με actirob καθώς και σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια δόση της συνιστώμενης του μείγματος pyroxsulam και actirob. Η διαφορά και στις δύο περιπτώσεις ήταν 46%.

4.6 Δείκτης NDVI

4.6.1 Δείκτης NDVI στις 15 ημέρες από την εφαρμογή



Γράφημα 4.11 Αναπαρίστανται οι τιμές του δείκτη NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.23 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του δείκτη NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

III	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	0,00475	8	0,00059375	2,15	0,0704
Επανάληψη	0,00109722	3	0,000365741	1,32	0,2896
Υπόλοιπο	0,00662778	24	0.000276157		
Σύνολο	0,012475	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Αθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 05, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 01, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value < 0, 001, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με P-value >= 0, 05

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μεγαλύτερη τιμή NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες παρατηρήθηκε στα τεμάχια του ασφέκαστου μάρτυρα με την αμέσως μεγαλύτερη τιμή να εμφανίζεται στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis με actirob. Γενικά οι μεγαλύτερες τιμές NDVI στις 15 ημέρες καταγράφηκαν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για όλα τα μείγματα. Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες δόσεις από τη συνιστώμενη σε όλα τα μείγματα με την χαμηλότερη τιμή να εμφανίζεται στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια δόση από τη συνιστώμενη του μείγματος atlantis με actirob.

Πίνακας 4.24 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του δείκτη NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού 15 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$)

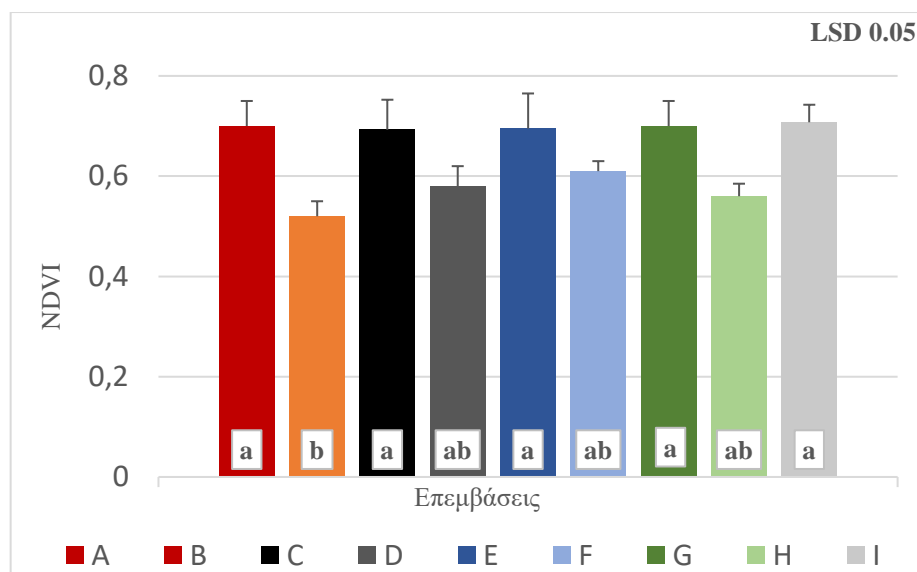
Επεμβάσεις	Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	NS	0,0242523
A - C	NS	0,0242523
A - D	NS	0,0242523
A - E	NS	0,0242523
A - F	NS	0,0242523
A - G	NS	0,0242523
A - H	NS	0,0242523
A - I	*	0,0242523
B - C	NS	0,0242523
B - D	NS	0,0242523
B - E	*	0,0242523
B - F	NS	0,0242523
B - G	*	0,0242523
B - H	NS	0,0242523
B - I	*	0,0242523
C - D	NS	0,0242523
C - E	NS	0,0242523
C - F	NS	0,0242523
C - G	NS	0,0242523
C - H	NS	0,0242523
C - I	NS	0,0242523
D - E	NS	0,0242523
D - F	NS	0,0242523
D - G	NS	0,0242523
D - H	NS	0,0242523
D - I	*	0,0242523
E - F	NS	0,0242523
E - G	NS	0,0242523
E - H	NS	0,0242523

E - I	NS	-0,0125	0,0242523
F - G	NS	-0,01	0,0242523
F - H	NS	0,0025	0,0242523
F - I	*	-0,025	0,0242523
G - H	NS	0,0125	0,0242523
G - I	NS	-0,015	0,0242523
H - I	*	-0,0275	0,0242523

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων όσον αφορά τις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή, (Πίνακας χ.χ) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων. Παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες της συνιστώμενης δόσεις των μειγμάτων mesosulfuron-methyl με pyroxsulam καθώς και mesosulfuron-methyl με pyroxsulam μαζί με actirob, οι τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή μειώθηκαν κατά 16 και 18% αντίστοιχα σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα. Στη συνέχεια καταγραφής των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε πως τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες της συνιστώμενης δόσεις των μειγμάτων pyroxsulam με actirob καθώς και atlantis με actirob παρατηρήθηκε μείωση στις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή, σε σχέση με τον ανέκαστο μάρτυρα κατά 24 και 28% αντίστοιχα. Παρατηρώντας τις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή, τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam στη συνιστώμενη δόση παρουσίασε μεγαλύτερη τιμή NDVI κατά 25% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob. Επιπλέον καταγράφοντας τις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή, στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για τα μείγματα mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με actirob καθώς και pyroxsulam με actirob, παρατηρήθηκε μείωση των τιμών NDVI κατά 26% και στις δύο περιπτώσεις. Όσον αφορά τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob παρατηρήθηκε διαφορά στις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή, κατά 26% με την χαμηλότερη τιμή να εμφανίζεται στην διπλάσια δόση της συνιστώμενης. Παρατηρώντας τις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή, στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam φαίνεται πως οι τιμές NDVI στη διπλάσια δόση της συνιστώμενης ήταν χαμηλότερες κατά 12%.

4.6.2 Δείκτης NDVI στις 30 ημέρες από την εφαρμογή



Γράφημα 4.12 Αναπαρίστανται οι τιμές του δείκτη NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Πίνακας 4.25 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του δείκτη NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	0,00200556	8	0,000250694	1,14	0,3715
Επανάληψη	0,000188889	3	0,000062963	0,29	0,8341
Υπόλοιπο	0,00526111	24	0,000219213		
Σύνολο	0,00745556	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Αθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μεγαλύτερη τιμή NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 30 ημέρες παρατηρήθηκε στα τεμάχια του ασέκαστου μάρτυρα με την αμέσως μεγαλύτερη τιμή να εμφανίζεται στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση του μείγματος atlantis με actiob. Γενικά οι μεγαλύτερες τιμές NDVI στις 30 ημέρες καταγράφηκαν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για όλα τα μείγματα. Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν στα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες δόσεις από τη συνιστώμενη σε όλα τα μείγματα με την χαμηλότερη τιμή να εμφανίζεται στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια δόση από τη συνιστώμενη του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam.

Πίνακας 4.26 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του δείκτη NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού 30 ημέρες μετά από την εφαρμογή για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$)

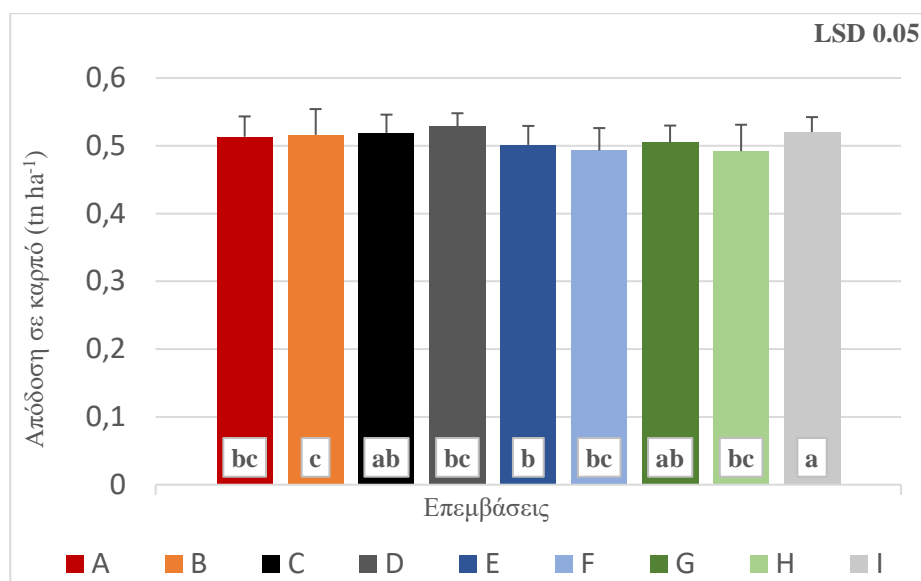
Επεμβάσεις		Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	NS	0,015	0,0216076
A - C	NS	0,0075	0,0216076
A - D	NS	0,015	0,0216076
A - E	NS	0,005	0,0216076
A - F	NS	-0,005	0,0216076
A - G	NS	0	0,0216076
A - H	NS	0,005	0,0216076
A - I	NS	-0,0075	0,0216076
B - C	NS	-0,0075	0,0216076
B - D	NS	0	0,0216076
B - E	NS	-0,01	0,0216076
B - F	NS	-0,02	0,0216076
B - G	NS	-0,015	0,0216076
B - H	NS	-0,01	0,0216076
B - I	*	-0,0225	0,0216076
C - D	NS	0,0075	0,0216076
C - E	NS	-0,0025	0,0216076
C - F	NS	-0,0125	0,0216076
C - G	NS	-0,0075	0,0216076
C - H	NS	-0,0025	0,0216076
C - I	NS	-0,015	0,0216076
D - E	NS	-0,01	0,0216076
D - F	NS	-0,02	0,0216076
D - G	NS	-0,015	0,0216076
D - H	NS	-0,01	0,0216076
D - I	*	-0,0225	0,0216076
E - F	NS	-0,01	0,0216076
E - G	NS	-0,005	0,0216076
E - H	NS	0	0,0216076
E - I	NS	-0,0125	0,0216076
F - G	NS	0,005	0,0216076
F - H	NS	0,01	0,0216076
F - I	NS	-0,0025	0,0216076
G - H	NS	0,005	0,0216076
G - I	NS	-0,0075	0,0216076
H - I	NS	-0,0125	0,0216076

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων όσον αφορά τις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, (Πίνακας 4.26) προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων. Παρατηρούμε πως στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες της συνιστώμενης δόσεις των μειγμάτων mesosulfuron-methyl με pyroxsulam καθώς και mesosulfuron-methyl με pyroxsulam μαζί με actirob, οι τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή μειώθηκαν κατά 26 και 17% αντίστοιχα σε σχέση με τον απέκαστο μάρτυρα. Στη συνέχεια καταγραφής των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε πως τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες της συνιστώμενης δόσεις των μειγμάτων pyroxsulam με actirob καθώς και atlantis με actirob παρατηρήθηκε μείωση στις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή, σε σχέση με τον απέκαστο μάρτυρα κατά 13 και 20% αντίστοιχα.

Παρατηρώντας τις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl με pyroxsulam στη συνιστώμενη δόση παρουσίασε μεγαλύτερη τιμή NDVI κατά 20% σε σχέση με τα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob. Επιπλέον καταγράφοντας τις τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl με pyroxsulam σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκαν τα μείγματα mesosulfuron-methyl και pyroxsulam καθώς και mesosulfuron-methyl και pyroxsulam με actirob, παρατηρήθηκε μείωση των τιμών NDVI κατά 26 και 25% αντίστοιχα. Στην συνέχεια καταγραφής των αποτελεσμάτων παρατηρούμε πως τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η συνιστώμενη δόση για τα μείγματα pyroxsulam μαζί με actirob καθώς και atlantis με actirob εμφάνισαν αυξημένες τιμές NDVI για τα φυτά του σκληρού σιταριού στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, σε σχέση με τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl και pyroxsulam κατά 25 και 26% αντίστοιχα.

4.7 Δείκτης Συγκομιδής (Harvest Index)



Γράφημα 4.13 Αναπαρίστανται οι τιμές του δείκτη συγκομιδής (Harvest index) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Οι ετικέτες που φέρουν διαφορετικά γράμματα υποδεικνύουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Από την ανάλυση της παραλλακτικότητας προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η μεγαλύτερη τιμή του δείκτη συγκομιδής (Harvest index) για το σκληρό σιτάρι εμφάνισαν τα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του

μείγματος rygoxsulam με actirob ενώ η αμέσως μεγαλύτερη τιμή εμφάνισε ο αφέκαστος μάρτυρας. Η χαμηλότερη τιμή του δείκτη συγκομιδής (Harvest index) για το σκληρό σιτάρι καταγράφηκε στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκε η διπλάσια της συνιστώμενης δόση του μείγματος atlantis με actirob.

Πίνακας 4.27 Ανάλυση της Παραλλακτικότητας (ANOVA). Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του δείκτη συγκομιδής (Harvest index) για το σκληρό σιτάρι για κάθε επέμβαση. Οι υπολογισμοί έγιναν μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

ΠΠ	AT	BE	MT	F-Ratio	P-Value
Επέμβαση	0,00522529	8	0,000653162	1,02	0,4508
Επανάληψη	0,00613283	3	0,00204428	3,18	0,0423*
Υπόλοιπο	0,0154347	24	0,000643112		
Σύνολο	0,0267928	35			

BE = Βαθμοί Ελευθερίας, AT = Αθροισμα Τετραγώνων, MT = Μέσα Τετράγωνα, * = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 05$, ** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 01$, *** = στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} < 0, 001$, NS = μη στατιστικά σημαντικές διαφορές με $P\text{-value} \geq 0, 05$

Πίνακας 4.28 Πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων. Τα δεδομένα αφορούν τις τιμές του δείκτη συγκομιδής (Harvest index) για κάθε επέμβαση. Η μέτρηση έγινε μετά τη συγκομιδή του σκληρού σιταριού η οποία έγινε 200 ημέρες μετά τη σπορά ($\alpha=0,05$).

Επεμβάσεις	Διαφορά	ΕΣΔ
A - B	NS	2,75
A - C	NS	-1,0
A - D	NS	-3,25
A - E	NS	-1,75
A - F	NS	1,75
A - G	NS	-3,25
A - H	NS	-0,25
A - I	NS	-1,75
B - C	NS	-3,75
B - D	NS	-6,0
B - E	NS	-4,5
B - F	NS	-1,0
B - G	NS	-6,0
B - H	NS	-3,0
B - I	NS	-4,5
C - D	NS	-2,25
C - E	NS	-0,75
C - F	NS	2,75
C - G	NS	-2,25
C - H	NS	0,75
C - I	NS	-0,75
D - E	NS	1,5
D - F	NS	5,0
D - G	NS	0
D - H	NS	3,0
D - I	NS	1,5
E - F	NS	3,5
E - G	NS	-1,5
E - H	NS	1,5
E - I	NS	0
F - G	NS	-5,0
F - H	NS	-2,0
F - I	NS	-3,5
G - H	NS	3,0
G - I	NS	1,5

* = στατιστικά σημαντική διαφορά, NS = μη στατιστικά σημαντική διαφορά, ΕΣΔ = Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά του Fischer

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν από τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μέσων των επεμβάσεων όσον αφορά τις τιμές του δείκτη συγκομιδής (Harvest index), (Πίνακας χ.χ) δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των πειραματικών επεμβάσεων.



Εικόνα 3.4 Όψη του πειραματικού αγρού πριν την συγκομιδή.

5. Συζήτηση

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης αποκάλυψαν ότι οι υψηλότερες αποδόσεις σε καρπό και σε ξηρή βιομάζα για το σκληρό σιτάρι, επιτεύχθηκαν στα τεμάχια εκείνα όπου εφαρμόστηκαν οι συνιστώμενες δόσεις των μειγμάτων ενώ στα τεμάχια εκείνα όπου εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες δόσεις, οι αποδόσεις ήταν εμφανώς μειωμένες. Οι μειωμένες αποδόσεις στην καλλιέργεια του σιταριού είναι πιθανό να οφείλονται στην εφαρμογή υψηλότερων δόσεων από την συνιστώμενη (Derksen et al., 1989; Tottman 1978). Επιπλέον, η απόδοση της καλλιέργειας χρησιμοποιείται συνήθως για την αξιολόγηση της ευαισθησίας της ποικιλίας στα ζιζανιοκτόνα (Lemerle et al., 1985). Συγκρίνοντας τις επεμβάσεις όπου εφαρμόστηκε το mesosulfuron-methyl, διαπιστώθηκε πως στις επεμβάσεις εκείνες όπου προσθέσαμε το ενισχυτικό λάδι actirob b, οι αποδόσεις ήταν υψηλότερες. Αυτά τα αποτελέσματα είναι συναφή με τις παρατηρήσεις των Hayes et al. (2002), Bailey and Wilson (2003), and Bailey et al. (2004) οι οποίοι κατέληξαν πως η εφαρμογή του mesosulfuron-methyl με την προσθήκη ενός ενισχυτικού, προκάλεσαν φυτοτοξικότητα στην καλλιέργεια του σιταριού αλλά στις 2 εβδομάδες μετά την εφαρμογή η καλλιέργεια άρχισε να ανακάμπτει. Τα ζιζανιοκτόνα που εφαρμόστηκαν στην παρούσα μελέτη είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση φυτοτοξικότητας στην καλλιέργεια σε όλες τις επεμβάσεις, αλλά στις συνιστώμενες δόσεις των μειγμάτων η καλλιέργεια έδειξε να ανακάμπτει στις 15 έως 30 ημέρες μετά την εφαρμογή. Επίσης, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με τα αναμενόμενα επίπεδα φυτοτοξικότητας των ζιζανιοκτόνων στις καλλιέργειες σιτηρών, ώστε να παρέχεται επαρκή ασφάλεια στα φυτά της καλλιέργειας για την διαχείριση των ζιζανίων (McNaughton et al. 2014; Robinson et al. 2013; Soltani et al. 2006). Σε παρόμοια πειράματα που διεξήχθησαν στο Πακιστάν σε καλλιέργεια μαλακού σιταριού βρέθηκε πως ορισμένα από τα ζιζανιοκτόνα που εφαρμόστηκαν προκάλεσαν φυτοτοξικότητα στα φυτά της καλλιέργειας με αποτέλεσμα την μειωμένη απόδοση σε καρπό και σε ξηρή βιομάζα (Shehzad et al., 2012). Ωστόσο, οι Bailey and Wilson (2003), Crooks et al. (2004), and Chhokar et al. (2008) ανέφεραν πως οι αρχικές οπτικές εκτιμήσεις της φυτοτοξικότητας, δεν μπορούσαν να αντικατοπτρίσουν με συνέπεια τις επερχόμενες μειώσεις στην απόδοση. Στην παρούσα μελέτη η μεγαλύτερη τιμή στην απόδοση καταγράφηκε στα τεμάχια του απέκαστου μάρτυρα διότι το φορτίο των ζιζανίων στον συγκεκριμένο αγρό ήταν μειωμένο (weed free).

Ένα από τα ζιζανιοκτόνα που εξετάστηκαν στην παρούσα μελέτη είναι το mesosulfuron-methyl το οποίο εφαρμόζεται στην καλλιέργεια σιταριού διότι μπορεί να ελέγξει μεγάλο εύρος από αγρωστώδη καθώς και κάποια πλατύφυλλα ζιζάνια (Lorenz et al., 2005). Σε πειράματα που διεξήχθησαν από τους (Kong et al., 2009) με σκοπό την αξιολόγηση της ανοχής της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού σε μεταφυτρωτική εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl, διαπιστώθηκε φυτοτοξικότητα στα φυτά της καλλιέργειας με συμπτώματα χλώρωσης και παραμόρφωσης των φύλλων καθώς και διακοπή της φυσιολογικής ανάπτυξης. Τα υψηλότερα ποσοστά φυτοτοξικότητας στην καλλιέργεια εμφανίστηκαν στις 14 ημέρες από την εφαρμογή ενώ στη συνέχεια η καλλιέργεια κατάφερε να ανακάμψει. Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε υψηλό ποσοστό φυτοτοξικότητας στην καλλιέργεια του σκληρού σιταριού όταν εφαρμόστηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-methyl - sodium με την προσθήκη του αντιφυτοτοξικού παράγοντα mefenpyr -diethyl στην διπλάσια δόση της συνιστώμενης, αλλά στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή η καλλιέργεια άρχισε να ανακάμπτει. Σε παρόμοια έρευνα των Singh and Punia (2007) στην καλλιέργεια του κριθαριού, χρησιμοποιήθηκε το μείγμα mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-methyl χωρίς την προσθήκη του αντιφυτοτοξικού παράγοντα mefenpyr -diethyl με αποτέλεσμα την καταγραφή αρκετά υψηλού ποσοστού φυτοτοξικότητας (36%). Καθώς η ανεκτικότητα της καλλιέργειας είναι

πιθανό να διαφέρει ανάλογα με τον χρόνο εφαρμογής του ζιζανιοκτόνου, που συσχετίζεται με το στάδιο ανάπτυξης του σιταριού (Terry and Wilson, 1964; Crooks et al., 2004; Ball and Peterson, 2007), η επιλογή του κατάλληλου χρόνου εφαρμογής είναι καθοριστική για την ασφαλή χρήση του mesosulfuron-methyl χωρίς την χρήση κάποιου αντιφυτοξικού παράγοντα.

Το ζιζανιοκτόνο pyroxsulam στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε μεταφυτρωτικά με την προσθήκη αντιφυτοτοξικού παράγοντα (cloquintocet mexyl), καθώς και σε μείγμα με το mesosulfuron-methyl, όπου για κάθε επέμβαση δοκιμάστηκαν η συνιστώμενη και η διπλάσια της συνιστώμενης δόσεις ώστε να καταγραφεί και να αξιολογηθεί η εκλεκτικότητα και η φυτοτοξικότητα ως προς την καλλιέργεια του σκληρού σιταριού. Το pyroxsulam χρησιμοποιείται στην καλλιέργεια του σιταριού για την αντιμετώπιση διάφορων αγρωστωδών ζιζανίων (Geier et al. 2011). Οι Ardium et al. (2012), όταν αξιολόγησαν τον έλεγχο των ζιζανίων σε δυο ποικιλίες σιταριού, με την εφαρμογή διαφορετικών ζιζανιοκτόνων σε διαφορετικές δόσεις, παρατήρησαν πως το pyroxsulam παρουσίασε ποσοστό αποτελεσματικότητας μεγαλύτερο από 80%. Στα τεμάχια εκείνα όπου εφαρμόστηκε το συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο καταγράφηκαν ποσοστά φυτοτοξικότητας 3,8% στην συνιστώμενη δόση και 6,2% στην διπλάσια της συνιστώμενης, στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή, αποτελέσματα που είναι συναφή με τα ευρήματα των Galon et al. (2015), οι οποίοι σε καλλιέργεια σιταριού που εφαρμόστηκε το pyroxsulam, κατέγραψαν χαμηλό δείκτη φυτοτοξικότητας (4,4%) καθώς τα συμπτώματα στα φυτά εξαφανίστηκαν εντελώς 42 ημέρες μετά την εφαρμογή. Σε παρόμοια έρευνα στην καλλιέργεια μαλακού σιταριού καταγράφηκαν χαμηλοί δείκτες φυτοτοξικότητας μετά την εφαρμογή του pyroxsulam, προκαλώντας τραυματισμούς στα φυτά οι οποίοι ξεπεράστηκαν έπειτα από 8 εβδομάδες (Elattar et al., 2018). Αντίθετα σε πειράματα στην καλλιέργεια μαλακού σιταριού στην Βραζιλία όπου εφαρμόστηκε το pyroxsulam μεταφυτρωτικά με την προσθήκη αντιφυτοτοξικού παράγοντα (cloquintocet mexyl), δεν εμφανίστηκαν συμπτώματα φυτοτοξικότητας στα φυτά της καλλιέργειας (Zobiolo et al., 2018).

Όσον αφορά τα αποτελέσματα που καταγράψαμε για τον δείκτη NDVI στα φυτά του σκληρού σιταριού, φάνηκε πως στις επεμβάσεις με την συνιστώμενη δόση των ζιζανιοκτόνων οι τιμές του δείκτη στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή κυμάνθηκαν σε υψηλά επίπεδα (0,69-0,70), στοιχείο το οποίο μας δείχνει πως η καλλιέργεια ξεπέρασε το στρες από την εφαρμογή καθώς παρατηρήθηκε ικανοποιητικό ποσοστό ευρωστίας για τα φυτά της καλλιέργειας. Παρόμοιες τιμές του δείκτη NDVI έχουν καταγραφεί σε αντίστοιχα πειράματα σε καλλιέργειες σκληρού και μαλακού σιταριού με την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl οι οποίες αναδεικνύουν την ανάκαμψη της καλλιέργειας μετά την εφαρμογή καθώς η απόδοση κυμάνθηκε σε φυσιολογικά πλαίσια (Kong et al. 2009). Επίσης σε πειράματα που διεξήχθησαν από τους Kurt et al. (2004) σε καλλιέργεια σόγιας, με την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων Lactofen και Imazethapyr, οι τιμές του δείκτη NDVI είχαν ένα εύρος τιμών από 0,69 έως 0,71 όπου και σε αυτήν την περίπτωση η απόδοση της καλλιέργειας δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την εφαρμογή.

6. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μας οδήγησαν στα εξής συμπεράσματα τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω. Στα τεμάχια εκείνα όπου εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες της συνιστώμενης δόσεις, καταγράφηκε μειωμένη απόδοση σε καρπό και σε ξηρή βιομάζα για όλες τις επεμβάσεις. Την μεγαλύτερη τιμή στην απόδοση εμφάνισε ο ανέκαστος μάρτυρας διότι το φορτίο των ζιζανίων στον συγκεκριμένο αγρό ήταν μειωμένο (weed free). Στην συνέχεια, όσον αφορά την φυτοτοξικότητα στα φυτά της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού, καταγράφηκαν υψηλά ποσοστά στις 15 ημέρες μετά την εφαρμογή και εμφανώς μειωμένα ποσοστά στις 30 ημέρες, όπου φάνηκε η ανάκαμψη της καλλιέργειας. Τα μεγαλύτερα ποσοστά φυτοτοξικότητας στα φυτά του σκληρού σιταριού καταγράφηκαν στις διπλάσιες δόσεις όλων των επεμβάσεων. Αντιστρόφως ανάλογες ήταν οι τιμές του δείκτη NDVI όπου οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκαν στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν οι συνιστώμενες δόσεις των μειγμάτων. Γενικά αυξημένη εκλεκτικότητα, αποτελεσματικότητα, και συνεπώς μεγαλύτερες αποδόσεις παρατηρήθηκαν στις επεμβάσεις με τις συνιστώμενες δόσεις.

Στα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν οι διπλάσιες δόσεις για όλα τα μείγματα παρατηρήθηκε μείωση στα ποσοστά της γλουτένης κατά 10%. Πιο συγκεκριμένα, στην επέμβαση Atlantis + Actirob B στην διπλάσια της συνιστώμενης δόση παρατηρήθηκε μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό από ότι στην διπλάσια της συνιστώμενης δόση για το μείγμα mesosulfuron-methyl + pyroxsulam. Καταγράφοντας τα αποτελέσματα στις διπλάσιες δόσεις των μειγμάτων pyroxsulam + Actirob B και Atlantis + Actirob B βρέθηκε αυξημένη απόδοση σε βιομάζα κατά 16% σε σχέση με την διπλάσια δόση του μείγματος mesosulfuron-methyl + pyroxsulam. Συνεπώς διαπιστώνουμε πως η προσθήκη του ενισχυτικού λαδιού Actirob B έχει βελτιωτικό ρόλο όσον αφορά τις αποδόσεις καρπού και ξηρής βιομάζας για την καλλιέργεια του σκληρού σιταριού. Τέλος το χαμηλότερο ποσοστό για την περιεκτικότητα πρωτεΐνης παρατηρήθηκε στην διπλάσια δόση του μείγματος Atlantis + Actirob B.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

7.1 Ελληνική

Δαλιάνης Κ., 1983. «Χειμερινά Σιτηρά», σσ 24-26, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

Ζιώγας, Β. Ν., Α. Ν. Μαρκόγλου., 2007. Γεωργική Φαρμακολογία. Βιοχημεία, Μηχανισμοί Δράσης και Χρήσεις των Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων.

Κορπέτης, Ε., Ηρακλή, Μ. και Κλεισιάρης, Φ. Αρχαία σιτάρια: Προέλευση, Χημική Σύσταση, Προοπτικές. Γεωπονικά 457: 2-20.

Μετζάκης Δ., 1998. «Ειδική Γεωργία Ι-Σιτηρά», Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα.

Παπακώστα Δ., 1997. «Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή, Χορτοδοτικά Φυτά)», Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

Παπακώστα, Δ. 1996. Ειδική Γεωργία Ι. Θεσσαλονίκη.

Σφήκας Α., 1995. «Ειδική Γεωργία Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά», Α.Π.Θ., Εκδόσεις: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.

Χρηστίδης, Β., 1963. Χειμωνιάτικα σιτηρά. Δεύτερη έκδοση. Θεσσαλονίκη, pp. 1-349.

7.1 Ξενόγλωσση

Arduim, G.S.; Rubin, R.; Manzoni, C.G.; Daltro, F.; Neves, R.; Fadin, D.; Celmer, A., 2012. Eficiência do herbicida pyroxsulam no controle de diferentes plantas daninha na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.). In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 28., 2012, Campo Grande. Res.Londrina: SBCPD,. 189-193..

Bailey, W.A., Wilson, H.P., 2003. Control of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in wheat (*Triticum aestivum*) with post-emergence herbicides. *Weed Technol.* 17, 534–542.

Bailey, W.A., Wilson, H.P., Brann, D.E., Griffey, C.A., 2004. Wheat cultivar tolerance to AE F130060 03. *Weed Technol.* 18, 881–886.

Ball, D.A., Peterson, C.J., 2007. Herbicide tolerance in imidazolinone-resistant wheat for weed management in the Pacific Northwest U.S.A. In: Buck, H.T., Nisi, J.E. and Salomón, N. (Eds.), *Wheat Production in Stressed Environments. Proceedings of the 7th International Wheat Conference, 27 November–2 December 2005*, vol. 12, Mar del Plata, Argentina, pp. 243–250.

Barrero, O., Perdomo, S.A., 2018. RGB and multispectral UAV image fusion for Gramineae weed detection in rice fields. *Precis. Agric.* 19, 809–822.

Berger, A., Ettlin, G., Quincke, C., Rodríguez-Bocca, P., 2019. Predicting the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) by training a crop growth model with historical data. *Comput. Electron. Agric.* 161, 305–311.

- Blackmore S., Godwin R.J. and Fountas S., 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems Engineering* 84: 455-466
- Blackmore, S., 2000. The interpretation of trends from multiple yield maps. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26: 37-51.
- Bongiovanni, R. and lowenberg-Deboer, J., 2004. Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture*, 5: 359-387.
- Buller, A.H.R., 1919. *Essays on wheat*. The MacMillan Company. New York, pp. 1-339.
- Carleton, M.A., 1924. *The small grains*. Ed. L. HG. Bailey. The MacMillan Company. New York, pp. 1-699.
- Chhokar, R.S., Singh, S., Sharma, R.K., 2008. Herbicides for control of isoproturon resistant Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor*) in wheat. *Crop Prot.* 27, 719–726.
- Condorelli, G.E., Maccaferri, M., Newcomb, M., Andrade-Sanchez, P., White, J.W., French, A.N., Sciara, G., Ward, R., Tuberosa, R., 2018. Comparative aerial and ground based high throughput phenotyping for the genetic dissection of NDVI as a proxy for drought adaptive traits in durum wheat. *Front. Plant Sci.* 9, 893.
- Crooks, H.L., York, A.C., Jordan, D.L., 2004. Wheat tolerance to AE F130060 00 plus AE F115008 00 as affected by time of application and rate of the Safener AE F107892. *Weed Technol.* 18, 841–845.
- Culliney, T.W., 2005. Benefits of classical biological control for managing invasive plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24 , 131–150.
- Derksen DA, Kirkland KJ, McLennan BR, Hunter JH, Loepky HA, Bowren KE., 1989 Influence of fall and spring herbicide application on winter wheat (*Triticum aestivum* L. 'Norstar'). *Can J Plant Sci* 69:881–888
- Durgun, Y.Ö., Gobin, A., Duveiller, G., Tychon, B., 2020. A study on trade-offs between spatial resolution and temporal sampling density for wheat yield estimation using both thermal and calendar time. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 86, 101988.
- Elattar, H. A., Dahroug, S., El-Sayed, W., & Hashiesh, R. M., 2018. Phytotoxicity and effectiveness of some herbicides in wheat plantations.. *Arab Uni. J. Agr. Sci.* 26, 1639-1657.
- Franke, J., Menz, G., 2007. Multi-temporal wheat disease detection by multi-spectral remote sensing. *Precis. Agric.* 8, 161–172.
- Galon, L., Castoldi, C. T., Forte, C. T., Kujawski, R., David, F. A., & Perin, G. F., 2015. Efficacy and phytotoxicity of herbicides applied for the handling of weeds that infest wheat. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 14, 128-140.
- Geier PW, Stahlman PW, Peterson DE, Claassen MM., 2011. Pyroxsulam compared with competitive standards for efficacy in winter wheat. *Weed Technol* 25:316–321
- Gemtos, T.A., Fountas, S., Blackmore, S. and Greipentrog, H.W., 2002. Precision farming experience in Europe and the Greek potential. *HAICTA Conference*, Athens, June 2002.

- Hayes, R.M., Mueller, T.C., Brawley, P.B., 2002. Italian ryegrass control in wheat with AE F130060-methyl plus iodosulfuron-methyl with safner mefenpyr-diethyl (AE F107892). *Proc. South Weed Sci. Soc.* 55, 211–212
- Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Haselkorn, R. and Gornicki, P., 2002. Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the *Triticum/Aegilops* complex and the evolutionary history of polyploid wheat. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 8133-8138.
- Jager, A. and Putter, H., 1999. Preharvest factors and postharvest quality decline of apples. *Proceedings of the International Symposium on Effect of Pre- and Post Harvest factors on Storage of Fruit*, pp. 103-110.
- Janes, D.B., Novak, J.M., Moorman, T.B. and Cambardella, C.A., 1994. Estimating Herbicide Partition Coefficients from Electromagnetic Induction Measurements. *Journal of Environmental Quality*, 24: 36-41.
- Jaradat, A.A., Kanbertay, M., Peña-Chocarro, L., Hammer, K., Stavropoulos, N. and Perrino, P., 1995. Ex situ conservation of hulled wheats. In: Paludosi S., Hammer K. & Heller J. *Hulled Wheats. Proceedings of the 1st International Workshop on hulled Wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy, IPGRI*, pp. 120-127.
- Koger, C.H., Shaw, D.R., Watson, C.E., Reddy, K.N., 2003. Detecting late-season weed infestations in soybean (*Glycine max*). *Weed Technol.* 17, 696–704.
- Kohler-Schneider, M. and Caneppele, A., 2009. Late Neolithic agriculture in eastern Austria: archaeobotanical results from sites of the Baden and Jevišovice cultures (3600–2800 B.C.). *Veg. Hist. and Arch.* 18: 61–74.
- Kong, L., Si, J., Feng, B., Li, S., Wang, F., Sayre, K., 2009. Differential responses of two types of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to autumn-and spring-applied mesosulfuron-methyl. *Crop Prot.* 28, 387–392.
- Kushnir, U. and Halloran, G.M., 1981. Evidence for *Aegilops sharonensis* Eig as the donor of the B genome of wheat. *Genetics* 99: 495-512.
- Lemerle, D., Leys, A.R., Hinkley, R.B., Fisher, J.A., Cullis, B., 1985. Tolerances of wheat cultivars to post-emergence wild oat herbicides. *Aust. J. Exp. Agr.* 25, 677–682.
- López-Granados, F., Jurado-Expósito, M., Peña-Barragán, J.M., García-Torres, L., 2006. Using remote sensing for identification of late-season grass weed patches in wheat. *Weed Sci.* 54, 346–353.
- Lorenz, K., Willms, L., Müller, K.H., 2005. Mesosulfuron-methyl, a new grass herbicide for cereal production. *Pflan. Nach. Bayer.* 58, 171–178
- Lund, E.D., Christy, C.D. and Drummond, P.E., 1999. Practical applications of soil electrical conductivity mapping. *Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture*, July, 1999.
- Mason, H., Navabi, A., Frick, B., O' Donovan, J. and Spaner, D., 2007. Cultivar and seeding rate effects on the competitive ability of spring cereals grown under organic production in Northern Canada. *Agronomy Journal*, 99: 1199-1207.

- Mayonado, D.J., Hatzios, K.K., Orcutt, D.M., Wilson, H.P., 1989. Evaluation of the mechanism of action of the bleaching herbicide SC-0051 by HPLC analysis. *Pestic. Biochem. Physiol.* 35, 138–145.
- McBride, R.A., Gordon, A.M. and Shrive, S.C., 1990. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 54: 290-293.
- McNaughton KE, Brown LR, Sikkema PH., 2014. Tolerance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and underseeded red clover (*Trifolium pretense* L.) to fall-applied post-emergent broadleaf herbicides. *Am J Plant Sci* 5:1265–1271
- Miller W. M. and Salyani, M., 2005. Stewardship Monitoring and Control of Aldicarb Application to Florida Citrus. 2005. ASAE Paper N. 051041.
- Miller, W.M., Whitney, J.D., Shumann, A. and Buchanon, S., 2003. A Test Program to Assess VRT Granular Fertilizer Applications for Citrus. 2003. ASAE Paper N. 031126.
- 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*, 62, 75- 84.
- Nansen, C., Macedo, T., Swanson, R., Weaver, D.K., 2009. Use of spatial structure analysis of hyperspectral data cubes for detection of insect-induced stress in wheat plants. *Int. J. Remote Sens.* 30, 2447–2464.
- Naser, M.A., Khosla, R., Longchamps, L., Dahal, S., 2020. Using NDVI to differentiate wheat genotypes productivity under dryland and irrigated conditions. *Remote Sens.* 12, 824.
- Nath, J., Hanzel, J.J., Thompson, J.P. and McNay, J.W., 1984. Additional evidence implicating *Triticum searsii* as the B-genome donor to wheat. *Biochemical Genetics* 22: 37-50.
- Nesbitt, M. and Samuel, D., 1996. From staple crop to extinction? The archaeology and history of the hulled wheats. In: Paludosi S., Hammer K. & Heller J. *Hulled Wheats. Proceedings of the 1st International Workshop on hulled Wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy, IPGRI*, pp. 40-99.
- Norsworthy, J. K. et al., 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science, Champaign*, v. 60, n. 1, p. 31-62.
- Oerke, E., C., & Dehne, H., W., 2004. Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, 23, 275-285.
- Oerke, E., C., 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144, 31-43.
- Papadopoulos, A.V., Kati, V., Chachalis, D., Kotoulas, V., Stamatiadis, S., 2018. Weed mapping in cotton using ground-based sensors and GIS. *Environ. Monit. Assess.* 190, 622.
- Peñuelas, J., Filella, I., 1998. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends Plant Sci.* 3, 151–156.
- Perrino, P., Laghetti, G., D' Antuono, L.F., Al Ajlouni, M., Kanbertay, M., Szabó, A.T. and

- Hammer, K., 1996. Ecogeographical distribution of hulled wheat species. In: Paludosi S., Hammer K. & Heller J. Hulled Wheats. Proceedings of the 1st International Workshop on hulled Wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy, IPGRI, pp. 100-118.
- Perry, C., Pocknee, S., Hansen, O., Kvien, C., Velidis, G. and Hart, E., 2002. Development and Testing of a Variable-Rate Pivot Irrigation Control System. ASAE Paper N. 022290.
- Peteinatos, G.G., Korsath, A., Berge, T.W., Gerhards R., 2016. Using optical sensors to identify water deprivation, nitrogen shortage, weed presence and fungal infection in wheat. *Agriculture* 6, 24.
- Petersen, G., Seberg, O., Yde, M. and Berthelsen, K., 2006. Phylogenetic relationships of Triticum and Aegilops and evidence for the origin of the A, B, and D genomes of common wheat (*Triticum aestivum*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39: 70-82.
- Provan, J., Wolters, P., Caldwell, K.H. and Powell, W., 2004. High-resolution organellar genome analysis of Triticum and Aegilops sheds new light on cytoplasm evolution in wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 108: 1182-90.
- Rao V.S., 2000. Principles of weed science (2nd ed.), Sci. Publ., New York, p.526.
- Ravier, C., Meynard, J.M., Cohan, J.P., Gate, P., Jeuffroy, M.H., 2017. Early nitrogen deficiencies favor high yield, grain protein content and N use efficiency in wheat. *Eur. J. Agron.* 89, 16–24.
- Robinson MA, Cowbrough MJ, Sikkema PH, Tardif FJ., 2013. Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) tolerance to mixtures of herbicides and fungicides applied at different timings. *Can J Plant Sci* 93:491–501
- Sarkar, P. and Stebbins, G.L., 1956. Morphological evidence concerning the origin of the B genome in wheat. *American Journal of Botany* 43: 297-304.
- Sourdille, P., Tavaud, M., Charmet, G. and Bernard, M., 2001. Transferability of wheat microsatellites to diploid Triticeae species carrying the A, B and D genomes. *Theoretical and Applied Genetics* 103: 346-352.
- Savin, I.Y., Dokukin, P.A., Verniuk, Y.I., Zhogolev, A.V., 2017. About the influence of weeds on spring barley NDVI determined from MODIS satellite data. *Sovr. Probl. DZZ Kosm.* 14, 185–195.
- Shehzad, M. A., Maqsood, M., Anwar-ul-Haq, M., & Niaz, A., 2012. Efficacy of various herbicides against weeds in wheat (*Triticum aestivum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 11, 791-799.
- Shewry P. R., 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany* 60: 1537-1553.
- Shumann, A. W., Miller, W. M., Zaman, Q. U., Hostler, K. H., Buchanon, S. and Cugati, S., 2006. Variable Rate Granular Fertilization of Citrus Groves: Spreader Performance with SingleTree Prescription Zones. *Applied Engineering in Agriculture*, 22: 19-24.

- Slaughter, D.C., Giles, D.K., Fennimore, S.A., Smith, R.F., 2008. Multispectral machine vision identification of lettuce and weed seedlings for automated weed control. *Weed Technol.* 22, 378–384.
- Solanelles, F., Escola, A., Planas, S., Rosell, J.R., Camp, F. and Gracia., F., 2006. An Electronic Control System for Pesticide Application Proportional to the Canopy Width of Tree Crops. *Biosystems Engineering*, 95: 473-481.
- Soltani N, Shropshire C, Sikkema PH., 2006. Responses of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to autumn applied postemergence herbicides. *Crop Prot* 25:346–349
- Steltzer, H., Welker, J.M., 2006. Modeling the effect of photosynthetic vegetation properties on the NDVI-LAI relationship. *Ecology* 87, 2765–2772.
- Streibig J.C., Rasmussen, J., Andújar, D., Andreasen, C., Berge, T. W., Chachalis, D., Dittmann, T., Gerhards, R., Giselsson, T.M., Hamouz, P., Jaeger-Hansen, C., Jensen, K., Jørgensen, R.N., Keller, M., Laursen, M., Midtiby, H.S., Nielsen, J., Müller, S., Nordmeyer, H., Peteinatos, G., Papadopoulos, A., Svensgaard, J., Weis, M., Christensen, S., 2014. Sensor-based assessment of herbicide effects. *Weed Res.* 54, 223–233.
- Terry, H.J., Wilson, C.W., 1964. A field study of the factors affecting the herbicidal activity of ioxynil and bromoxynil and their tolerance by cereals. *Weed Res.* 4, 196–215
- Thapa, S., Rudd, J.C., Xue, Q., Bhandari, M., Reddy, S.K., Jessup, K.E., Liu, S., Devkota, R.N., Baker, S., Baker, S., 2019. Use of NDVI for characterizing winter wheat response to water stress in a semi-arid environment. *J. Crop Improv.* 33, 633–648.
- Thelen, K.D., Kravchenko, A.N., Lee, C.D., 2004. Use of optical remote sensing for detecting herbicide injury in soybean. *Weed Technol.* 18, 292–297.
- Tottman DR., 1978. The effects of a dicamba herbicide mixture on the grain yield components of winter wheat. *Weed Res* 18:335–339
- Toussaint-Samat, M., 1992. The history of cereals, in: *A history of food*. A Bell, trans. Blackwell publishers, Cambridge, MA, p. 127.
- Vannoppen, A., Gobin, A., Kotova, L., Top, S., De Cruz, L., Vīksna, A., Aniskevich, S., Bobylev, L., Buntmeyer, L., Caluwaerts, S., De Troch, R., Gnatiuk, N., Hamdi, R., Reça Remedio, A., Sakalli, A., Van De Vyver, H., Van Schaeybroeck, B., Termonia, P. 2020. Wheat yield estimation from NDVI and regional climate models in Latvia. *Remote Sens.* 12, 2206.
- Wang, X., Christensen, S., Svensgaard, J., Jensen, S.M., Liu, F., 2020. The effects of cultivar, nitrogen supply and soil type on radiation use efficiency and harvest index in spring wheat. *Agronomy* 10, 1391.
- Welsh, J. P., Wood, G. A., Godwin, R. J., Taylor, J. C., Earl, R., Blackmore, S. and Knight, S.M., 2003. Developing strategies for spatially variable nitrogen application in cereals, Part I: Winter Barley. *Biosystems, Engineering*, 84: 481-494
- Welsh, J. P., Wood, G. A., Godwin, R. J., Taylor, J. C., Earl, R., Blackmore, S. and Knight, S.M., 2003. Developing strategies for spatially variable nitrogen application in cereals, Part II: Wheat. *Biosystems, Engineering*, 84: 495-511.

- Whelan, B. M. and McBratney, A. B., 2000. The “Null Hypothesis” of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 2: 265-279.
- Williams, B. and Hoey, D., 1987. The use of electromagnetic induction to detect the spatial variability of the salt and clay content of soils. *Australian Journal Soil Research*, 25: 21-27.
- Wood, G. A., Welsh, J. P., Godwin, R. J., Taylor, J. C., Earl, R. and Knight, S.M., 2003. Real-time measures of canopy size as a basis of spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. *Biosystems Engineering*, 84: 513-531.
- Xiping, D., Lun, S. and Shinobu, I., 2002. Assessments on the water conservation practices and wheat adaptations to the semiarid and eroded environments. 12th ISCO Conference, Beijing, pp. 348-360.
- Yang, L., He, X., Shen, F., Zhou, C., Zhu, A-X., Gao, B., Chen, Z., Li, M., 2020. Improving prediction of soil organic carbon content in croplands using phenological parameters extracted from NDVI time series data. *Soil Till. Res.* 196, 104465.
- Zaman, Q., Schuman, W. A. and Miller W.M., 2005. Variable rate nitrogen application in florida citrus based on ultrasonically-sensed tree size. *Applied Engineering in Agriculture* 21: 331- 335
- Zhang, W., Qu, L.J., Gu, H., Gao, W., Liu, M., Chen, J. and Chen, Z., 2002. Studies on the origin and evolution of tetraploid wheats based on the internal transcribed spacer (ITS) sequences of nuclear ribosomal DNA. *Theoretical and Applied Genetics* 104: 1099-1106.