



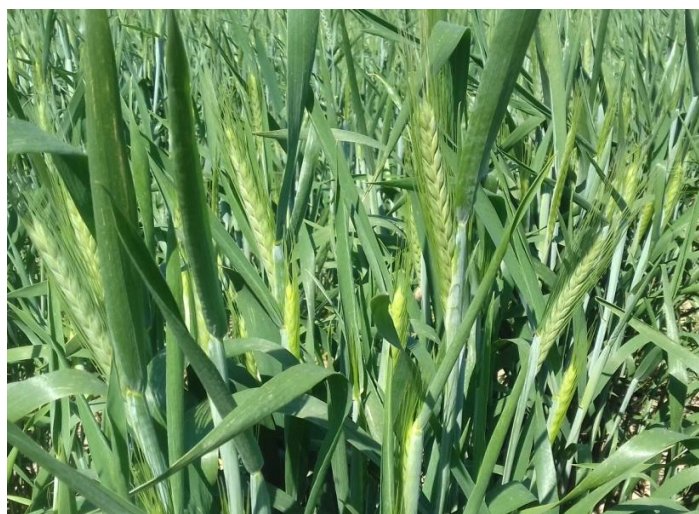
ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ,
ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση της οργανικής και της ανόργανης λίπανσης στα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του *Tritordeum* σε μεσογειακό κλίμα



Ευπραξία Γ. Κοντονασάκη

Επιβλέπων καθηγητής:

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ
2021

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

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση της οργανικής και της ανόργανης λίπανσης στα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του Tritordeum σε μεσογειακό κλίμα

“Effect of inorganic and organic fertilization on agronomic and quality characteristics of Tritordeum cultivation in a Mediterranean climate”

Ευπραξία Γ. Κοντονασάκη

Εξεταστική επιτροπή:

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Παναγιώτα Παπαστυλιανού, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΓΠΑ

Ηλίας Τραυλός, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Επίδραση της οργανικής και της ανόργανης λίπανσης στα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του *Tritordeum* σε μεσογειακό κλίμα

*ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και την Αγρομετεωρολογία
Τμήμα Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το *Tritordeum* είναι αποτέλεσμα διασταύρωσης μεταξύ ενός αυτοφυούς είδους κριθαριού της Νότιας Αμερικής (*Hordeum chilense*) και σιταριού. Σε πολλές χώρες, το *Tritordeum* θεωρείται νέα καλλιέργεια και δεν έχουν γίνει επαρκείς δοκιμές για την αξιολόγηση της απόδοσής του υπό διαφορετικές συνθήκες καλλιέργειας. Το ενδιαφέρον για αυτήν την καλλιέργεια οφείλεται στην δυνατότητα του *Tritordeum* να μεταφέρει τα διατροφικά χαρακτηριστικά του κριθαριού και τις τεχνολογικές ιδιότητες του σιταριού.

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να προσδιοριστούν οι αποδόσεις σε καρπό και βιομάζα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτών, υπό τις κλιματολογικές συνθήκες ενός μεσογειακού περιβάλλοντος και επίσης, να αξιολογηθεί πως επιδρά η οργανική και η ανόργανη λίπανση στην καλλιέργεια *Tritordeum*.

Το πείραμα διεξήχθη στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών κατά την περίοδο Δεκεμβρίου 2019 έως τον Ιούνιο του 2020. Η καλλιέργεια εγκαταστάθηκε στον πειραματικό αγρό του πανεπιστημίου. Το χωράφι διαιρέθηκε σε τέσσερα τεμάχια στα οποία εφαρμόστηκε μεταφυτρωτικά διαφορετική λίπανση. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν 2094 kg N / ha και 1338 kg N / ha ανόργανου λιπάσματος (40-0-0) και 2388 kg / ha οργανικού λιπάσματος (5-8-17). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε διαδοχική δειγματοληψία σε κάθε τεμάχιο για την καταγραφή των χαρακτηριστικών του φυτού, όπως μέτρηση ύψους, αριθμός αδελφών, βάρος ξηρής και νωπής φυτικής ύλης. Ακολούθησε η ωρίμανση του καρπού και η συλλογή των σπόρων. Τελικά ζυγίστηκαν οι σπόροι, ελήφθη το βάρος χιλίων κόκκων για κάθε εφαρμογή και πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Το υψηλότερο βάρος ξηρής ύλης ήταν 6,688 g και βρέθηκε σε φυτά που εφαρμόστηκε η μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανης λίπανσης. Το ύψος ήταν μεγαλύτερο στα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε οργανικό λίπασμα και μετρήθηκε κατά μέσο όρο 83,4 cm. Η μέγιστη απόδοση ήταν 3648 kg σπόρου/ εκτάριο και βρέθηκε στο τεμάχιο με την μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανης λίπανσης. Η μέτρηση για το βάρος χιλίων κόκκων έδειξε ότι οι σπόροι από το τεμάχιο με την οργανική λίπανση είχαν το μεγαλύτερο βάρος 42,6 gr / 1000 σπόρους.

Επιστημονική περιοχή: Καλλιέργεια Tritordeum

Λέξεις κλειδιά: Tritordeum, σιτηρά, λίπανση, αγρονομικά χαρακτηριστικά, ποιοτικά χαρακτηριστικά, μεσογειακό κλίμα

Effect of inorganic and organic fertilization on agronomic and quality characteristics of Tritordeum cultivation in a Mediterranean climate

MSc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, in Plant Breeding and in Agrometeorology

Department of Plant Science

Laboratory of Organic Agriculture

ABSTRACT

Tritordeum is a result of cross between a South American wild barley (*Hordeum chilense*) with wheat. In many countries, *Tritordeum* is considered to be a new crop and has not been tested for its yield in different cultivation conditions. The interest in this crop due to the genetically possibilities having nutritional traits like barley and technological traits similar to wheat.

The aim of this study is to determine the seed yields and the matter yields and the quality characteristics of them in the climatic conditions of a Mediterranean environment and, also, to evaluate the organic and inorganic fertilization in *Tritordeum* crop.

The experiment was conducted at the Agricultural University of Athens during the period December 2019 to June 2020. The crop was installed in the experimental field of the university. The field was divided into four plots in which different fertilization was applied post-emergence in proportion 2388 kg/ha of organic fertilizer (5-8-17), and both 2094 kg N/ha and 1338 kg N/ha of inorganic fertilizer (40-0-0). Subsequently, successive sampling was performed on each plot to record plant characteristics, such as height measurement, sibling numbers, dry and fresh matter weight. This was followed by the ripening of the fruit and the extraction of the seeds. Eventually the seeds were weighed the weight of a thousand grains was taken for each application and the quality characteristics were determined.

The higher dry matter weight was 6.688 g and was found in plants applied to greater amount of inorganic fertilization. The height was higher in the plants to which organic fertilizer was applied and it was 83.4 cm average. The maximum yield was 3648 kg seed/ha and was found in the plot of the greater amount of inorganic fertilization. The measurement for the weight of a thousand grains showed that the seeds from the plot with the organic fertilization had the greatest weight 42.6 gr/ 1000 seeds.

Scientific area: Cultivation of Tritordeum

Keywords: Tritordeum, cereals, fertilization, agronomic traits, quality traits, Mediterranean climate

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και στην Αγρομετεωρολογία του Τμήματος Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, με την επιστημονική υποστήριξη του εργαστηρίου.

Αυτή τη στιγμή που το έργο έχει ολοκληρωθεί, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Μπιλάλη Δημήτριο για την ευκαιρία που μου έδωσε να υλοποιηθεί η εργασία και για τη βοήθεια που μου πρόσφερε. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου για την συμβολή τους στην πραγματοποίηση του πειράματος. Τέλος, αναμφίβολα πολλά ευχαριστώ αξίζουν οι γονείς μου που με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

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

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	iii
Abstract.....	v
Ευχαριστίες.....	vi
Κατάλογος εικόνων	ix
Κατάλογος διαγραμμάτων.....	x
Κατάλογος πινάκων.....	xi
1. Εισαγωγή.....	1
1.1. Tritordeum	1
1.2. Ιστορικά στοιχεία.....	2
1.3. Γονείς	3
1.3.1. <i>Hordeum chilense</i>	3
1.3.2. <i>Triticum durum</i>	4
1.4. Η καλλιέργεια του Tritordeum	5
1.4.1. Εξάπλωση και παγκόσμια παραγωγή.....	5
1.4.2. Τεχνική καλλιέργειας.....	6
1.4.3. Αγρονομικά χαρακτηριστικά.....	8
1.4.4. Αποδόσεις	9
1.5. Ποικιλίες.....	10
1.6. Χημική σύνθεση	10
1.6.1. Καροτενοειδή	10
1.6.2. Πρωτεΐνες.....	11
1.6.3. Μέταλλα.....	11
1.6.4. Άμυλο.....	11
1.6.5. Τέφρα.....	12
1.6.6. Φυτικές ίνες.....	12
1.6.7. Φαινολικές ενώσεις.....	12
1.6.8. Γλουτένη.....	13
1.7. Χρήσεις Tritordeum	14
1.8. Λίπανση.....	16
1.8.1. Θρεπτικά στοιχεία	16
1.8.1.1. Άζωτο (N).....	16
1.8.1.2. Φώσφορος (P)	17
1.8.1.3. Κάλιο (K)	17
1.8.2. Προσθήκη θρεπτικών στοιχείων στις καλλιέργειες σιτηρών.....	17
1.8.2.1. Ανόργανη λίπανση	18
1.8.2.2. Οργανική λίπανση	20
1.8.2.2.1. Χλωρή λίπανση	20
1.8.2.2.2. Οργανικά υλικά και οργανικά λιπάσματα	21
1.8.2.3. Επιπτώσεις λίπανσης	22
1.9. Κλιματική μεταβολή	23
2. Σκοπός της μελέτης	25

3. Υλικά και μέθοδοι.....	26
3.1. Πειραματικό πλάνο	26
3.2. Εγκατάσταση καλλιέργειας.....	27
3.3. Καλλιεργητικές εργασίες	28
3.4. Εφαρμογές λίπανσης.....	29
3.5. Μετρήσεις	29
3.5.1. Μετρήσεις αγρονομικών χαρακτηριστικών.....	29
3.5.2. Μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	30
3.6. Μετεωρολογικά δεδομένα	32
3.7. Ανάλυση δεδομένων	32
4. Αποτελέσματα.....	33
4.1. Αγρονομικά χαρακτηριστικά.....	33
4.1.1. Ύψος φυτών.....	35
4.1.2. Αδέλφωμα.....	35
4.2.3. Μορφή ταξιανθίας.....	36
4.2. Αποδόσεις βιομάζας.....	37
4.2.1. Ξηρό βάρος φυτών	38
4.3. Αποδόσεις σε σπόρο.....	39
4.3.1. Μήκος ταξιανθίας.....	39
4.3.2. Αποδόσεις σε βάρος σπόρων.....	40
4.3.3. Βάρος χιλίων κόκκων	41
4.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	42
4.4.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου.....	42
4.4.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά βλαστού	46
5. Συζήτηση.....	51
5.1 Κύκλος καλλιέργειας.....	51
5.2. Αγρονομικά χαρακτηριστικά.....	51
5.3. Αποδόσεις βιομάζας.....	51
5.4. Αποδόσεις σε σπόρο.....	52
5.5. Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου	52
5.6. Ποιοτικά χαρακτηριστικά στελέχους.....	53
6. Συμπέρασμα.....	54
7. Βιβλιογραφία	55
Παράρτημα εικόνων.....	60

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Γενεαλογικό δέντρο σιτηρών. Πηγή: bsb.org.....	1
Εικόνα 2: Tritordeum. Πηγή researchgate.net	2
Εικόνα 3: <i>Hodeum chilense</i> . Πηγή wikipedia.org	3
Εικόνα 4: <i>Triticum durum</i> . Πηγή wikipedia.org.....	4
Εικόνα 5: Καρποί των <i>Hordeum chilense</i> , <i>Durum wheat</i> και Tritordeum. Πηγή sciencedirect.com.....	5
Εικόνα 6: Ψωμί από Tritordeum. Πηγή alsiano.com.....	15
Εικόνα 7: Είδη άλευρων από tritordeum. Πηγή intifood Εικόνα 8: Μπύρα από Tritordeum Πηγή intifood	16
Εικόνα 9: ο πειραματικός αγρός από τις υπηρεσίες θέασης του κτηματολογίου	26
Εικόνα 10: Η κάτοψη του πειραματικού αγρού	27
Εικόνα 11: Το οργανικό λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε.....	29
Εικόνα 12: Τυπική μορφή ταξιανθίας Tritordeum.....	36
Εικόνα 13: Διαφορετικές μορφές ταξιανθίας Tritordeum	37
Εικόνα 14: Άποψη του αγρού στις 47 ΗΑΣ.	60
Εικόνα 15: Άποψη του αγρού στις 106 ΗΑΣ.	60
Εικόνα 16: Άποψη του αγρού στις 138 ΗΑΣ	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Οι αποδόσεις των σιτηρών ανάλογα με την χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και τις χώρες. Πηγή: Our world data	19
Διάγραμμα 2: Η παγκόσμια παραγωγή λιπασμάτων N, P και K. Πηγή: Our world data	23
Διάγραμμα 3: Το ύψος των φυτών στις 115 ΗΑΣ ΚΑΙ 159 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης. (Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$)	35
Διάγραμμα 4: Το ξηρό βάρος των φυτών στις 115 ΗΑΣ ΚΑΙ 159 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης. (Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$).	38
Διάγραμμα 5: Αποδόσεις σε σπόρο, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.....	40
Διάγραμμα 6: Βάρος χιλίων κόκκων, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	41
Διάγραμμα 7: Περιεκτικότητα κόκκων σε ινώδεις ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	42
Διάγραμμα 8: Περιεκτικότητα κόκκων σε λιπαρές ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	43
Διάγραμμα 9: Περιεκτικότητα κόκκων σε αζωτούχες ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	44
Διάγραμμα 10: Περιεκτικότητα κόκκων σε τέφρα, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	44
Διάγραμμα 11: Περιεκτικότητα κόκκων σε ADF, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης....	45
Διάγραμμα 12: Περιεκτικότητα κόκκων σε NDF, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης... ..	46
Διάγραμμα 13: Περιεκτικότητα βλαστών σε ινώδεις ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	47
Διάγραμμα 14: Περιεκτικότητα βλαστών σε λιπαρές ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	47
Διάγραμμα 15: Περιεκτικότητα βλαστών σε αζωτούχες ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	48
Διάγραμμα 16: Περιεκτικότητα βλαστών σε τέφρα, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	49
Διάγραμμα 17: Περιεκτικότητα βλαστών σε NDF, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	49
Διάγραμμα 18: Περιεκτικότητα βλαστών σε ADF, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.	50

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Απαιτήσεις σε άζωτο για την επίτευξη αποδόσεων στην καλλιέργεια του σιταριού (Μπαξεβάνος, 2011).....	19
Πίνακας 2: Η ετήσια δέσμευση αζώτου διάφορων ψυχανθών σε κιλά ανά εκτάριο.....	21
Πίνακας 3: Μέση θερμοκρασία, μέση μέγιστη θερμοκρασία, μέση ελάχιστη θερμοκρασία και Βροχοπτώσεις για τους μήνες που διάρκεσε η καλλιέργεια.....	32
Πίνακας 4: Μέσοι όροι τιμών ύψους, μήκους μεσογονατίου και αριθμού φύλλων στις 115 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.....	33
Πίνακας 5: Μέσοι όροι τιμών ύψους, μήκους μεσογονατίου και αριθμού φύλλων στις 159 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.....	34
Πίνακας 6: Μέσοι όροι των τιμών του νωπού και ξηρού βάρους στις 115 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.....	37
Πίνακας 7: Μέσοι όροι των τιμών του ξηρού βάρους στις 159 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.....	38
Πίνακας 8: Μέσοι όροι των τιμών του μήκους ταξιανθίας στις 115 ΗΑΣ και στις 159 ΗΑΣ , ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.....	39
Πίνακας 9: Οι αποδόσεις σε βάρος σπόρων, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.....	40
Πίνακας 10: Το βάρος χιλίων κόκκων, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.....	41
Πίνακας 11: Περιεκτικότητα σπόρου σε ινώδεις, λιπαρές και αζωτούχες ουσίες, τέφρα, NDF και ADF (%).	42
Πίνακας 12: Περιεκτικότητα βλαστού σε ινώδεις, λιπαρές και αζωτούχες ουσίες, τέφρα, NDF και ADF (%).	46

Είναι το πρώτο ‘νέο’ δημητριακό στον κόσμο που διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση και το δεύτερο γενικά που αναπτύχθηκε από τον άνθρωπο. Πριν από το Tritordeum προηγήθηκε η ανάπτυξη του Triticale, που προέκυψε από την διασταύρωση σκληρού σίτου και σίκαλης και χρησιμοποιείται για ζωοτροφές. Το Tritordeum έχει αναπτυχθεί με παραδοσιακές τεχνικές αναπαραγωγής που βασίζονται στην διασταύρωση και στην επιλογή των καλύτερων συνδυασμών και δεν περιλαμβάνει γενετική τροποποίηση. Είναι εγγεγραμμένο στο Community Plant Variety Office (CPVO) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και είναι είδος φυσικής καλλιέργειας.



Εικόνα 2: Tritordeum. Πηγή researchgate.net

1.2. Ιστορικά στοιχεία

Η ιστορία του Tritordeum ξεκινάει από το έτος 1977 όπου έγινε η πρώτη διασταύρωση μεταξύ κριθαριού και σκληρού σίτου. Η διαδικασία της αναπαραγωγής και της βελτίωσής του έγινε από το Ινστιτούτο Αειφορικής Γεωργίας της Κόρδοβας (IAS) του Ισπανικού Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας (CSIC), σε συνεργασία με την Agrasys. Ο πρώτος βελτιωτής του Tritordeum ήταν ο Antonio Martin, ερευνητής και καθηγητής του IAS που μαζί με την ομάδα ερευνητών του ξεκίνησε το πρόγραμμα αναπαραγωγής και έφερε ως αποτέλεσμα μία νέα καλλιέργεια σιτηρών.

Η Agrasys συστάθηκε το 2006 υπό την αιγίδα του CSIC και βρίσκεται στο Επιστημονικό πάρκο της Βαρκελώνης. Ο σκοπός της ίδρυσης της εταιρίας είναι η εμπορία του Tritordeum, καθώς έχει αποκτήσει τα αποκλειστικά δικαιώματα εμπορευματοποίησης του δημητριακού.

Το 2011 έγινε η εγγραφή της πρώτης ποικιλίας Tritordeum με την ονομασία AUCAN. Το 2013, μετά από 30 χρόνια βελτίωσης το νέο δημητριακό βγήκε στην αγορά από την Agrasys. Οι πρώτες χώρες που το καλλιεργήσαν ήταν η Ισπανία και η Ιταλία το 2013 και ακολούθησαν Ελβετία, Τουρκία, Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ολλανδία, Αυστρία και Σκανδιναβικές χώρες.

Κατά τη διάρκεια του 2015 προσχώρησε ως εναλλακτικό σιτηρό στα συστήματα εναλλαγής καλλιεργειών της ΚΓΠ.

1.3. Γονείς

1.3.1. *Hordeum chilense*



Εικόνα 3: *Hodeum chilense*. Πηγή wikipedia.org

Ο μητρικός γονέας του Tritordeum είναι το *Hordeum chilense*, ένα διπλοειδές άγριο κριθάρι, ιθαγενές της Νότιας Αμερικής που περιλαμβάνεται στο υπογένος *Anisolepis*. Προέρχεται από τη Χιλή και μία μικρή περιοχή της Αργεντινής. Είναι εξαιρετικά πολυμορφικό, τόσο σε μορφολογικό, όσο σε βιοχημικό επίπεδο. Είναι συνήθως πολυετές και αυτογόνιμο. Ωστόσο, στο φυσικό του περιβάλλον δεν αποκλείεται η σταυρογονιμοποίηση, που οδηγεί στην δημιουργία φυσικών υβριδίων. Αυτοφύεται σε 0-1800 m υψόμετρο, σε πληθώρα ειδών εδάφους, από τις όχθες λιμνών έως στεγνά εδάφη.

Θεωρείται ότι από τα είδη *Hordeum* έχει από τις υψηλότερες δυνατότητες για σκοπούς βελτίωσης δημητριακών, δεδομένου της υψηλής ικανότητας διασταύρωσης με άλλα είδη της φυλής *Triticaceae* και των ενδιαφερόντων αγρονομικών χαρακτηριστικών. Είναι χρήσιμη πηγή γονιδίων αντίστασης σε βιοτικά και αβιοτικά στρες (Martin et al, 2000).

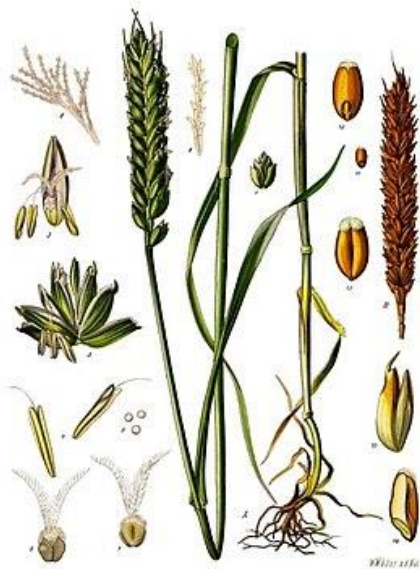
Εμφανίζει ανθεκτικότητα σε μυκητολογικές ασθένειες όπως τη σκωρίαση, του κριθαριού και του σιταριού *Puccinia hordei* και *P. recondita* f.sp.*tritici*, αντίστοιχα, ενώ μπορεί να είναι ευαίσθητο σε *P. recondita* f.sp. *agropyrina*, *P. striiformis* ff.ssp. *tritici* and *hordei*, *P. Graminis*. Το *H. chilense* είναι επίσης ανθεκτικό στο ωίδιο του σίτου, του κριθαριού, της βρώμης και της σίκαλης *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*, *E. graminis* ff.ssp. *hordei*, *avenae* και *secalis*, αντίστοιχα. Ακόμα είναι ανθεκτικό στους μύκητες *Septoria tritici*, *Ustilago nuda*, *U. tritici*, *Tilletia caries*, *Tilletia indica*, *Gaeumannomyces graminis*, *Pyrenophora tritici-salamois*

και *P. teres*, και στο *Rhynchosporium secalis*. Ευαισθησία του *H. chilense* έχει αναφερθεί στο *Septoria Nodorum*, *Typhula ishikariensis* και στην *Pseudocercospora herpotrichoides* (Martin et al, 2000).

Έχουν σημειωθεί ποικίλα επίπεδα αντοχής στις αφίδες όπως τα *Schizaphis graminum*, *Diuraphis noxia* και *Rhopalosiphum padi*. Επιπλέον παρουσιάζει ανθεκτικότητα στους νηματόδους του γένους *Meloidogyne* (Martin et al, 2000).

Πολλά από τα χαρακτηριστικά του *H. chilense* έχουν αποδωθεί στο *Tritordium*, όπως ορισμένες αντοχές σε ασθένειες και εχθρούς και σε εδαφοκλιματικές συνθήκες. Επιπλέον έχουν μεταφερθεί και γονίδια που σχετίζονται με την περιεκτικότητα του σπόρου σε θρεπτικά συστατικά και χρωστικές.

1.3.2. *Triticum durum*

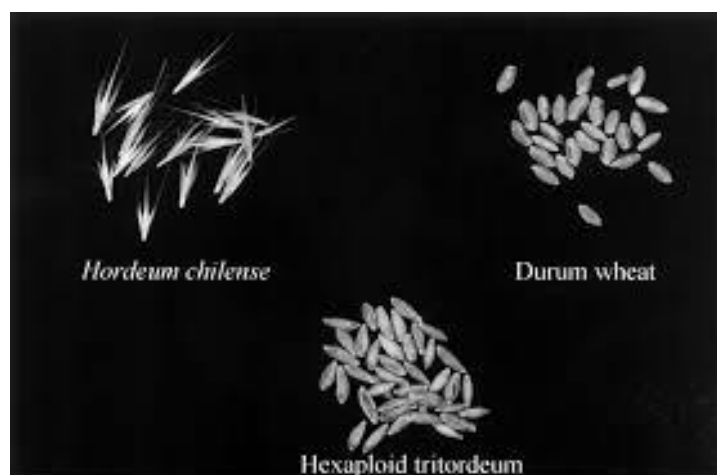


Εικόνα 4: *Triticum durum*. Πηγή wikipedia.org

Το *Triticum durum* είναι τετραπλοειδές είδος σιταριού. Τα πρώτα σημάδια εξημέρωσης του σκληρού σιταριού εμφανίστηκαν 10.000-12.000 χρόνια πριν στην Εγγύς Ανατολή κοντά στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη, στην Κεντρική Αμερική και στα νότια της Κίνας. Η παγκόσμια παραγωγή σκληρού σίτου ανέρχεται στο 5-8 % της συνολικής παραγωγής σιταριού και καταλαμβάνει την δεύτερη θέση μετά το *Triticum aestivum* (Lydon et al, 2014, Martin et al, 1996).

Γενικά, το σκληρό σιτάρι είναι πιο ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες από το μαλακό, αλλά προσαρμόζεται καλύτερα σε υψηλές θερμοκρασίες και ξηρά κλίματα, καθώς είναι σημαντική η ηλιακή ακτινοβολία για την καλλιέργειά του. Οι ευνοϊκές ζώνες για την ωρίμανση του σκληρού σίτου απαιτούν κατά μέσο όρο περισσότερες από 250 ώρες ηλιοφάνειας τον τελευταίο μήνα πριν την συγκομιδή. Για το λόγο αυτό η εγκατάσταση της καλλιέργειας γίνεται σε ημι-άνυδρες ζώνες, κάτι που οφείλει και την εξάπλωσή της στην λεκάνη της Μεσογείου (Lydon et al, 2014).

Οι σπόροι του που είναι περισσότερο σκληροί από τα υπόλοιπα σιτάρια είναι συνήθως μεγάλοι, χρυσοκίτρινοι και διαφανείς. Κατά την άλεσή του αποδίδει υψηλή ποσότητα σιμιγδαλιού και ελάχιστη αλευριού. Η πλούσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και σε γλουτένη, το καθιστούν κατάλληλο για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων διατροφής, με κύρια χρήση αυτής, για την βιομηχανία ζυμαρικών (Καραμάνος, 1994).



Εικόνα 5: Καρποί των *Hordeum chilense*, *Durum wheat* και *Tritordeum*. Πηγή sciencedirect.com

1.4. Η καλλιέργεια του Tritordeum

1.4.1. Εξάπλωση και παγκόσμια παραγωγή

Δεδομένου των χαρακτηριστικών που δόθηκαν στο νέο είδος από τους γονείς αλλά και καθώς το είδος δημιουργήθηκε στην Ισπανία και βελτιώθηκε υπό τις περιβαλλοντικές συνθήκες του μεσογειακού κλίματος, προσαρμόζεται σε χώρες της Μεσογείου. Αρχικά καλλιεργήθηκε στην Ισπανία και την Ιταλία και στην συνέχεια η καλλιέργειά του επεκτάθηκε και σε άλλες μεσογειακές χώρες, όπου καλλιεργείται σε μικρότερη κλίμακα, όπως η Γαλλία, η Πορτογαλία, η Ελλάδα, η Τουρκία, αλλά και βορειότερες χώρες της Ευρώπης, όπως η Ολλανδία, η Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Αυστρία και οι Σκανδιναβικές χώρες. Μέρη που

μπορεί να αναπτυχθεί καλά είναι ακόμα η Αυστραλία και οι βόρειες και νότιες χώρες της Αφρικής, καθώς το είδος φαίνεται να προσαρμόζεται.

Το 2016, η έκταση που καταλάμβανε συνολικά η καλλιέργεια του *Tritordeum* ήταν 1300 ha. Η Ισπανία κατείχε το μεγαλύτερο ποσοστό με 450 ha, ακολουθούμενη από την Ιταλία με 440 ha και την Τουρκία και με 250 ha. Το 2018 η παγκόσμια παραγωγή σπόρου έφτασε τους 4000 tons. Μέχρι στιγμής, τα προϊόντα του *Tritordeum* είναι διαθέσιμα σε ορισμένο αριθμό χωρών (Semencemag, 2019).

1.4.2. Τεχνική καλλιέργειας

Το *Tritordeum* είναι κυρίως χειμερινό σιτηρό, αν και υπό ορισμένες συνθήκες έχει καλλιεργηθεί και ως ανοιξιάτικο (Martinek et al, 2003). Η εγκατάσταση καθώς επίσης και οι τεχνικές διαχείρισης της καλλιέργειας είναι όμοιες με αυτές των χειμερινών σιτηρών.

Η σπορά πραγματοποιείται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες, αφού γίνει η προετοιμασία του εδάφους. Η προετοιμασία εδάφους για τη σπορά του *Tritordeum*, όπως και των άλλων φυτών μεγάλης καλλιέργειας, γίνεται με την διαχείριση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας και με την κατεργασία του εδάφους. Η διαχείριση των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, είτε πρόκειται για σύστημα μονοκαλλιέργειας είτε αμειψισποράς, μπορεί να γίνει ενσωματώνοντάς τα στο έδαφος. Μάλιστα, με την μέθοδο της φυτοκάλυψης, κατά την οποία το 30% των υπολειμμάτων παραμένει πάνω ή κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, δυσχεραίνεται η ανάπτυξη των ζιζανίων. Πρακτικές, όπως η καύση των στελεχών προηγούμενων καλλιεργειών, δεν συνιστώνται, γιατί λόγω αυτής, στερείται το έδαφος οργανική ουσία, η οποία βελτιώνει τη δομή και τη γονιμότητά του.

Ο τρόπος της κατεργασίας του εδάφους πριν από τη σπορά του *Tritordeum* γίνεται επιλέγοντας ένα από τα κύρια συστήματα κατεργασίας, δηλαδή, μεταξύ της συμβατικής, της μειωμένης και της ακατεργασίας. Ωστόσο, η μέθοδος της ακατεργασίας φαίνεται να αποφέρει μεγαλύτερα οφέλη στη καλλιέργεια. Καθώς, η συμβατική κατεργασία γίνεται με τη χρήση αρότρου ή δισκαρότρου, στοχεύοντας στην αναστροφή του εδάφους από βαθύτερα στρώματα, εμπεριέχει τον κίνδυνο εκτός της διάβρωσης του εδάφους, της μείωσης του πορώδους και της δημιουργίας αδιαπέραστων στρώσεων που συνδέονται με την μείωση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών. Η μειωμένη κατεργασία στοχεύει στην αναμόχλευση του ανώτερου επιπέδου από την επιφάνεια του εδάφους, χρησιμοποιώντας φρέζα ή καλλιεργητή. Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα συστήματα, η ακατεργασία γίνεται με την αναμόχλευση μόνο των λωρίδων, στις οποίες θα τοποθετηθεί ο σπόρος, με την κατεργασία σε κάθε λωρίδα να μην ξεπερνά τα 5x5 cm. Το αποτέλεσμα της ακατεργασίας είναι η αύξηση του

ποσοστού του ολικού πορώδους, η διατήρηση των ευνοϊκών υγρασιακών συνθηκών και θερμοκρασιών στο έδαφος, η σταθερή δομή και η μικρή αντίσταση διείσδυσης, που οδηγούν στην ανάπτυξη εύρωστων φυτών με πλούσιο ριζικό σύστημα (Μπιλάλης, 1999).

Στην καλλιέργεια του *Tritordeum*, η διαχείριση των ζιζανίων μπορεί να γίνει, ακολουθώντας τις σύγχρονες τάσεις, οι οποίες προσανατολίζονται στην κατεύθυνση της αειφορικής διαχείρισης. Σύμφωνα με αυτές, οι πρακτικές αντιμετώπισης ζιζανίων πρέπει να περιλαμβάνουν την ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων και των εισροών, με στόχο την οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα της γεωργικής εκμετάλλευσης, σε συνδυασμό με την προστασία της υγείας των αγροτών και καταναλωτών.

Στις νέες μεθόδους διαχείρισης ζιζανίων συγκαταλέγονται η χαρτογράφηση και η ταυτοποίηση ζιζανίων, μέσω συστημάτων τηλεσκοπησης (GPS, GIS), στοχεύοντας σε μια πιο ολοκληρωμένη στρατηγική, που περιέχει εφαρμογές ακριβείας. Μέσω της παρακολούθησης της εξάπλωσης των πληθυσμών των ζιζανίων, θα μπορούσε να οριστεί ο καταλληλότερος χρόνος επέμβασης με ζιζανιοκτόνο, ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα, χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν χαμηλότερες δόσεις σκευάσματος. Η μηχανική αντιμετώπιση θεωρείται συμβατικός τρόπος και δεν συνδυάζεται με το σύστημα της ακατεργασίας. Στην καλλιέργεια του *Tritordeum*, τα ζιζάνια μπορούν να αντιμετωπιστούν μεταφυτρωτικά, χρησιμοποιώντας μηχανήματα με αισθητήρες που στοχεύουν με ακρίβεια τα ζιζάνια. Οι επεμβάσεις ακριβείας γίνονται μηχανικά, με ψεκασμούς ή με καύση. Επιπλέον, η αντιμετώπιση είναι εφικτή με μεθόδους εδαφοκάλυψης, χρησιμοποιώντας φυτικά επιστρώματα, βιοδιασπώμενα επιστρώματα ή γεωυφάσματα. Ακόμη, η αμειψισπορά συμβάλλει στην αντιμετώπιση των ζιζανίων που είναι προσαρμοσμένα σε μία καλλιέργεια, μέσω της αλλαγής των συνθηκών ανάπτυξής τους.

Η διαχείριση ασθενειών και εχθρών γίνεται με γνώμονα τις συνθήκες που επικρατούν στον αγρό και του ιστορικού προσβολών προηγούμενων καλλιεργητικών περιόδων. Δεδομένου, ότι το *Tritordeum* εμφανίζει ανθεκτικότητα σε διάφορες ασθένειες (Martinek et al, 2003), βοηθάει στο να ενσωματωθούν στην καλλιέργειά του αειφορικές μέθοδοι αντιμετώπισης παθογόνων, που βασίζονται στην πρόληψη σε συνδυασμό με τον έγκαιρο εντοπισμό του κάθε προβλήματος. Ως πρόληψη, νοείται η ορθολογική χρήση λιπασμάτων, η αποτελεσματική διαχείριση των ζιζανίων και γενικά κάθε πρακτική που οδηγεί στην ευρωστία των φυτών.

Η συγκομιδή, χρονικά τοποθετείται το μήνα Ιούνιο μέχρι αρχές Ιουλίου. Η ημερομηνία συγκομιδής εξαρτάται από την ημερομηνία σποράς. Ο θερισμός γίνεται με αυτοκινούμενες θεριζοαλωνιστικές μηχανές. Τα φυτά βρίσκονται στην οικονομική ωρίμανση, όταν οι καρποί είναι συμπαγείς, σκληροί, ασυμπίεστοι και σχεδόν όλοι οι κόμβοι του καλαμιού έχουν ξεραθεί.

Η υγρασία των σπόρων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 13,5%, γιατί μειώνεται σημαντικά ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος για αποθήκευση και αυξάνονται οι κίνδυνοι αλλοιώσεων του προϊόντος. Οι σπόροι πρέπει να αποθηκεύονται σε χώρο κατάλληλων προδιαγραφών, εξασφαλίζοντας την συντήρηση σε επαρκή αερισμό και θερμοκρασία κατώτερη των 20° C.

Όπως και στα υπόλοιπα σιτηρά, συνιστάται η εναλλαγή με ψυχανθή στον αγρό προς όφελος της καλλιέργειας. Η αμειψισπορά βελτιώνει το πορώδες, την δομή και τη γονιμότητα του εδάφους, επηρεάζοντας συγκεκριμένους πληθυσμούς μικροοργανισμών στη ριζόσφαιρα. Παράλληλα συνεισφέρει στην καλύτερη αξιοποίηση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων, τον έλεγχο των εχθρών, ασθενειών, ζιζανίων και τελικά στην σταθεροποίηση των αποδόσεων. Οι αποδόσεις δημητριακών μετά από την εναλλαγή με ψυχανθή, αναφέρονται συχνά ότι είναι 40-80% μεγαλύτερες από αυτές που επιτυγχάνονται στις καλλιέργειες δημητριακών χωρίς λίπασμα N, παράγοντας επιπλέον 450-1000 kg κόκκους ανά εκτάριο (Espinoza et al, 2015).

1.4.3. Αγρονομικά χαρακτηριστικά

Μορφολογικά το *Tritordeum* μοιάζει με το σιτάρι. Διαθέτει καλά χαρακτηριστικά όπως μακριές ταξιανθίες και γεμάτους σπόρους. Σε σχέση με το σιτάρι, το *Tritordeum* έχει κοντύτερο στέλεχος, που του αποδίδει καλύτερη αντοχή στο πλάγιασμα. Επιπλέον έχει μεγαλύτερο αριθμό ανθέων ανά στάχυ. Η άνθηση πραγματοποιείται αργότερα από ότι στο σιτάρι, με αποτέλεσμα η ωρίμανση να γίνεται οψιμότερα, περίπου 8 ημέρες. Στο *Tritordeum*, επίσης, η περίοδος πλήρωσης σιτηρών είναι συντομότερη από ότι στο σιτάρι και το *Triticale*. Η καλλιέργεια *Tritordeum* αποδίδει μικρότερο ποσοστό βιομάζας σε σχέση με το σιτάρι. (Cubero et al, 1986, Martinek et al, 2003).

Πλεονέκτημα αποτελεί η ιδιότητα του να εκμεταλλεύεται αποτελεσματικά τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους του εδάφους. Η ιδιότητα αυτή αποφέρει μεγαλύτερη αντοχή στην ξηρασία σε σχέση με τον σίτο. Επιπλέον εμφανίζει ανθεκτικότητα στην αλατότητα του εδάφους (Villegas et al, 2010). Επίσης, το *Tritordeum* έχει μεγαλύτερη αποδοτικότητα χρήσης αζώτου, από το σιτάρι και το *Triticale*, που το κάνουν ανθεκτικότερο σε συνθήκες χαμηλού αζώτου στο έδαφος (Barro et al, 1991).

Η αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες του *Tritordeum* αποδίδεται στα γονίδια που μεταφέρθηκαν από το *Hordeum chilense*. Εμφανίζει ανθεκτικότητα στο ωίδιο του σιταριού, του κριθαριού, της βρώμης και της σίκαλης, *Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*, *E. graminis* ff.ssp. *hordei*, *avenae* και *secalis*, αντίστοιχα. Ακόμα, είναι ανθεκτικό στο μύκητα *Septoria tritici*, ωστόσο δεν αντιστέκεται το ίδιο στο *Septoria nodorum*, που όμως σε πειράματα, κάποια φυτά *Tritordeum* έδειξαν κάποια αντίσταση και ήταν ανθεκτικότερα από τα φυτά σιταριού. Παρόλο που η καλλιέργεια του *Tritordeum* μπορεί να θεωρηθεί ευαίσθητη στο *Fusarium culmorum*, το

επίπεδο της αντίστασης είναι κατά μέσο όρο υψηλότερο στο Tritordeum από ότι στο σιτάρι (Martin et al, 2000). Επιπλέον, έχει αναφερθεί ανθεκτικότητα σε σκωριάσεις όπως *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* (Martinek et al, 2003).

1.4.4. Αποδόσεις

Η απόδοση του Tritordeum σε σπόρο, αναφέρεται να κυμαίνεται μεταξύ 20%- 40% της μέσης απόδοσης του σίτου (Garllardo et Fereres, 1996). Ωστόσο οι τιμές αυτές σημειώθηκαν στις πρώτες πειραματικές γραμμές του Tritordeum και από τότε γίνονται προσπάθειες από τους βελτιωτές μεγιστοποίησης των αποδόσεων.

Σε έρευνα που διεξήχθη σε Ισπανία, Λίβανο, Τυνησία για τον προσδιορισμό της απόδοσης του Tritordeum και την σύγκριση με το Triticale και το σιτάρι κάτω από ξηρές μεσογειακές συνθήκες, βρέθηκε ότι η απόδοση σε σπόρο του Tritordeum ανέρχεται σε 3 t/ ha⁻¹ υπό συμβατική καλλιέργεια (Villegas et al, 2010). Στην ίδια μελέτη, αποδείχτηκε ότι σε ξηρότερες συνθήκες και σε περιοχές που εξαρτώνται μόνο από το νερό της βροχής, οι αποδόσεις Tritordeum ήταν παρόμοιες με του Triticale και το σιταριού. Ωστόσο, σε πιο ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης οι αποδόσεις σιταριού και Triticale είναι υψηλότερες από του Tritordeum. Μάλιστα, παρατηρήθηκαν διαφορές που σχετίζονται με την έλλειψη νερού σε ανάλογο στάδιο ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη διαφορά στην απόδοση, εις βάρος του Tritordeum σε σχέση με τα άλλα είδη, όταν σημειώθηκε καταπόνηση νερού την περίοδο πριν από την άνθηση, ενώ όταν εφαρμόστηκε στο στάδιο της άνθησης η διαφορά ήταν μικρότερη. Το γεγονός αυτό εξηγείται από το ότι το βάρος του πυρήνα έχει βρεθεί να είναι ο περιοριστικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της απόδοσης στο Tritordeum. Οπότε, η έλλειψη νερού στο στάδιο πριν την άνθηση οδήγησε στο χαμηλό βάρος του πυρήνα, και άρα στην χαμηλή απόδοση της καλλιέργειας.

Παράλληλα, σε πειράματα αγρού για την σύγκριση της απόδοσης μεταξύ Tritordeum μαλακού και σκληρού σίτου, έχει παρατηρηθεί μεγαλύτερος αριθμός ανθέων και καρπών ανά στάχυ στο Tritordeum. Μάλιστα, έχει καταγραφεί ότι το Tritordeum παράγει περισσότερους στάχους ανά μονάδα έκτασης γης σε σχέση με το σιτάρι. Παρά το γεγονός αυτό, η συνολική απόδοση του Tritordeum ήταν μικρότερη, καθώς σημειώθηκε μικρότερη τιμή κατά την μέτρηση του βάρους χιλίων κόκκων (Pinto et al, 2002).

Η βιολογική καλλιέργεια του Tritordeum αποδίδει σε σπόρο 1.02 t / ha⁻¹ και 0.86 t/ ha⁻¹ για τις ποικιλίες Bulel και HTC-444, αντίστοιχα (Visioli et al, 2020).

1.5. Ποικιλίες

Μετά την εγγραφή της πρώτης ποικιλίας Aucan το 2011, ακολούθησε η Bulel το 2015. Μέχρι τώρα, επίσημα έχουν καταγραφεί αυτές οι δύο ποικιλίες. Η Bulel αναφέρεται να έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες που κυμαίνεται μεταξύ 12-14% σε σχέση με την Aucan στα 11- 13% (British society of baking, 2016). Σε ερευνητικό επίπεδο έχουν καλλιεργηθεί και άλλες αναπαραγωγικές γραμμές εξαπλοειδούς Tritordeum που φαίνεται να εμφανίζουν διαφορές μεταξύ τους στα αγρονομικά χαρακτηριστικά, όπως ύψος φυτών, αποδόσεις, βάρος σπόρου (Kakabouki et al, 2020). Οι διαφορές αυτές εξηγούνται από τη μεγάλη γενετική μεταβλητότητα που εμφανίζει το Tritordeum ως υβρίδιο που προκύπτει από τη διασταύρωση με ένα άγριο είδος (Martin et al 1999).

1.6. Χημική σύνθεση

1.6.1. Καροτενοειδή

Πολλές από τις ιδιότητες του *Hordeum chilense* αποτυπώνονται στο Tritordeum. Όσο αφορά τα συστατικά του σπόρου η πιο σημαντική συνεισφορά του μητρικού γονέα είναι ότι προσδίδει μεγάλη περιεκτικότητα σε χρωστικές ουσίες στο Tritordeum. Οι σπόροι χαρακτηρίζονται από υψηλό επίπεδο καροτενοειδών σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σιτηρά. Στα σιτηρά, συμπεριλαμβανομένου του Tritordeum, η λουτεΐνη είναι το κύριο καροτενοειδές και θεωρείται ευεργετική για την υγεία των ματιών, την προστασία του δέρματος από τις ακτίνες UV και την πρόωρη γήρανση. Η συνολική λουτεΐνη στο Tritordeum ανέρχεται σε 6.14 ± 0.12 $\mu\text{g/g}$ και αποτελεί το 87.65% των καροτενοειδών που περιέχει. Το 55.05% της συνολικής λουτεΐνης αποτελείται από εστεροποιημένη λουτεΐνη (25.95% είναι μονοεστέρες και 29.10% διεστέρες). Η υψηλή αναλογία σε εστεροποιημένη μορφή θεωρείται θετικό χαρακτηριστικό, καθώς η λουτεΐνη παρατηρείται να είναι ανθεκτικότερη, δηλαδή αποδομείται βραδύτερα, σε σχέση με την ελεύθερη μορφή, κατά τα στάδια της συγκομιδής, της αποθήκευσης των σιτηρών και της θερμικής επεξεργασίας των τροφίμων, όπως το ψήσιμο του ψωμιού. Στην εστεροποίηση της λουτεΐνης εμπλέκονται δύο λιπαρά οξέα, το λινολεϊκό και το παλμετικό οξύ. Το επίπεδο λουτεΐνης είναι υπεύθυνο για το κίτρινο χρώμα του ενδοσπερμίου του Tritordeum. Ακόμα, διαθέτει μικρότερα αλλά ανιχνεύσιμα επίπεδα β - καροτένιου (Mellado-Ortega and Hornero-Méndez, 2015).

1.6.2. Πρωτεΐνες

Το Tritordeum, σε σύγκριση με άλλα δημητριακά, έχει ελαφρώς υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες. Κατά μέσο όρο οι πρωτεΐνες κόκκου περιέχονται σε επίπεδα 17,6 έως 25,2% επί ξηράς ουσίας και είναι σταθερά υψηλότερα από του σίτου και του triticale (Cubero et al, 1986). Μετρήσεις και αποτελέσματα πειραμάτων έχουν δείξει ότι η περιεκτικότητας του κόκκου Tritordeum σε πρωτεΐνη σχετίζεται αρνητικά με το βάρος του. Άρα η αυξημένη ποσότητα πρωτεϊνών επιφέρει χαμηλότερο βάρος πυρήνα και κατά συνέπεια μειωμένη απόδοση (Gallardo and Fereres, 1993 (2)).

1.6.3. Μέταλλα

Υπό οργανική καλλιέργεια η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων ανά μονάδα βάρους κόκκου Tritordeum αναφέρεται να είναι κατά μέσο όρο 2.48 % N, 429 mg Ca/kg-1, 52 mg Fe/kg-1, 6115 mg K/kg-1, 1662 mg Mg/kg-1 , 5858 mg P/kg-1, 1938 mg S/kg-1, 65.1 mg Zn/kg-1. Ενώ, υπό συμβατική η συγκέντρωση του κόκκου σε θρεπτικά συστατικά είναι κατά έσο όρο 2.28 % N, 436.5 mg Ca/kg-1, 55.41 mg Fe/kg-1 , 5634 mg K/kg-1, 15.61 mg Mg/kg-1, 5228 mg P/kg-1, 1960 mg S/kg-1 , 49.2 mg/kg-1 (Visioli et al, 2020). Η περιεκτικότητα σεληνίου είναι 0.039 mg / kg ξηρής μάζας (Le Minh et al, 2017).

Παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε μέταλλα υπό οργανική διαχείριση, παρά υπό συμβατική. Η οργανική διαχείριση διευκολύνει την πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων, πιθανώς λόγω της βελτιωμένης μικροβιακής βιοποικιλότητας και του υψηλότερου φορτίου βακτηρίων που εμπλέκονται στη βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών. Επίσης, η αυξημένη περιεκτικότητα σε μακρο και μικροθρεπτικά συστατικά μπορεί να σχετίζεται αρνητικά με την μειωμένη απόδοση της οργανικής καλλιέργειας (Visioli et al, 2020).

1.6.4. Άμυλο

Το Tritordeum, σε σύγκριση με άλλα δημητριακά, έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άμυλο, που κυμαίνεται μεταξύ 59% και 68% του ξηρού βάρους κόκκου. Η περιεκτικότητα του σπόρου σε άμυλο της μορφής RS3 ανέρχεται σε 2.26% του ξηρού βάρους κόκκου. Το επίπεδο RS3 θεωρείται παρόμοιο με το κριθάρι. Η RS θεωρείται πηγή λειτουργικών ινών, με σημαντικό ρόλο στη φυσιολογία της πέψης. Τρόφιμα, άφθονα σε RS έχουν χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη (GI) και έχουν ικανότητα διατήρηση της φυσιολογικής γλυκόζης (Mikulikova et al, 2006).

1.6.5. Τέφρα

Η περιεκτικότητα του σπόρου σε τέφρα κυμαίνεται από 1.55% έως 1.79% (Erlandsson, 2010)

1.6.6. Φυτικές ίνες

Σε σχέση με το σιτάρι, το *Tritordeum* έχει περισσότερες συνολικές φυτικές ίνες. Το ποσοστό 14.3 % υπερβαίνει του σιταριού 12.8 %, όχι όμως του κριθαριού 17.6 %. Γενικά, το προφίλ των φυτικών ινών είναι παρόμοιο με του σιταριού και του κριθαριού, καθώς περιέχει αραβινόζη 2.7 %, ξυλόζη 4.4 %, μαννόζη 0.4 %, γαλακτόζη 0.3% και κυτταρίνη 2%. Το *Tritordeum* περιέχει περισσότερη συγκέντρωση από τα παρακάτω σε σύγκριση με το σιτάρι. Σε ξηρή ύλη *Tritordeum* περιέχονται αραβινοξυλάνη 7.2 %, φρουκτάνη 1.9 %, Klason λιγνίνη 1.5 % και ουρονικό οξύ 0.5%. Η υψηλή περιεκτικότητα σε αραβινοξυλάνη είναι μια εξήγηση για το καλό ιξώδες και την ποιότητα παρασκευής ψωμιού του *Tritordeum*. Αντίθετα περιέχει μικρότερη ποσότητα σε β- γλυκάνη (0.6 %) και γλυκόζη (2.6 %) (Erlandsson, 2010). Το αλεύρι ολικής αλέσεως *tritordeum* έχει περιεκτικότητα β-γλυκάνης 5 φορές χαμηλότερη από το κριθάρι (Giordano et al, 2019).

1.6.7. Φαινολικές ενώσεις

Μεταξύ των διαφορετικών αντιοξειδωτικών που υπάρχουν στα δημητριακά, οι φαινολικές ενώσεις φαίνεται να έχουν τη μεγαλύτερη πιθανότητα να είναι ευεργετικές για την υγεία. Στο *Tritordeum* υπάρχει μεγάλη μεταβλητότητα στο περιεχόμενο των φαινολικών ενώσεων και ο κύριος παράγοντας που το καθορίζει είναι ο γονότυπος και δευτερευόντως το περιβάλλον. Όπως και στο σιτάρι αλλά και στα υπόλοιπα δημητριακά ολικής αλέσεως, το φουρουλικό οξύ είναι η κυρίαρχη φαινολική ένωση που βρίσκεται στους σπόρους του *Tritordeum*. Το ποσοστό φουρουλικού οξέος στο σύνολο των φαινολικών ενώσεων του *Tritordeum* είναι κατά μέσο όρο 76,38% και είναι παρόμοιο με το εύρος που έχει καταγραφεί για το σιτάρι 72-89,5%. Το 90,2% του ολικού φουρουλικού οξέος βρίσκεται στο κλάσμα των δεσμευμένων φαινολικών οξέων. Το συριγγικό και το *p*-κουμαρικό οξύ καταλαμβάνουν το 16,6% και 4,52%, αντίστοιχα, των συνολικών φαινολικών οξέων. Επιπλέον στους κόκκους *Tritordeum* βρίσκεται βανιλικό και καφεϊκό οξύ (Navas-Lopez et al, 2014), αλλά και σιναπικά, κινναμικά και γεντατικά οξέα (Montesano et al, 2020). Πολλές μελέτες υποστηρίζουν ότι η σύνθεση των φαινολικών ενώσεων στο *Tritordeum* και το σιτάρι είναι πιο κοντά στον σκληρό σίτο, παρά στο κριθάρι (Giordano et al, 2019). Στην μελέτη των Eliášová and Paznocht, 2017 προέκυψε ότι η ολική φαινολογική περιεκτικότητα και η αντιοξειδωτική δραστηριότητα στο

Tritordeum είναι ελαφρώς χαμηλότερη από ότι στο σιτάρι, ενώ στην πιο πρόσφατη των Montesano et al, 2020 βρέθηκε ότι η φαινολική περιεκτικότητα είναι μεγαλύτερη από του σκληρού σίτου.

1.6.8. Γλουτένη

Η σύνθεση των προλαμίνων του Tritordeum γίνεται από γονιδίωμα του *H. Chilense*. Οι προλαμίνες επιδρούν σημαντικά στην αντοχή της γλουτένης (Caballero et al, 2008). Η σύνθεση της γλουτένης στο Tritordeum είναι διαφορετική από του σιταριού. Σε έρευνες, αναλύσεις των πρωτεϊνών γλουτένης στο Tritordeum και το σιτάρι, έχουν δείξει ότι η πιο σημαντική διαφορά μεταξύ τους είναι ότι τα επίπεδα ω-γλιαδινών στο αλεύρι του Tritordeum είναι χαμηλότερα σε σχέση με τα επίπεδα των αντίστοιχων πρωτεϊνών στο σιτάρι. Μάλιστα παρατηρείται μεγαλύτερη μείωση στο ψωμί από ότι στο αλεύρι, υποδεικνύοντας ότι οι ω-γλιαδίνες του Tritordeum είναι ευαίσθητες στην αποικοδόμηση κατά τη διαδικασία αρτοποιίας. Σε σύγκριση με το σιτάρι, ο αριθμός των ανοσογόνων επιτόπων στο Tritordeum είναι μειωμένος κατά 78% για τις α-γλιαδίνες, 57% για τις γ-γλιαδίνες και 93% για τις ω-γλιαδίνες. Συνολικά, το επίπεδο γλουτένης στο Tritordeum είναι 49% χαμηλότερο από ότι στο σιτάρι. Ως αποτέλεσμα, το Tritordeum έχει χαμηλότερη ανοσογονική ικανότητα από το σιτάρι.

Διαταραχές που σχετίζονται με τη γλουτένη είναι η νόσος κοιλιοκάκη (CD) και η ευαισθησία στη γλουτένη (NCGS). Σε μελέτες έχει αποδειχτεί, ότι το Tritordeum είναι κατάλληλο για τη διατροφή ατόμων που θέλουν να μειώσουν τη πρόσληψη της γλουτένης. Θεωρείται ανεκτό από άτομα με ευαισθησία στη γλουτένη, καθώς για την υποχώρηση συμπτωμάτων NCGS δεν απαιτείται αυστηρός αποκλεισμός της γλουτένης, αλλά ρύθμιση της προσληφθείσας ποσότητας. Δεν μπορεί να συμπεριφερθεί, όμως, στην δίαιτα ατόμων που πάσχουν από κοιλιοκάκη (Sánchez-León et al, 2020). Η μειωμένη περιεκτικότητα του Tritordeum σε γλουτένη θεωρείται ενδιαφέρον χαρακτηριστικό, καθώς η αυξημένη ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα που αφορά τις παθήσεις που οφείλονται στη γλουτένη έχει οδηγήσει σε αύξηση της ζήτησης για προϊόντα με μειωμένη ή καθόλου γλουτένη. Το Tritordeum πλεονεκτεί στο γεγονός ότι δεν υπόκειται σε κάποια επεξεργασία, αλλά πρόκειται για φυσικό προϊόν. Μάλιστα, Σε δοκιμές που έχουν γίνει σε πάσχοντες από ευαισθησία στη γλουτένη, το ψωμί Tritordeum φάνηκε να έχει μεγαλύτερη προτίμηση όσο αφορά τα εμφανισιακά και γευστικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με το ψωμί χωρίς γλουτένη (Vaquero et al, 2017).

1.7. Χρήσεις *Tritordeum*

Από τα πρώτα βήματα της αναπαραγωγής του, το *Tritordeum* φάνηκε να είναι κατάλληλο για την ανθρώπινη διατροφή, λόγω των ποιοτικών χαρακτηριστικών του και της ομοιότητά του με το μαλακό σιτάρι.

Η κύρια αξιοποίησή του είναι η παραγωγή άλευρου από τους σπόρους. Πολλές έρευνες έχουν εξετάσει τις ιδιαιτερότητες του *Tritordeum* και την προοπτική της αξιοποίησής του στην αρτοποιία και έχουν αποφανθεί ότι το αλεύρι του είναι κατάλληλο για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, καθώς διαθέτει καλά οργανοληπτικά και ρεολογικά χαρακτηριστικά. Το αλεύρι είναι εμπλουτισμένο με βιταμίνες, μέταλλα ακόρεστα λιπαρά οξέα και αντιοξειδωτικές ενώσεις, όμοια με το σιτάρι. Μάλιστα υπερτερεί σε ορισμένα χαρακτηριστικά όπως η υψηλή περιεκτικότητα σε λουτεΐνη και η χαμηλή συγκέντρωση πεπτιδίων γλουτένης. Ωστόσο, για να εκμεταλλευτούμε με τον αποτελεσματικότερο τρόπο τις ιδιότητες του, προτείνεται η χρήση άλευρου που προήλθε από ολική άλεση. Παρόλο αυτά, τα εσωτερικά στρώματα του πυρήνα χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις βιοδραστικών ενώσεων, που περιέχονται και σε επεξεργασμένο αλεύρι (Giordano et al, 2019).

Οι παράμετροι που σχετίζονται με την ποιότητα της παρασκευής ψωμιού, είναι ικανοποιητικά αποδεκτοί. Έχει παρουσιάσει ιδιότητες ψησίματος ελαφρώς φτωχότερες από αυτές του ψωμιού (Alvarez and Martín, 1996). Οι τιμές υαλότητας και σκληρότητας σπόρου δείχνουν σαφώς ότι το *Tritordeum* χρησιμοποιείται καλύτερα για παραγωγή αλευριού παρά για σιμιγδάλι, διαχωρίζοντάς το έτσι από τα σκληρά σιτάρια. Η τιμή σκληρότητας του σπόρου είναι 35%, υποδεικνύοντας ότι πρόκειται για ένα μαλακό για άλεση σιτηρό. Η μέση τιμή υαλότητας είναι 4%, αλλά παρατηρείται να έχει μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των γραμμών αναπαραγωγής *Tritordeum* (Alvarez et al, 1992). Ο δείκτης L που σχετίζεται με την εκτασιμότητα της ζύμης και τη ποσότητα του αέρα που εγκλωβίζεται στις φυσαλίδες της ζύμης παίρνει τιμές 68-120 mm, όμοια με το μαλακό σιτάρι. Ο δείκτης ελαστικότητας (Ie) είναι σε υψηλά επίπεδα, μεταξύ 35-40 % και ο δείκτης W που αντιπροσωπεύει την ενέργεια που απαιτείται για την επέκταση της ζύμης κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 107 και 227. Ωστόσο, για να επιτευχθεί όσο το δυνατό καλύτερο αποτέλεσμα κατά την αρτοποιασκευή, συνιστάται η μείωση της ποσότητας του προστιθέμενου νερού, το οποίο θα πρέπει να αντιστοιχεί στο 45% του μείγματος. Επιπλέον, καθώς το αλεύρι περιέχει λιγότερη γλουτένη, συνιστάται η ανάμιξη της ζύμης να γίνεται με μικρότερη ταχύτητα και διάρκεια, ώστε να προκαλείται λιγότερη βλάβη στο δίκτυο της πρωτεΐνης, προς όφελος της ποιότητας ψησίματος. Η ζελατινοποίηση του αμύλου, δηλαδή η διαδικασία που αποφέρει την διόγκωση του ψωμιού ξεκινάει σε θερμοκρασία 61°C, ομοίως με το ψωμί από σιτάρι (Bosc- Bierne et al, 2019, Hrušková et al, 2010).



Εικόνα 6: Ψωμί από Tritordeum. Πηγή alsiano.com

Το ψωμί έχει ικανοποιητική υφή και δομή. Όσο αφορά τα γευστικά χαρακτηριστικά, είναι εύγευστο και περισσότερο γλυκό από του σίτου, με ευχάριστο άρωμα. Μάλιστα το κίτρινο χρώμα της ψίχας, προσδίδει στο ψωμί ελκυστική εμφάνιση. Το ψωμί από αλεύρι ολικής άλεσης, είναι καφετί, και έχει επίσης καλή εμφάνιση και γεύση (Erlandsson, 2010).

Το αλεύρι από Tritordeum είναι αξιοποιήσιμο ευρέως από την βιομηχανία τροφίμων. Χάρης στην εύκολη διαχείριση της ζύμης, εκτός από την παρασκευή ψωμιού, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τύπους προϊόντων αρτοποιίας και ζαχαροπλαστικής. Μπορούν να παραχθούν προϊόντα όπως, μπισκότα, κρουασάν, σφολιάτες, κέικ, ζυμαρικά, πίτσα, παναρισμένα προϊόντα, δημητριακά πρωινού και θρεπτικές μπάρες.

Επιπλέον, οι σπόροι Tritordeum μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην βιομηχανία ζυθοποιίας. Το δυναμικό της βύνης είναι υψηλό για την παραγωγή μπίρας και μπορεί να αξιοποιηθεί είτε προστιθέμενη στη βύνη κριθαριού, εισάγοντας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του είδους στην μπίρα, είτε ως κύρια πηγή αμύλου. Η υψηλή του ενζυματική δραστηριότητα και άλλες ποιοτικές παράμετροι, καταστούν δυνατή τη χρήση 100% βύνης Tritordeum για την παραγωγή μπίρας χωρίς την προσθήκη εξωγενών ενζύμων (Zdaniewicz et al, 2020). Μάλιστα, μπορεί να αξιοποιηθεί ξανά το Tritordeum που χρησιμοποιήθηκε στη ζυθοποιία. Οι σπόροι των σιτηρών, οι οποίοι έχουν αναλωθεί κατά τη διαδικασία παρασκευής μπίρας (BSG), διαχειρίζονται ως κύριο υποπροϊόν της βιομηχανίας ζυθοποιίας. Μπορούν να ανακυκλωθούν και να λειτουργήσουν ως συστατικό για την αύξηση της θρεπτικής αξίας των προϊόντων με βάση τα δημητριακά. Στην μελέτη των Nocente et al, 2021 η προσθήκη BSG από Tritordeum σε ζυμαρικά, έδειξε καλά αποτελέσματα. Τα ζυμαρικά εμπλουτίστηκαν κυρίως με πρωτεΐνες, φυτικές ίνες και β-γλυκάνη.



Εικόνα 7: Είδη άλευρων από tritordeum. Πηγή intifood



Εικόνα 8: Μπύρα από Tritordeum Πηγή intifood

1.8. Λίπανση

1.8.1. Θρεπτικά στοιχεία

1.8.1.1. Άζωτο (N)

Τα φυτά εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα του αζώτου, αφού είναι απαραίτητο στοιχείο για την σύνθεση ζωτικών φυτικών μορίων, όπως τα νουκλεϊκά οξέα και οι πρωτεΐνες. Το κρίσιμο επίπεδο περιεκτικότητας αζώτου στα φυτά κυμαίνεται περίπου στο 3%. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης, σχετίζεται στενά με την περιεκτικότητα των φύλλων σε άζωτο, η οποία επηρεάζει τόσο την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, όσο και την δραστηριότητα της καρβοξυλάσης της διφωσφοριβουλόζης που παίζει αποφασιστικό ρόλο στη δέσμευση CO₂ (Zuluaga and Sonnante, 2019). Τα φυτά απορροφούν άζωτο με τις μορφές νιτρικού και αμμωνιακού αζώτου.

Για τις καλλιέργειες σιτηρών το άζωτο είναι το πιο σημαντικό θρεπτικό στοιχείο, καθώς επηρεάζει άμεσα την παραγωγικότητα και την ποιότητα των προϊόντων. Οι υψηλές αποδόσεις και η ταχεία ανάπτυξη των φυτών εξαρτώνται από την επάρκεια αζώτου. Επίσης, δεδομένου ότι οι σπόροι περιέχουν άζωτο, συγκεκριμένα στο Tritordeum περίπου 2.3%, γίνεται αντιληπτό πως το στοιχείο επιδρά στην ποιότητά του. Το άζωτο αυξάνει την βιομάζα, τον αριθμό των στάχων ανά επιφάνεια εδάφους και τον αριθμό καρπών ανά στάχυ. Επιπλέον αυξάνει την

περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνες, αλλά δεν σχετίζεται στενά με την αύξηση του βάρους των καρπών. Ωστόσο, υπερβολικές ποσότητες αζώτου ευνοούν την ανάπτυξη του βλαστού και του στελέχους και προκαλούν πλάγιασμα (Κραμάνος, 1994).

1.8.1.2. Φώσφορος (P)

Ο φώσφορος είναι βασικό θρεπτικό συστατικό για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών, καθώς εμπλέκεται στην κυτταρική μεταφορά ενέργειας, στην αναπνοή, στην φωτοσύνθεση και σε άλλες φυσιολογικές διαδικασίες. Είναι δομικό συστατικό πολλών ενζύμων, φωσφολιπιδίων και μέρος της γενετικής μνήμης DNA. Απορροφάται από τα φυτά στις μορφές H_2PO_4^- και $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$.

Στις καλλιέργειες ο φώσφορος δρα συνεργιστικά με το άζωτο προς όφελος των φυτών. Στα σιτηρά η επάρκεια φωσφόρου επιδρά θετικά στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, στο αδέλφωμα, ενώ υπάρχει μικρή συσχέτιση P με το τελικό βάρος καρπών. Επιπλέον η επαρκής διαθεσιμότητα του P επιταχύνει την ανάπτυξη και προωμίζει την καλλιέργεια (Καραμάνος, 1994, Shabnam et al, 2018).

1.8.1.3. Κάλιο (K)

Το κάλιο ανήκει στα βασικά μακροστοιχεία και η επάρκειά του είναι σημαντική για την ευρωστία των φυτών. Συμμετέχει στην σύνθεση ζαχάρων και αμύλου, στην διακίνηση των υδατανθράκων και στην αναγωγή νιτρικών στους μεριστωματικούς ιστούς.

Στις καλλιέργειες σιτηρών, οι επαρκείς ποσότητες K επιτρέπουν στα φυτά να χρησιμοποιούν το διαθέσιμο νερό με πιο αποτελεσματικό τρόπο για την παραγωγή ξηρής ουσίας. Επιπλέον αυξάνει την αποτελεσματικότητα της φωτοσύνθεσης, ευνοώντας το γέμισμα των καρπών. Ακόμα, αυξάνεται η αντοχή των φυτών σε ορισμένες ασθένειες. Το κάλιο, επίσης αυξάνει τη δομική σταθερότητα των φυτικών κυττάρων, η οποία με τη σειρά της ενισχύει το φυτό, δημιουργώντας ισχυρότερα στελέχη και αυξάνοντας τις ρίζες του λαιμού, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο πλαγιάσματος (Καραμάνος, 1994).

1.8.2. Προσθήκη θρεπτικών στοιχείων στις καλλιέργειες σιτηρών

Η προσθήκη λιπασμάτων οφείλεται να γίνεται σύμφωνα με τον ρυθμό απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά. Για κάποια στοιχεία, όπως το άζωτο, η πρόσληψη είναι συνεχής και στον ρυθμό απορρόφησης αποτυπώνονται δύο κρίσιμες αιχμές, μία στα αρχικά στάδια ανάπτυξης και μία λίγο πριν την άνθηση. Ο ρυθμός απορρόφησης αζώτου είναι παρόμοιος με του φωσφόρου και του μαγνησίου. Ωστόσο, ο ρυθμός απορρόφησης του καλίου

που μοιάζει με του ασβεστίου και του θείου, παρουσιάζει αρκετές διαφορές με το άζωτο. Οι αιχμές απαιτήσεων εμφανίζονται, η μία πολύ νωρίς, στα πρώτα στάδια ανάπτυξης και η δεύτερη, σημαντικά μικρότερη, κοντά στο ξεστάχισμα.

Καθώς το άζωτο είναι το στοιχείο που αποτελεί τον μεγαλύτερο περιοριστικό παράγοντα για την απόδοση των σιτηρών, η προσθήκη του στις καλλιέργειες, συνήθως δεν παραλείπεται. Για τον φώσφορο, η αντίδραση των φυτών στην προσθήκη του, εξαρτάται από την εδαφική υγρασία, τον αφομοιώσιμο εδαφικό φώσφορο και την επάρκεια αζώτου. Οπότε η προσθήκη και το μέγεθος της δόσης εξαρτώνται από τα αποθέματα φωσφόρου στο έδαφος και το ιστορικό φωσφορικής λίπανσης στον αγρό. Για το κάλιο, η απόφαση ανεφοδιασμού του αγρού και η ποσότητά λιπάσματος εξαρτάται από την επάρκειά του στο έδαφος. Στα ελληνικά εδάφη, επειδή διαθέτουν επαρκείς ποσότητες καλίου, δεν είναι απαραίτητη η προσθήκη του στοιχείου.

1.8.2.1. Ανόργανη λίπανση

Τα ανόργανα λιπάσματα είναι χημικά, δηλαδή βιομηχανικώς κατασκευασμένα. Στα ανόργανα λιπάσματα, τα δηλούμενα θρεπτικά συστατικά περιέχονται υπό ανόργανη μορφή, που λαμβάνεται με εκχύλιση ή με φυσικές ή/και χημικές διεργασίες. Κατά συνθήκη, θεωρούνται ως ανόργανα λιπάσματα το ασβεστοκυαναμίδιο, η ουρία, καθώς και τα προϊόντα συμπύκνωσης και συνδυασμού αυτής και τα λιπάσματα που περιέχουν θρεπτικά ιχνοστοιχεία υπό μορφή χηλικού ή άλλου συμπλόκου. Αζωτούχο καλείται το λίπασμα, το οποίο περιλαμβάνει άζωτο στα δηλούμενα θρεπτικά συστατικά (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2015).

Η συμβατική λίπανση στα σιτηρά συνήθως εφαρμόζεται κατά τη σπορά (βασική λίπανση) με ένα μέρος του λιπάσματος και στην συνέχεια η υπόλοιπη ποσότητα εναποθέτεται επιφανειακά.

Η διεύθυνση προστασίας φυτικής παραγωγής του υπουργείου αγροτικής ανάπτυξης και τροφίμων, στις οδηγίες ολοκληρωμένης φυτοπροστασίας για την καλλιέργεια του σίτου, συστήνει κατά την βασική λίπανση να προστίθεται στον αγρό το $\frac{1}{2}$ ή $\frac{1}{3}$ του συνολικού αζώτου και όλη η ποσότητα του φωσφόρου. Η αναλογία 2N:1P θεωρείται κατάλληλη για τα ελληνικά εδάφη. Προτείνεται να χρησιμοποιείται φωσφορική αμμωνία (20-10-0) που δεν εκπλύνεται εύκολα. Αν προστεθεί κάλιο θα πρέπει να ενσωματωθεί κατά την βασική λίπανση, αλλά συνήθως δεν απαιτείται. Η ενσωμάτωση των λιπασμάτων γίνεται λίγο βαθύτερα από το σπόρο, σε παράλληλες γραμμές προς τις γραμμές φύτευσης. Η επιφανειακή λίπανση πραγματοποιείται, προσθέτοντας την υπόλοιπη ποσότητα αζώτου στο στάδιο του αδελφώματος. Η παρουσία της υγρασίας πρέπει να είναι εξασφαλισμένη για να μην

εξαερωθεί το λίπασμα . οπότε αν το λίπασμα δεν ενσωματωθεί με το νερό της βροχής, εφαρμόζεται ελαφριά άρδευση.

Η ποσότητα της λίπανσης εξαρτάται από το έδαφος, την προηγούμενη καλλιέργεια, τις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας και κυρίως από την απόδοση που επιδιώκεται. Ενδεικτικά, η ποσότητα του σύνθετου λιπάσματος 2N:1P που εφαρμόζεται συνολικά είναι 25-30 kg/στρέμμα.

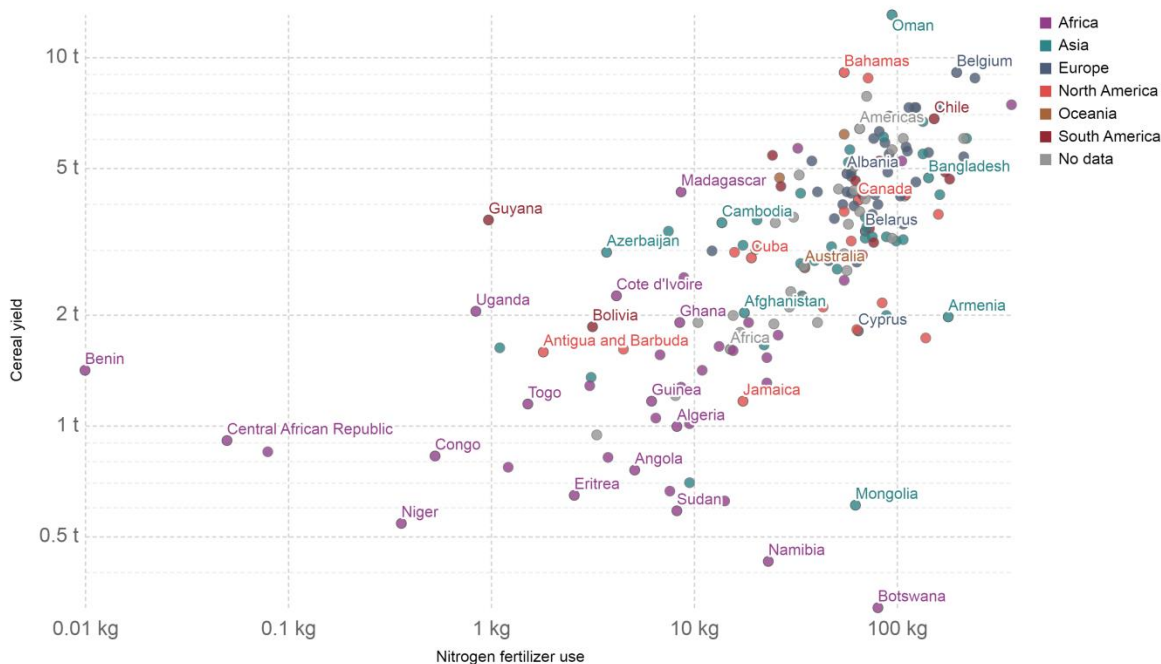
Πίνακας 1: Απαιτήσεις σε άζωτο για την επίτευξη αποδόσεων στην καλλιέργεια του σιταριού (Μπαξεβάνος, 2011).

Kg/ στρέμμα	Μονάδες N/ στρέμμα
300	9
400	12
500	15
600	18

Cereal yield vs. fertilizer use, 2017

Cereal yields are measured in tonnes per hectare. Fertilizer use is measured in kilograms of nitrogenous fertilizer applied per hectare of cropland.

Our World
in Data



Source: UN Food and Agriculture Organization (FAO)

OurWorldInData.org/fertilizers • CC BY

Διάγραμμα 1: Οι αποδόσεις των σιτηρών ανάλογα με την χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και τις χώρες. Πηγή: Our world data

Στα συστήματα γεωργίας ακριβείας, εφαρμόζεται στις καλλιέργειες διαφοροποιημένη λίπανση. Χρησιμοποιώντας εργαλεία απεικόνισης δεδομένων της καλλιέργειας μπορεί να καταγραφεί η παραλλακτικότητα και να εντοπιστούν οι συγκεκριμένες ανάγκες σε λίπανση του αγροτεμαχίου. Με τη βοήθεια εναλλακτικών εφαρμογών τηλεπισκόπησης μπορεί να γίνει μέτρηση των στοιχείων στα φύλλα της καλλιέργειας με σκοπό την καθοδήγηση επιφανειακών λιπάνσεων, στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, αλλά και στο χώρο. Η εφαρμογή λίπανσης γίνεται με χρήση ειδικού λιπασματοδιανομέα που λιπαίνει ανάλογα των εντολών που δέχεται από το σύστημα διαχείρισης δεδομένων. Έτσι, η χρήση των τεχνολογιών ακριβείας στην λίπανση βοηθά στον έλεγχο των αποδόσεων και στην εξοικονόμηση των πόρων. Όσο αφορά το άζωτο, μπορεί να επιτευχθεί μείωση της αζωτούχου λίπανσης έως και 5 kg N ανά στρέμμα (Ευαγγέλου και Τσαντίλας, 2015).

1.8.2.2. Οργανική λίπανση

Στην βιολογική γεωργία χρησιμοποιούνται είδη οργανικής λίπανσης για την προσθήκη θρεπτικών στοιχείων. Στη βιολογική διαχείριση των σιτηρών, η λίπανση σε δόσεις δεν χρησιμοποιείται ευρέως και η εξασφάλιση της επάρκειας αζώτου βασίζεται συνήθως στην εναλλαγή καλλιεργειών με ψυχανθή, στην προσθήκη οργανικών ουσιών στον αγρό πριν τη σπορά και στην υιοθέτηση συγκαλλιέργειας με ψυχανθή (Tosti et al, 2016).

Η διαχείριση της γονιμότητας του αζώτου αντιπροσωπεύει μια κρίσιμη πτυχή για την παραγωγή σιτηρών, ιδιαίτερα στο πεδίο της βιολογικής γεωργίας. Το οργανικό άζωτο τείνει να υπόκειται σε χαμηλότερες απώλειες και διατηρείται για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους, συμβάλλοντας στη βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη οργανική γονιμότητα N. Αυτό οφείλεται στην δυνητική αναπλήρωση της δεξαμενής ανοργανοποιήσιμου εδάφικου N που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των απαιτήσεων σε αζωτούχα λιπάσματα (Espinoza, et al, 2015).

1.8.2.2.1. Χλωρή λίπανση

Η χλωρή λίπανση είναι μία τεχνική κατά την οποία, μεταξύ δύο καλλιεργειών, γίνεται σπορά και μετέπειτα ενσωμάτωση ενός ή συνδυασμού φυτών. Χρησιμοποιείται κυρίως για την κάλυψη αναγκών σε άζωτο, γι' αυτό το λόγο αξιοποιούνται συνήθως ψυχανθή. Τα φυτά πρέπει να ενσωματώνονται στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης, συνήθως στην άνθηση, ώστε τα θρεπτικά στοιχεία να βρίσκονται στην μέγιστη δυνατή συγκέντρωση. Στα οφέλη της χλωρής λίπανσης συγκαταλέγονται η βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους και των φυσικών χαρακτηριστικών του (δομή, συσσωμάτωση, περατότητα, υδατοικανότητα). Επίσης, συνεισφέρει στην αντιμετώπιση των ζιζανίων. Ωστόσο η εφαρμογή της μπορεί να συνοδεύεται

με αρνητικές επιπτώσεις, όπως η απώλεια οργανικής ουσίας λόγω εντατικής κατεργασίας. Ακόμα, αρνητικό αποτέλεσμα της χλωρής λίπανσης είναι η αυξημένη κατανάλωση νερού, γι' αυτό πριν την εφαρμογή της πρέπει να εξετάζεται η καταλληλότητα του φυτικού είδους και των εδαφοκλιματικών συνθηκών που επικρατούν (Καρκάνης, 2007).

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται μερικά από τα σημαντικότερα είδη ψυχανθών που χρησιμοποιούνται για χλωρή λίπανση.

Πίνακας 2: Η ετήσια δέσμευση αζώτου διάφορων ψυχανθών σε κιλά ανά εκτάριο.

Είδος φυτού	Δέσμευση N (kg/ha/έτος)
<i>Medicago sativa</i>	220
<i>Pisum sativum</i>	180
<i>Lupinus sp.</i>	170
<i>Vicia faba</i>	170
<i>Lens culinaris</i>	160
<i>Trifolium sp.</i>	100-125
<i>Vicia sativa</i>	90
<i>Trigonella foenum-graec</i>	90

Σύμφωνα με τους Badaruddin και Meyer (1990), η χρήση από το σιτάρι του αζώτου που προέρχεται από χλωρή λίπανση, βρέθηκε να είναι καλύτερα συγχρονισμένη με τις κρίσιμες φάσεις της πρόσληψης N από την καλλιέργεια.

1.8.2.2.2. Οργανικά υλικά και οργανικά λιπάσματα

Ο εμπλουτισμός του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία μπορεί να επιτευχθεί με οργανικά υλικά. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται:

- Ζωική κοπριά και απεκκρίματα, περιττώματα γαιοσκωλήκων
- Κομπόστ από φυτικά υπολείμματα ή ζωικής προέλευσης
- Προϊόντα και υποπροϊόντα ζωικής παραγωγής (ωστάλευρα, ιχθυάλευρα, κρεατάλευρα, κτλ.)
- Φύκη
- Κατάλοιπα φυτικής ή δασικής προέλευσης (φλοιοί και θρύμματα ξύλου που δεν έχουν υποστεί χημική επεξεργασία)

Από τα οργανικά υλικά, κάποια μπορούν να ενσωματωθούν αυτούσια στον αγρό, όπως οι κοπριές και είδη κομπόστ, και κάποια υπόκεινται σε επεξεργασία για την δημιουργία οργανικών λιπασμάτων. Ο ορισμός των οργανικών λιπασμάτων είναι ο εξής:

‘Τα οργανικά λιπάσματα είναι προϊόντα επεξεργασίας αυτούσιων υλικών φυτικής ή ζωικής προέλευσης, που περιέχουν τα θρεπτικά στοιχεία σε οργανική μορφή, και η κύρια συμβολή τους στην ανάπτυξη των φυτών είναι η παροχή των στοιχείων αυτών’ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2015).

1.8.3. Επιπτώσεις λίπανσης

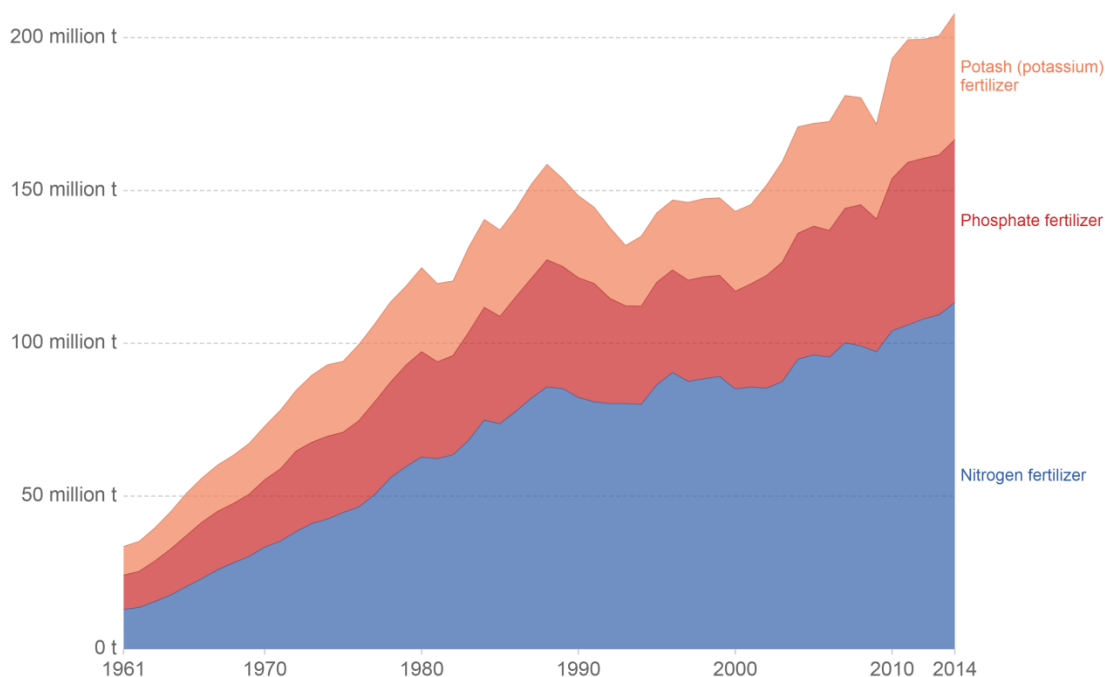
Η εντατικοποίηση των καλλιεργειών και η παραγωγή υψηλών αποδόσεων στη γεωργία, οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής χημικών λιπασμάτων, ιδιαίτερα αζωτούχων, λόγω της σημασίας του για την βελτίωση των αποδόσεων.

Η βιομηχανία παραγωγής λιπασμάτων χρησιμοποιεί ορυκτά καύσιμα ως ενέργεια και οι μονάδες εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες CO₂. Περισσότερο από 100 TgNyr⁻¹ αντιδραστικού N παράγονται ετησίως βιομηχανικά, ξοδεύοντας το 2% της παγκόσμιας ενέργειας με επιπτώσεις στην ισορροπία του άνθρακα. Από την παραπάνω ποσότητα N που παράγεται το 50% χρησιμοποιείται για την λίπανση των καλλιεργειών του αραβόσιτου, του σιταριού και του ρυζιού.

Για την καλλιέργεια των σιτηρών καταναλώνονται παγκοσμίως 80 εκ. τόνοι λιπασμάτων N. Από την ποσότητα αζώτου που προστίθεται στις καλλιέργειες λιγότερο από το 40% απορροφάται από τα φυτά, ένα μικρό ποσοστό, λιγότερο από 7% παραμένει στο έδαφος για να προσληφθεί από επόμενες καλλιέργειες και το υπόλοιπο διασκορπίζεται στο περιβάλλον, προκαλώντας ρύπανση των υδάτων, ευτροφισμό και μείωση της βιοποικιλότητας. Στις επιπτώσεις των λιπασμάτων συγκαταλέγεται και η αύξηση της αλατότητας των εδαφών. Οπότε η παραγωγή και η χρήση των ανόργανων λιπασμάτων έχουν φανερές επιπτώσεις στην μεταβολή του κλίματος (Ladha et al, 2005, Zuluaga and Sonnante, 2019). Ωστόσο, υπολογίζεται ότι 3.5 δις. άνθρωποι εξαρτιόντουσαν από την παραγωγή τροφής μέσω λιπασμάτων το 2015 (Our World in Data). Η συνεχής αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού έχει εντείνει την έρευνα για εύρεση αποτελεσματικών τρόπων αύξησης της τροφής και συνάμα εξοικονόμησης των πόρων. Οπότε, η αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών στοιχείων των καλλιεργειών κρίνεται αναγκαία.

Total fertilizer production by nutrient, World, 1961 to 2014

Total fertilizer production by nutrient type (nitrogen, phosphate and potash/potassium), measured in tonnes per year.



Source: UN Food and Agricultural Organization (FAO)

OurWorldInData.org/fertilizer-and-pesticides/ • CC BY

Διάγραμμα 2: Η παγκόσμια παραγωγή λιπασμάτων N, P και K. Πηγή: Our world data

1.9. Κλιματική μεταβολή

Πολλά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες καλλιέργειες σιτηρών, οφείλονται στην παγκόσμια μείωση της γενετικής μεταβλητότητας. Η επικράτηση συγκεκριμένων ποικιλιών των κύριων δημητριακών, δηλαδή ρύζι, σιτάρι και καλαμπόκι, για λόγους αποδοτικότητας και επιθυμητών χαρακτηριστικών και συνάμα, η ολοένα μείωση της χρήσης παραδοσιακών ποικιλιών και διαφορετικών ειδών οδήγησε σε μείωση των φυτικών γενετικών πόρων στη γεωργία. Ως αποτέλεσμα, εντάθηκε η ευπάθεια των καλλιεργειών σε αναδυόμενες ασθένειες και συναφή προβλήματα που σχετίζονται με την επισιτιστική ασφάλεια, καθώς είναι κατανοητό ότι καταναλώνονται περισσότερα φυτοφάρμακα για την διαχείριση των ασθενειών. Μάλιστα, η μείωση γενετικής μεταβλητότητας επιφέρει δυσκολίες σε κάθε μορφής προσαρμογή, ακόμα και στις συνθήκες περιβάλλοντος. Οπότε, τα ευρέως χρησιμοποιούμενα σιτηρά έχουν να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες της κλιματικής μεταβολής με λιγότερες δυνατότητες προσαρμογής.

Από την άλλη πλευρά, η εύρεση νέων ειδών ή η ανάδειξη παλαιότερων θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της γενετικής ποικιλομορφίας των δημητριακών, βελτιώνοντας την

σταθερότητα, την ανθεκτικότητα και τη βιωσιμότητα των γεωργικών συστημάτων. Αυτό θα συνέβαινε καθότι, η διατήρηση της ποικιλομορφίας συμβάλλει στην διαχείριση των ασθενειών, στην αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων αλλά και στην αγροτική ανάπτυξη, μέσω ευκαιριών εισοδήματος και εισόδου νέων προϊόντων στην αγορά, καθώς και στη μείωση της εξάρτησης από εξωτερικές εισροές. Ειδικότερα, ορισμένα δημητριακά, όπως το *Tritordeum*, μπορούν να λειτουργήσουν ως εναλλακτικά προϊόντα και να συμπληρώσουν ή να αντικαταστήσουν εν μέρη την χρήση του σιταριού, συνεισφέροντας, παράλληλα, στην βελτίωση της ανθρώπινης διατροφής.

Η αποτελεσματικότητα της καλλιέργειας του *Tritordeum* έγκειται στην ύπαρξη χαρακτηριστικών, στα οποία πλεονεκτεί έναντι του σιταριού και άλλων δημητριακών, όπως η αντοχή στο βιοτικό και αβιοτικό στρες και τα διατροφικά χαρακτηριστικά. Το γεγονός ότι ανέχεται την ξηρασία, την θερμική πίεση, αλλά και τα πλυμμυρικά φαινόμενα, και συγχρόνως κάνει αποτελεσματική χρήση αζώτου, συνεπάγεται εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων. Συνεπώς, έχει μεγαλύτερες πιθανότητες αξιοποίησης από περιοχές που βάλλονται περισσότερο από την κλιματική μεταβολή. Παράλληλα, η ανθεκτικότητά του σε παθογόνα συντελεί στην ελαχιστοποίηση των φυτοφαρμάκων, και συνάμα στην μείωση του κόστους της καλλιέργειας, καθιστώντας το κατάλληλο για χρήση σε βιώσιμα συστήματα παραγωγής με χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Επιπλέον, το *Tritordeum* φαίνεται να ανταποκρίνεται καλά υπό τις συνθήκες διαχείρισης αειφορικών συστημάτων, όπως η βιολογική γεωργία. Συγκεκριμένα, οι πρακτικές της βιολογικής γεωργίας στην καλλιέργεια *Tritordeum* αυξάνουν σημαντικά το ωφέλιμο μικροβίωμα που βρίσκεται στη ριζόσφαιρα των φυτών και το οποίο περιλαμβάνει πολλά είδη βακτηρίων που είναι γνωστό ότι ασκούν ευεργετικά αποτελέσματα στην ανάπτυξη και στην υγεία των φυτών. Σε σύγκριση με το σιτάρι, το μικροβίωμα της ριζόσφαιρας του *Tritordeum* παρατηρείται να είναι αυξημένο και στην συμβατική καλλιέργεια, ίσως λόγω καταγωγής του, καθώς στα άγρια είδη, όπως το *H. Chilense*, το μικροβίωμα είναι αυξημένο, σε σχέση με τα εξημερωμένα είδη. Γενικά το *Tritordeum* προσαρμόζεται ικανοποιητικότερα στην βιολογική γεωργία από ότι το σκληρό σιτάρι. Μάλιστα, η βιολογική διαχείριση αποφέρει στο *Tritordeum* καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με τη συμβατική, όπως η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, φαινόλες και θρεπτικά συστατικά (Ca, K, S, Fe, Zn). Έτσι, παρά τη χαμηλότερη απόδοση, μπορεί να ανταγωνιστεί το σιτάρι, λόγω της ποιότητας του κόκκου, ιδιαίτερα υπό βιολογική διαχείριση (Visioli et al, 2020).

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό την καταγραφή και την ανάδειξη πληροφοριών, σχετικά με την καλλιέργεια Tritordeum. Δεδομένου, ότι το Tritordeum είναι νέο είδος, πόσο μάλλον η καλλιέργειά του, η διερεύνηση των αγρονομικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του, υπό διαφορετικές συνθήκες και πρακτικές ανά τον κόσμο, θεωρείται σημαντική για την κτήση σωστών συμπερασμάτων.

Αν και το είδος θεωρείται ικανό να προσαρμόζεται σε περιοχές της μεσογειακής λεκάνης, κάθε χώρα και περιοχή διαθέτει τα δικά της ιδιαίτερα κλιματικά και εδαφικά χαρακτηριστικά και κουλτούρα. Καθώς στον ελλαδικό χώρο, η καλλιέργεια και τα προϊόντα Tritordeum εισήχθηκαν πρόσφατα, είναι ενδιαφέρον να αξιολογηθούν τα χαρακτηριστικά του. Δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία για την συγκεκριμένη καλλιέργεια στην χώρα μας και η παρούσα εργασία είναι από τις πρώτες που πραγματοποιούνται. Η συγκέντρωση δεδομένων από την παρούσα και από μελλοντικές μελέτες μπορεί να φανεί χρήσιμη για να αποφανθεί αν το Tritordeum είναι κατάλληλο ή όχι για να υιοθετηθεί στον ελλαδικό χώρο, αλλά και ποιες πρακτικές οδηγούν σε καλύτερα αποτελέσματα.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Πειραματικό πλάνο

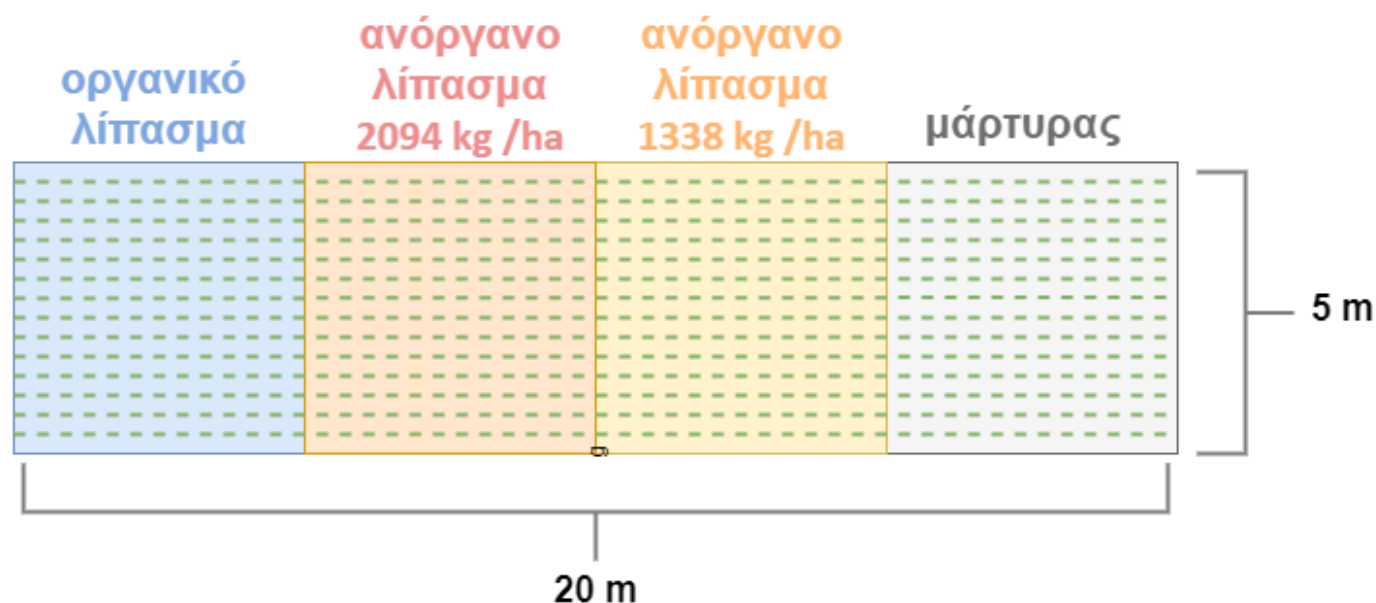
Το πεδίο της μελέτης ήταν η καλλιέργεια του Tritordeum υπό μεσογειακές συνθήκες. Για τους σκοπούς της μελέτης το Tritordeum καλλιεργήθηκε ως χειμερινό σιτηρό και κατόπιν εφαρμογών λίπανσης, λήφθηκαν μετρήσεις που καταγράφονται στην συνέχεια. Η καλλιέργεια έλαβε χώρα στον βιολογικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι ακριβείς συντεταγμένες είναι γεωγραφικό πλάτος $37^{\circ} 58' 58.2''$ N και γεωγραφικό μήκος $23^{\circ} 42' 19.7''$ E, με υψόμετρο 170 m.



Εικόνα 9: ο πειραματικός αγρός από τις υπηρεσίες θέασης του κτηματολογίου

Οι διαστάσεις του πειραματικού αγρού ήταν 20 x 5 m. Ο αγρός διαιρέθηκε σε 4 τεμάχια (plots), με διαστάσεις 5 x 5 m και εμβαδόν 25 m². Οι γραμμές ήταν 14 και οι αποστάσεις

μεταξύ τους 10 cm. Από τα πειραματικά τεμάχια, στα δύο εφαρμόστηκε διαφορετική ποσότητα ανόργανου λιπάσματος, και σε ένα οργανική λίπανση. Ένα τεμάχιο χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Το παρακάτω σχήμα αποδίδει την μορφή του αγροτεμαχίου.



Εικόνα 10: Η κάτοψη του πειραματικού αγρού

Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 1 kg σπόρου Tritordeum. Οι σπόροι ήταν πιστοποιημένοι, καθώς παραλήφθηκαν συσκευασμένοι. Προήρθαν από την εταιρία σποροπαραγωγής και εμπορίας σπόρων Alfa Seeds, η οποία αποτελεί τον αποκλειστικό αντιπρόσωπο στην Ελλάδα και συνεργάζεται με την Agrasis. Οι σπόροι ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας και η ποσότητα διαιρέθηκε δια του 4 για να κατανεμηθούν στα plots του αγρού. Η ποσότητα σπόρου που τοποθετήθηκε σε κάθε plot ήταν 250 gr και αναλογεί σε 100 kg/ ha.

3.2. Εγκατάσταση καλλιέργειας

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 10/1/2020. Η προετοιμασία εδάφους έγινε 2 μέρες πριν την σπορά. Για την εδαφοκατεργασία χρησιμοποιήθηκε αυτοκινούμενο μηχάνημα φρέζας που αναμόχλευσε το έδαφος στα 15 cm και ενσωμάτωσε τα ζιζάνια και τα υπολείμματα προηγούμενης πειραματικής καλλιέργειας. Ακολούθησε η χάραξη του αγροτεμαχίου, έτσι ώστε να οριστούν οι σωστές διαστάσεις και να διαχωριστούν τα plots. Στην συνέχεια με τη βοήθεια του γραμμοχαράκτη ανοίχτηκαν μικρά αυλάκια βάθους 5-7 cm και πλάτους 10 cm. Ο σκοπός της δημιουργίας τους ήταν να τοποθετηθεί ο σπόρος σε 14 ευδιάκριτες ευθείες γραμμές και να καλυφθεί τόσο όσο να προστατευθεί από τα πτηνά και από το να παρασυρθεί

από τις βροχοπτώσεις. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν με το χέρι σε αποστάσεις 5 cm μεταξύ τους, κατά προσέγγιση. Έπειτα καλύφθηκαν ελαφρώς με χώμα, χρησιμοποιώντας τσουγκράνα.

3.3. Καλλιεργητικές εργασίες

Για την διαχείριση των ζιζανίων πραγματοποιήθηκε βοτάνισμα μία φορά κατά τη βλαστική ανάπτυξη, στο στάδιο του αδελφώματος. Στον αγρό υπήρχαν μονοετή και πολυετή ζιζάνια. Η διαδικασία αυτή δεν χρειάστηκε να επαναληφθεί, καθώς κατά το στάδιο του καλαμώματος τα φυτά ανέπτυξαν το κατάλληλο ύψος και κατάφεραν να ανταγωνιστούν τα ζιζάνια. Στην συνέχεια, δεν έγιναν παραμόνο μεμονωμένες απομακρύνσεις των φυτών περικοκλάδας (*Convolvulus arvensis*), κατά τόπους, αφού δεν ξεριζώθηκαν εξολοκλήρου κατά το βοτάνισμα. Το πολυετές ζιζάνιο είναι βαθύριζο και δεν αντιμετωπίζεται εύκολα.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε άρδευση της καλλιέργειας μία φορά στις 27/04/2020, κατόπιν εφαρμογής της επιφανειακής λίπανσης. Η άρδευση έγινε γραμμικά και χειροκίνητα. Καθώς η σπορά έγινε όψιμα, η λίπανση εφαρμόστηκε την εποχή του Απριλίου με αποτέλεσμα να μην συμπέσει με αρκετές βροχοπτώσεις. Μάλιστα, την συγκεκριμένη ημερομηνία λίπανσης επικρατούσαν υψηλές θερμοκρασίες. Οπότε η άρδευση ήταν απαραίτητη για να μην προκληθούν εγκαύματα στα φυτά από την λίπανση. Για να έχουν τα plots όμοια διαχείριση, σε σχέση με τις καλλιεργητικές φροντίδες, αρδεύτηκε και αυτό με τον μάρτυρα.

3.4. Εφαρμογές λίπανσης

Για την λίπανση χρησιμοποιήθηκαν ένα ανόργανο και οργανικό λίπασμα. Η λίπανση εφαρμόστηκε επιφανειακά στις 27/04/2020.

Το ανόργανο λίπασμα ήταν ουροθεϊκή αμμωνία Nutri Plus 40-0-0, σε κοκκώδη μορφή και σύσταση:

- Ολικό άζωτο (N) 40%
- Αμμωνιακό (NH₄) 5.3%
- Ουρικό (NH₂) 34.7%

Στο plot με την μικρότερη ποσότητα ανόργανου λιπάσματος (ανόργανο N λίπασμα) χρησιμοποιήθηκαν 3.3 kg, που αναλογούν σε 1338 kg N/ha, ενώ σε εκείνο με την μεγαλύτερη (ανόργανο 2N λίπασμα) καταναλώθηκαν 5.3 kg, που αναλογούν σε 2094 kg N/ha.

Χρησιμοποιήθηκε οργανικό λίπασμα Super Eco Vas 5-8-17 + 2% FeSO_4 , 1% ZnSO_4 , 1% BORAX και οργανική ουσία 30%. Το οργανικό λίπασμα εφαρμόστηκε στο plot σε ποσότητα 6 kg που αντιστοιχεί ανάλογα σε 2388 kg/ha.



Εικόνα 11: Το οργανικό λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε

3.5. Μετρήσεις

3.5.1. Μετρήσεις αγρονομικών χαρακτηριστικών

Προκειμένου να προσδιορισθούν τα αγρονομικά χαρακτηριστικά του Tritordeum, έγιναν μετρήσεις που αφορούν τα υπέργεια μέρη των φυτών. Πραγματοποιήθηκε μία διαδικασία μέτρησης στις 04/05/2020, όπου η καλλιέργεια βρισκόταν σε 115 DAS, και μία δεύτερη στις 17/06/2020 με 159 DAS. Κάθε φορά επιλέγονταν 5 φυτά ανά plot, από τα οποία η λήψη του δείγματος γινόταν χρησιμοποιώντας το κεντρικό στέλεχος και όχι τα αδέρφια. Τα δείγματα των φυτών επιλέχτηκαν τυχαία από τις γραμμές του κάθε τεμαχίου και οι μετρήσεις έγιναν είτε επιτόπου στον αγρό, είτε στον εργαστήριο.

Η διαδικασία περιλάμβανε την μέτρηση του ύψους του φυτού, το μήκος της ταξιανθίας με τα άγανα, την απόσταση μεταξύ του 1ου και 2ου κόμβου από τη βάση του στελέχους (μήκος μεσογονατίου) και τον αριθμό των φύλλων.

Επιπλέον υπολογίστηκε το νωπό και το ξηρό βάρος των φυτών. Το κύριο στέλεχος, μαζί με την ταξιανθία και τα φύλλα, κόπηκε από τη βάση σε κάθε φυτό. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν

στο εργαστήριο, όπου αριθμήθηκαν και καταγράφηκε το νωπό βάρος των φυτικών τμημάτων στο ζυγό ακριβείας. Έπειτα, για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους εισήχθησαν στον φούρνο ξήρανσης, εντός του οποίου παρέμειναν για 48 ώρες σε θερμοκρασία 60 °C. Στην δεύτερη μέτρηση δεν καταγράφηκε νωπό βάρος, ούτε ακολουθήθηκε η διαδικασία ξήρανσης στον φούρνο για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους, καθώς τα φυτά βρισκόταν στο στάδιο της ωρίμανσης και επομένως η υγρασία είχε μειωθεί επαρκώς.

Το επόμενο μέρος του πειράματος αφορούσε την συλλογή του σπόρου για τον προσδιορισμό των αποδόσεων. Πριν την συγκομιδή μετρήθηκε η υγρασία των σπόρων με μετρητή υγρασίας σπόρων και βρέθηκε να είναι στο 13%, όντας κατάλληλη ένδειξη για να ακολουθήσει συγκομιδή, αφού αυτή η τιμή πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 14-12 %. Η συλλογή του δείγματος του σπόρου έγινε με την εξής διαδικασία. Σε κάθε plot επιλέχτηκαν οι 3 γραμμές στο κέντρο του αγρού, από τις οποίες συγκομίστηκαν όλες οι ταξιανθίες, χειροκίνητα. Έπειτα, χρησιμοποιήθηκε μικρή αλωνιστική μηχανή για τον διαχωρισμό του σπόρου από τα λέπυρα. Οι σπόροι κοσκινίστηκαν, ούτως ώστε να είναι καθαροί για τις μετρήσεις. Ζυγίστηκε όλη η ποσότητα των σπόρων για κάθε plot ξεχωριστά και έγινε αναγωγή στο εκτάριο. Τέλος σημειώθηκε το βάρος 1000 κόκκων για κάθε διαμέρισμα.

Επιπλέον παρατηρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια του πειράματος σε όλο τον αγρό, ανεξαρτήτως επέμβασης, ήταν η εξέταση του αριθμού αδελφώματος και του σχήματος της ταξιανθίας.

3.5.2. Μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών

Αφότου λήφθηκαν οι τιμές του βάρους σπόρων για κάθε κατηγορία, ποσότητα από αυτούς αλέστηκε σε ηλεκτρικό μύλο σιτηρών. Τα άλευρα, και τα στελέχη των φυτών που προήλθαν από τα plots μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο διατροφής της σχολής Ζωικής Παραγωγής, που στεγάζεται εντός του πανεπιστημιακού χώρου. Τα στελέχη των φυτών κονιοροποιήθηκαν σε μύλο ζωοτροφών. Στο εργαστήριο προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα των σπόρων και των βλαστών στις παρακάτω ουσίες.

Για την περιγραφή των δομικών πολυσακχαριτών με την τακτική Weende, έχει επικρατήσει ο γενικός όρος «ινώδεις ουσίες». Στην ορολογία της ανθρώπινης διατροφής λέγονται φυτικές ίνες (Παπαδομιχελάκης, 2013). Οι ινώδεις ουσίες προσδιορίστηκαν με τη χρήση συσκευής πέψης (ANKOM200, ANKOM Technology). Τα δείγματα αφού βγήκαν από τη συσκευή πέψης, τοποθετήθηκαν σε κλίβανο (130° C), στην συνέχεια σε ξηραντήρα, ώστε να έρθουν σε θερμοκρασία δωματίου και ζυγιστούν. Έπειτα αποτεφρώθηκαν στους 600° C και τελικά ζυγίστηκαν, ώστε να μετρηθεί η απώλεια βάρους της οργανικής ουσίας.

Οι λιπαρές ουσίες προσδιορίστηκαν με την ανάλυση της εκχύλισης που βασίζεται στην αρχή Soxhlet. Περιλαμβάνουν τα συστατικά του αιθερικού εκχυλίσματος, με κύριο συστατικό τα ουδέτερα λιπαρά. Κατά την συγκεκριμένη μέθοδο δε γίνεται διαιτητικός διαχωρισμός των ουσιών του αιθερικού εκχυλίσματος και για αυτό τους δίνεται η ονομασία ολικές λιπαρές ουσίες. Χρησιμοποιήθηκε συσκευή SOXTEC AVANTI 2055, στην οποία τοποθετήθηκαν τα δείγματα και στην συνέχεια προστέθηκε ο διαλύτης πετρελαϊκός εστέρας στα δοχεία εκχύλισης. Οι λιπαρές ουσίες εκχυλίστηκαν μέσα στον διαλύτη και συλλέχτηκαν από συμπυκνωτή σε δοχεία συλλογής. Στην συνέχεια, ξηράθηκαν και ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας

Στις ολικές αζωτούχες ουσίες περιλαμβάνονται οι πρωτεΐνες και οι μη πρωτεϊνικής φύσης αζωτούχες ουσίες (ΜΠΦΝ). Η διαδικασία προσδιορισμού των αζωτούχων ουσιών γίνεται με τη μέθοδο Kjeldahl. 0.5 gr δείγματος τοποθετήθηκαν σε ειδικές φιάλες μαζί με 15 gr θειικού καλίου και 1 gr θειικού χαλκού. Μετά από θέρμανση των φιαλών τοποθετήθηκαν σε συσκευή απόσταξης Varodest 40. Έπειτα έγινε τιτλομέτρηση με δεκατοκανονικό διάλυμα υδροχλωρικού οξέως, ώστε να μετρηθεί η ποσότητα αζώτου με τον τύπο $N(\%) = (100\% \times \text{μέτρηση}) / 97.4$.

Ο προσδιορισμός της οργανικής και της ανόργανης ουσίας, δηλαδή της τέφρας έγινε με τη μέθοδο της αναλυτικής τακτικής Weende Henneberg et Stohmann (1864). Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίστηκε έμμεσα η ποσότητα της οργανικής ουσίας των δειγμάτων. Τα δείγματα, μέσα σε κάψες, τοποθετήθηκαν σε αποτεφρωτήρα στους 550° C για 5 ώρες και έπειτα σε ξηραντήρα για 30 λεπτά, ώστε να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος και να ζυγιστούν. Ο προσδιορισμός της χρησιμοποιείται για τον έμμεσο προσδιορισμό της οργανικής ουσίας και των ελεύθερων αζώτου εκχυλισματικών ουσιών (ΕΝΕΟ).

Τα κλάσματα NDF και ADF των κυτταρικών τοιχωμάτων προσδιορίστηκαν με την διαδοχική μέθοδο Van Soest. Τα αναλυτικά συστήματα προσδιορισμού των κυτταρικών τοιχωμάτων, όπως ο προσδιορισμός των ινωδών ουσιών, προσδιορίζουν ουσιαστικά διαφορετικά συστατικά (πολυμερή των πολυσακχαριτών) των κυτταρικών τοιχωμάτων. Το ADF προσδιορίζει την λιγνίνη και κυτταρίνη, ενώ το NDF προσδιορίζει επιπλέον τις ημικυτταρίνες (Παπαδομιχελάκης, 2013). Η διαδικασία ήταν η εξής. Τα δείγματα, μέσα σε ειδικά σακίδια, εμβαπτίστηκαν σε ακετόνη για 10 λεπτά και τοποθετήθηκαν στην συσκευή πέψης ANCOM technology. Στο δοχείο της συσκευής τοποθετήθηκαν 1900 ml NDS (διάλυμα ουδέτερης αντίδρασης), 20 ml θειώδους νατρίου και 4 ml θερμοάντοχης α-αμυλάσης. Η ανάδευση έγινε για 75 λεπτά στους 100° C. Στην συνέχεια, τα δείγματα, αφού ξεπλύθηκαν σε απιονισμένο νερό, εμβαπτίστηκαν σε ακετόνη (3-5 λεπτά) και τοποθετήθηκαν σε κλίβανο στους 103° C για 4 ώρες. Αφού απέκτησαν θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετρήθηκε το μικτό βάρος. Στο επόμενο στάδιο, τα δείγματα, τοποθετήθηκαν ξανά στη συσκευή πέψης, στην οποία προστέθηκαν 1900

ml ADS (διάλυμα όξινης αντίδρασης). Η ανάδευση διήρκησε 60 λεπτά σε θερμοκρασία 100ο C. Έπειτα, αφότου τα σακίδια ξεπλύθηκαν και εμβαπτίστηκαν σε ακετόνη, ξηράθηκαν σε κλίβανο, όπως στην πρώτη διαδικασία. Έπειτα εμβαπτίστηκαν σε H₂SO₄ για 3 ώρες και επαναλήφθηκε η διαδικασία ξεπλύματος και ξήρανσης, ώστε να ληφθεί το μικτό βάρος. Τελικά, τα δείγματα αποτεφρώθηκαν σε 550° C και όταν βρέθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετρήθηκε το μικτό τους βάρος.

3.6. Μετεωρολογικά δεδομένα

Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται οι τιμές της θερμοκρασίας και της βροχοπτώσης που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του Tritordeum. Περιλαμβάνονται οι μήνες από τον Ιανουάριο έως τον Ιούνιο του 2020. Τα δεδομένα προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στην περιοχή Γκάζι Αθηνών.

Πίνακας 3: Μέση θερμοκρασία, μέση μέγιστη θερμοκρασία, μέση ελάχιστη θερμοκρασία και βροχοπτώσεις για τους μήνες που διάρκεσε η καλλιέργεια.

	Μέση θερμοκρασία (° C)	Μέση μέγιστη θερμοκρασία (° C)	Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (° C)	Βροχόπτωση (mm)
Ιανουάριος	9.2	18.4	2.1	16.4
Φεβρουάριος	11.3	19.9	1.8	12
Μάρτιος	13.3	23.7	4.5	48.2
Απρίλιος	15.3	25.7	8.5	18.6
Μάιος	21.2	35.8	12.4	32.2
Ιούνιος	24.8	35.1	14.3	16.8

3.7. Ανάλυση δεδομένων

Η ανάλυση δεδομένων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα Statistica (Stat soft, 2011). Χρησιμοποιήθηκε SLD για τις συγκρίσεις των μέσω όρων και την εκτίμηση των σημαντικών διαφορών. Οι συγκρίσεις έγιναν σε επίπεδο 5% ($p \leq 0.05$).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η περίοδος της πειραματικής καλλιέργειας τοποθετείται χρονικά από τις 10/01/2020 έως τις 19/06/2020. Χρειάστηκαν 162 ΗΑΣ ώστε να είναι σε κατάλληλο στάδιο οι σπόροι για συγκομιδή.

4.1. Αγρονομικά χαρακτηριστικά

Πίνακας 4: Μέσοι όροι τιμών ύψους, μήκους μεσογονατίου και αριθμού φύλλων στις 115 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.

Εφαρμογές λίπανσης	Ύψος 115 ΗΑΣ (cm)	Μήκος μεσογονατίου 115 ΗΑΣ (cm)	Αριθμός φύλλων 115 ΗΑΣ
Μάρτυρας	69.2 ^b	15.3 ^a	4.6 ^a
Ανόργανο N λίπασμα	78.8 ^a	14 ^a	4.6 ^a
Ανόργανο 2N λίπασμα	81.4 ^a	14.6 ^a	4.4 ^a
Οργανικό λίπασμα	81.4 ^a	14.6 ^a	4.6 ^a
F	8.198**	ns	ns

(ns: όχι στατιστικά σημαντικό, *: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$, **: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.01$, ***: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$)

Περιγραφή του πίνακα 4

Κατά τις μετρήσεις των δειγμάτων στις 115 DAS, προέκυψε η μικρότερη τιμή για το μήκος του 1ου μεσογονατίου να είναι 14 cm (ανόργανο N λίπασμα) και η μεγαλύτερη 14.6 cm (οργανικό και ανόργανο 2N λίπασμα). Δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών των δειγμάτων.

Ο αριθμός των φύλλων φυτού στις 115 DAS πήρε τις τιμές 4.4 για το ανόργανο λίπασμα 2N και 4.6 για τις υπόλοιπες επεμβάσεις, χωρίς να παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

Πίνακας 5: Μέσοι όροι τιμών ύψους, μήκους μεσογονατίου και αριθμού φύλλων στις 159 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.

Εφαρμογές λίπανσης	Ύψος 159 ΗΑΣ (cm)	Μήκος μεσογονατίου 159 ΗΑΣ (cm)	Αριθμός φύλλων 159 ΗΑΣ
Μάρτυρας	72.3 ^b	14.5 ^a	4.4 ^a
Ανόργανο N λίπασμα	80.4 ^a	13.2 ^a	4.4 ^a
Ανόργανο 2N λίπασμα	82 ^a	15.7 ^a	4.4 ^a
Οργανικό λίπασμα	83.4 ^b	14.3 ^a	4.6 ^a
F	**	ns	ns

(ns: όχι στατιστικά σημαντικό, *: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$, **: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.01$, ***: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$)

Περιγραφή του πίνακα 5

Όσο αφορά τις μετρήσεις του 1ου μεσογονατίου στις 159 DAS, τη μικρότερη τιμή κατείχε η επέμβαση με το ανόργανο N λίπασμα (13.2 cm) και την μεγαλύτερη εκείνη με το ανόργανο 2N λίπασμα (15.7 cm). Δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων.

Στις 159 DAS ο αριθμός των φύλλων βρέθηκε μεγαλύτερος για το οργανικό λίπασμα (4.6), ενώ για τις υπόλοιπες επεμβάσεις ήταν ο ίδιος (4.4). Οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές

4.1.1. Ύψος φυτών



Διάγραμμα 3: Το ύψος των φυτών στις 115 ΗΑΣ ΚΑΙ 159 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης. (Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$)

Το ύψος των φυτών μετρήθηκε στις 115 DAS και οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 69.2 cm (μάρτυρας) και 81.4 cm (οργανικό και ανόργανο 2N λίπασμα). Μόνο ο μάρτυρας βρέθηκε να παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές με κάθε από τις υπόλοιπες επεμβάσεις.

Οι μετρήσεις του ύψους στις 159 DAS έλαβαν μικρότερη τιμή 72.3 cm (μάρτυρας) και μεγαλύτερη 83.4 cm (οργανικό λίπασμα). Ως στατιστικά σημαντική ήταν η διαφορά μεταξύ μάρτυρα και οργανικής λίπανσης, ενώ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υπολοίπων εφαρμογών

4.1.2. Αδέλφωμα

Ανεξάρτητα από τις επεμβάσεις λίπανσης που εφαρμόστηκαν σε κάθε plot, ο μέσος αριθμός αδελφιών ανά φυτό ήταν 7, εκ των οποίων, τα 6.5 κατά μέσο όρο ήταν παραγωγικά, δηλαδή έφεραν ταξιανθία.

4.1.3. Μορφή ταξιανθίας

Η τυπική μορφή της ταξιανθίας των φυτών *Tritordeum* αποτυπώνεται στην εικόνα 15. Φυτά με ταξιανθίες διαφορετικού σχήματος από το σύνηθες, εντοπίστηκαν στο σύνολο της καλλιέργειας σε αναλογία 3200 φυτά ανά हे. Στην εικόνα 16 φαίνονται οι διαφορετικού σχήματος ταξιανθίες.



Εικόνα 12: Τυπική μορφή ταξιανθίας *Tritordeum*



Εικόνα 13: Διαφορετικές μορφές ταξιανθίας Tritordeum

4.2. Αποδόσεις βιομάζας

Πίνακας 6: Μέσοι όροι των τιμών του νωπού και ξηρού βάρους στις 115 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.

Εφαρμογές λίπανσης	Νωπό βάρος 115 ΗΑΣ (gr)	Ξηρό βάρος 115 ΗΑΣ (gr)
Μάρτυρας	9.4 ^a	3.4 ^b
Ανόργανο N λίπασμα	9.78 ^a	4.06 ^a
Ανόργανο 2N λίπασμα	13.4 ^a	5.6 ^b
Οργανικό λίπασμα	12.38 ^a	5.64 ^b
F	ns	6.192**

(ns: όχι στατιστικά σημαντικό, *: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$, **: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.01$, ***: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$)

Περιγραφή του πίνακα 6

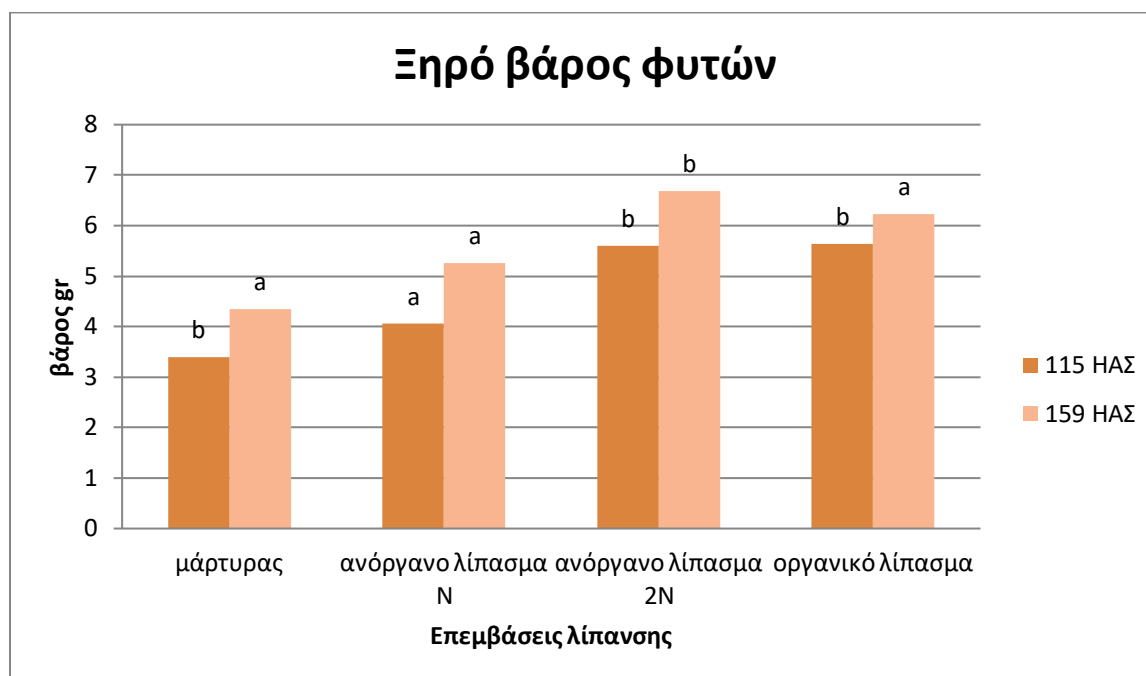
Το νωπό βάρος των φυτών μετρήθηκε στις 115 DAS και κυμάνθηκε από 9.4 gr (μάρτυρας) έως 13.4 gr (ανόργανο 2N λίπασμα), χωρίς να σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 7: Μέσοι όροι των τιμών του ξηρού βάρους στις 159 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.

Εφαρμογές λίπανσης	Ξηρό βάρος 159 ΗΑΣ (gr)
Μάρτυρας	4.35 ^a
Ανόργανο N λίπασμα	5.266 ^a
Ανόργανο 2N λίπασμα	6.688 ^b
Οργανικό λίπασμα	6.232 ^a
F	4.838*

(ns: όχι στατιστικά σημαντικό, *: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$, **: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.01$, ***: στατιστικά σημαντικό για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.001$)

4.2.1. Ξηρό βάρος φυτών



Διάγραμμα 4: Το ξηρό βάρος των φυτών στις 115 ΗΑΣ ΚΑΙ 159 ΗΑΣ, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης. (Τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$)

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, η μεγαλύτερη τιμή του ξηρού βάρους των φυτών που μετρήθηκαν στις 115 DAS ήταν 5.64 gr (οργανικό λίπασμα) και η μικρότερη 4.35 gr (μάρτυρας). Ο μάρτυρας διέφερε στατιστικά σημαντικά με όλες τις επεμβάσεις, ενώ μεταξύ των υπόλοιπων επεμβάσεων δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές.

Στις 159 DAS το ξηρό βάρος έλαβε μικρότερη τιμή 4.35 gr (μάρτυρας) και μεγαλύτερη 6.688 gr (ανόργανο 2N λίπασμα). Στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν μεταξύ του μάρτυρα και του ανόργανου λιπάσματος 2N, αλλά όχι και μεταξύ των υπόλοιπων επεμβάσεων.

4.3. Αποδόσεις σε σπόρο

4.3.1. Μήκος ταξιανθίας

Πίνακας 8: Μέσοι όροι των τιμών του μήκους ταξιανθίας στις 115 ΗΑΣ και στις 159 ΗΑΣ , ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.

Εφαρμογές λίπανσης	Μήκος ταξιανθίας 115 ΗΑΣ (cm)	Μήκος ταξιανθίας 159 ΗΑΣ (cm)
Μάρτυρας	13.1 ^a	14.1 ^a
Ανόργανο N λίπασμα	14.2 ^a	14.1 ^a
Ανόργανο 2N λίπασμα	14.5 ^a	14.7 ^a
Οργανικό λίπασμα	14.3 ^a	13.9 ^a
F	ns	ns

(ns: όχι στατιστικά σημαντικό)

Περιγραφή του πίνακα 8

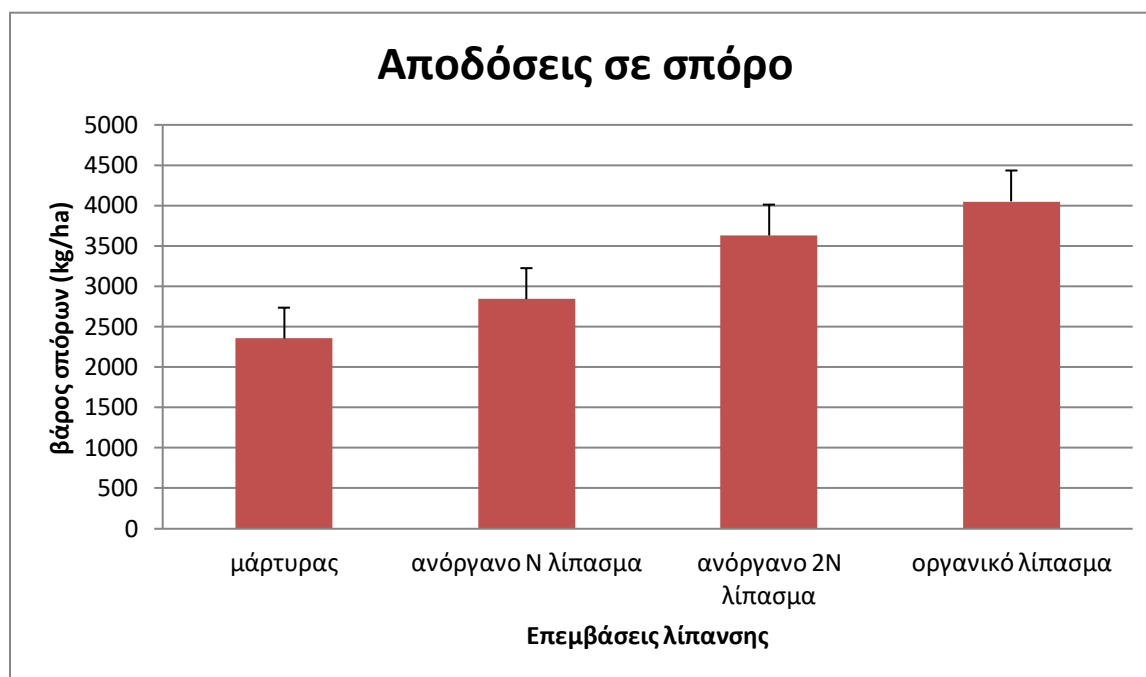
Στα φυτικά δείγματα που μετρήθηκαν στις 115 DAS βρέθηκε ο μάρτυρας να έχει το μικρότερο μήκος ταξιανθίας (13.1 cm), ενώ εκείνα που εφαρμόστηκε ανόργανο λίπασμα 2N είχε το μεγαλύτερο μήκος (14.5), παρόλο που οι τιμές δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους.

Στις 159 DAS το μήκος της ταξιανθίας κυμάνθηκε μεταξύ 13.9 cm (οργανικό λίπασμα) και 14.7 cm (ανόργανο λίπασμα 2N). Μετά από την στατιστική ανάλυση δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών για καμία επέμβαση.

4.3.2. Αποδόσεις σε βάρος σπόρων

Πίνακας 9: Οι αποδόσεις σε βάρος σπόρων, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.

Εφαρμογές λίπανσης	Αποδόσεις σε σπόρο (kg/ha)
Μάρτυρας	2355.5
Ανόργανο N λίπασμα	2844.4
Ανόργανο 2N λίπασμα	3631.1
Οργανικό λίπασμα	4053.3



Διάγραμμα 5: Αποδόσεις σε σπόρο, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Οι αποδόσεις σε σπόρο για τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης κυμάνθηκαν μεταξύ 2355.5 και 4053.3 kg/ ha. Την μικρότερη τιμή βάρους κόκκων απέδωσε ο μάρτυρας. Τα τεμάχια με τις επεμβάσεις ανόργανου λιπάσματος N και 2N απέδωσαν 2844.4 kg/ ha και 3631.1 kg/ ha, αντίστοιχα. Την μεγαλύτερη απόδοση σε κόκκους έδωσε η επέμβαση με το οργανικό λίπασμα.

4.3.3. Βάρος χιλίων κόκκων

Πίνακας 10: Το βάρος χιλίων κόκκων, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης.

Εφαρμογές λίπανσης	Βάρος 1000 κόκκων (gr)
Μάρτυρας	30
Ανόργανο N λίπασμα	35.1
Ανόργανο 2N λίπασμα	36.4
Οργανικό λίπασμα	42.6



Διάγραμμα 6: Βάρος χιλίων κόκκων, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

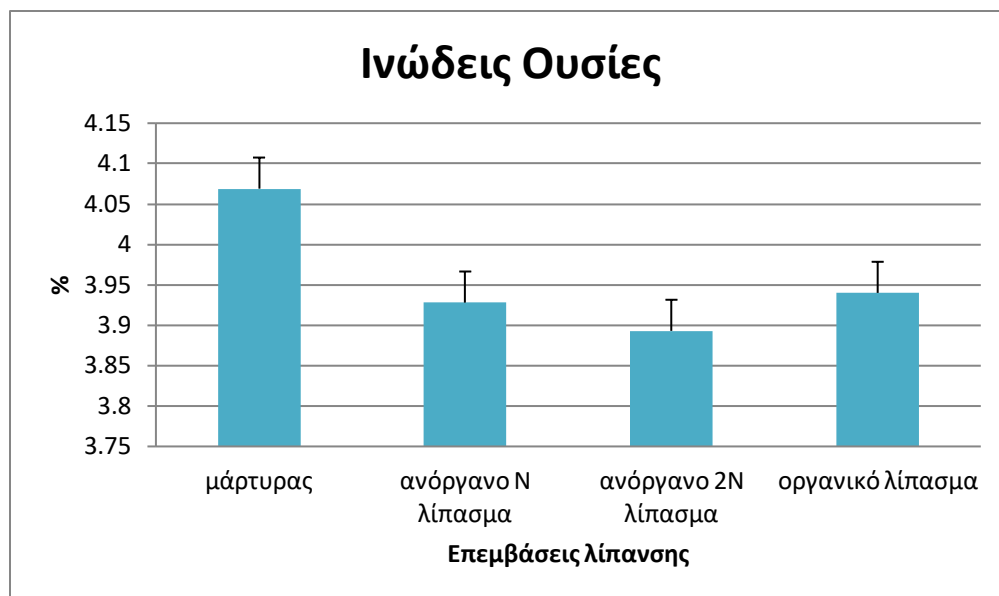
Κατά τη μέτρηση του βάρους χιλίων κόκκων διαπιστώθηκε ότι οι σπόροι που προέρχονταν από το τεμάχιο που εφαρμόστηκε οργανική λίπανση είχαν την μεγαλύτερη τιμή, δηλαδή 42.6 gr. Αμέσως μεγαλύτερη τιμή κατείχε το ανόργανο 2N λίπασμα, ακολουθούμενο από το ανόργανο N λίπασμα. Ο κόκκος που προήλθαν από το τεμάχιο του μάρτυρα είχαν το μικρότερο βάρος που υπολογίστηκε στα 30 gr / 1000 κόκκους.

4.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

4.4.1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου

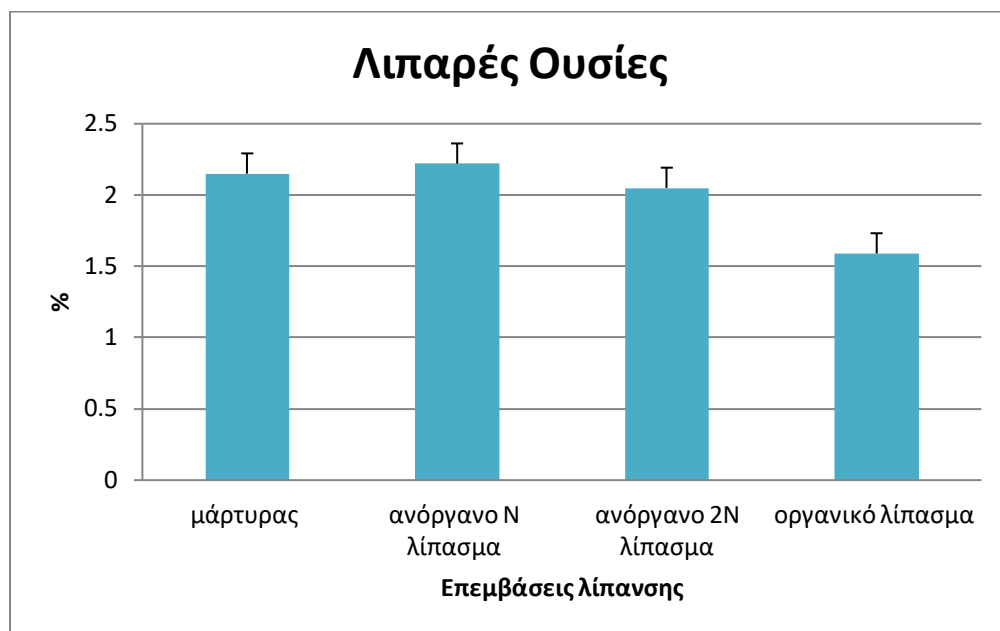
Πίνακας 11: Περιεκτικότητα σπόρου σε ινώδεις, λιπαρές και αζωτούχες ουσίες, τέφρα, NDF και ADF (%).

Εφαρμογές λίπανσης	Ινώδεις Ουσίες	Λιπαρές Ουσίες	Αζωτούχες Ουσίες	Τέφρα	NDF	ADF
Μάρτυρας	4.069	2.15	14.76	1.6	23.5	1.275
Ανόργανο N λίπασμα	3.928	2.22	16.24	1.67	34.5	1.15
Ανόργανο 2N λίπασμα	3.893	2.05	16.31	1.66	30.25	0.82
Οργανικό λίπασμα	3.94	1.59	15.76	1.81	32.5	0.93



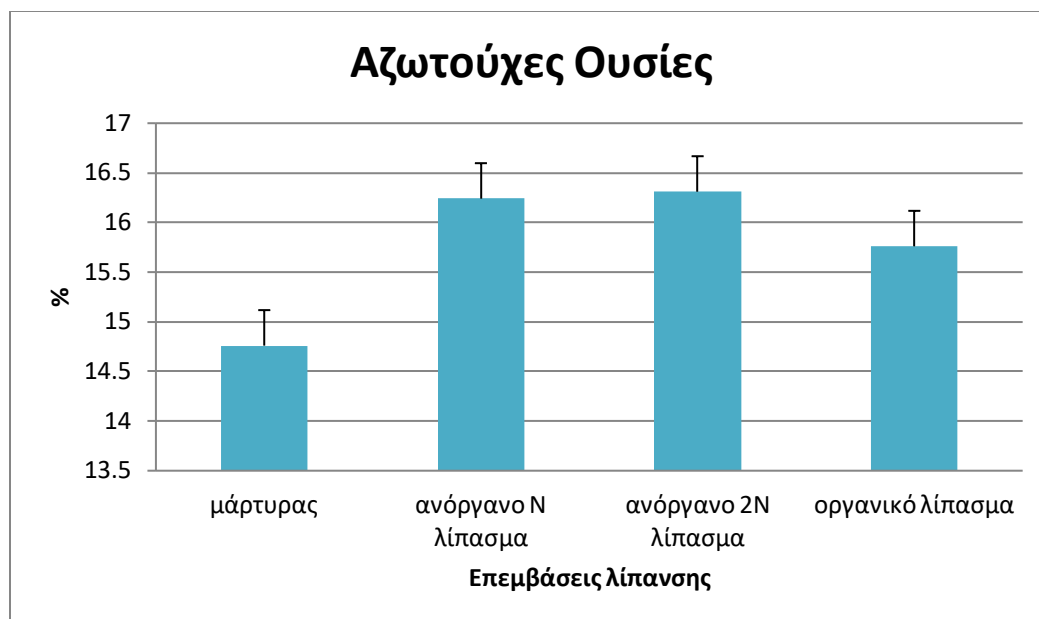
Διάγραμμα 7: Περιεκτικότητα κόκκων σε ινώδεις ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Η χημική ανάλυση έδειξε ότι μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες βρέθηκε στους κόκκους που προήλθαν από το plot που δεν εφαρμόστηκε καμία επέμβαση λίπανσης. Αντίθετα, εκείνο στο οποίο εφαρμόστηκε ανόργανο λίπασμα 2N απέδωσε τους σπόρους με την χαμηλότερη συγκέντρωση σε ινώδεις ουσίες.



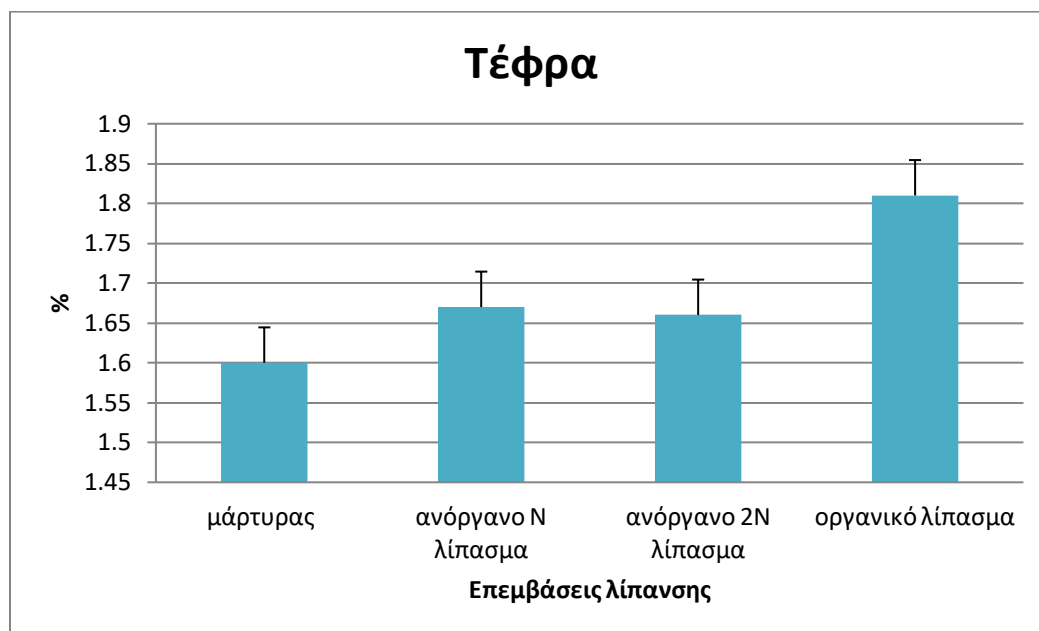
Διάγραμμα 8: Περιεκτικότητα κόκκων σε λιπαρές ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Μεγαλύτερη συγκέντρωση σε λιπαρές ουσίες περιείχαν οι κόκκοι από το plot με την επέμβαση ανόργανου N λιπάσματος, ενώ η χαμηλότερη συγκέντρωση βρέθηκε στους κόκκους με το οργανικό λίπασμα.



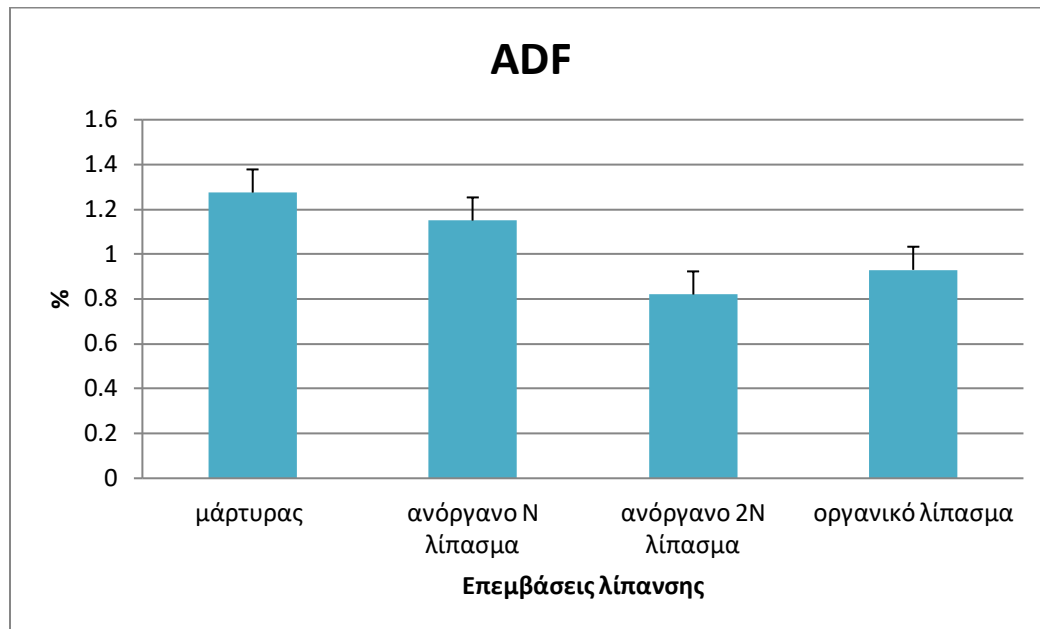
Διάγραμμα 9: Περιεκτικότητα κόκκων σε αζωτούχες ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Τα τεμάχια, στα οποία τοποθετήθηκαν οι δύο ποσότητες ανόργανου λιπάσματος, παρήγαγαν τους σπόρους με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις αζωτούχων ουσιών, με μικρή διαφορά μεταξύ τους. Οι μικρότερες ποσότητες αζωτούχων ουσιών ανιχνεύτηκαν στους σπόρους που προήλθαν από το plot του μάρτυρα.



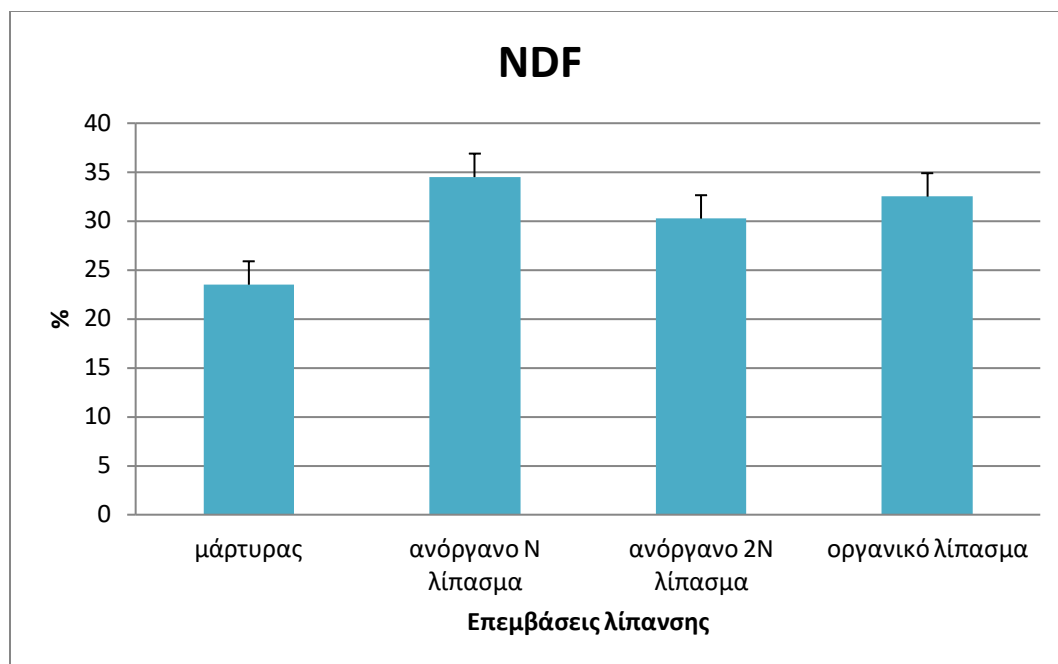
Διάγραμμα 10: Περιεκτικότητα κόκκων σε τέφρα, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Οι κόκκοι από το τεμάχιο που εφαρμόστηκε οργανικό λίπασμα βρέθηκαν να έχουν την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε τέφρα, ενώ οι κόκκοι από τον μάρτυρα είχαν την μικρότερη.



Διάγραμμα 11: Περιεκτικότητα κόκκων σε ADF, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Στο παραπάνω διάγραμμα, φαίνονται πως επηρέασαν οι διαφορές επεμβάσεις τα επίπεδα ADF στον σπόρο. Παρατηρείται οι σπόροι από τον μάρτυρα να έχουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ADF και τα μικρότερα από το οργανικό λίπασμα 2N.



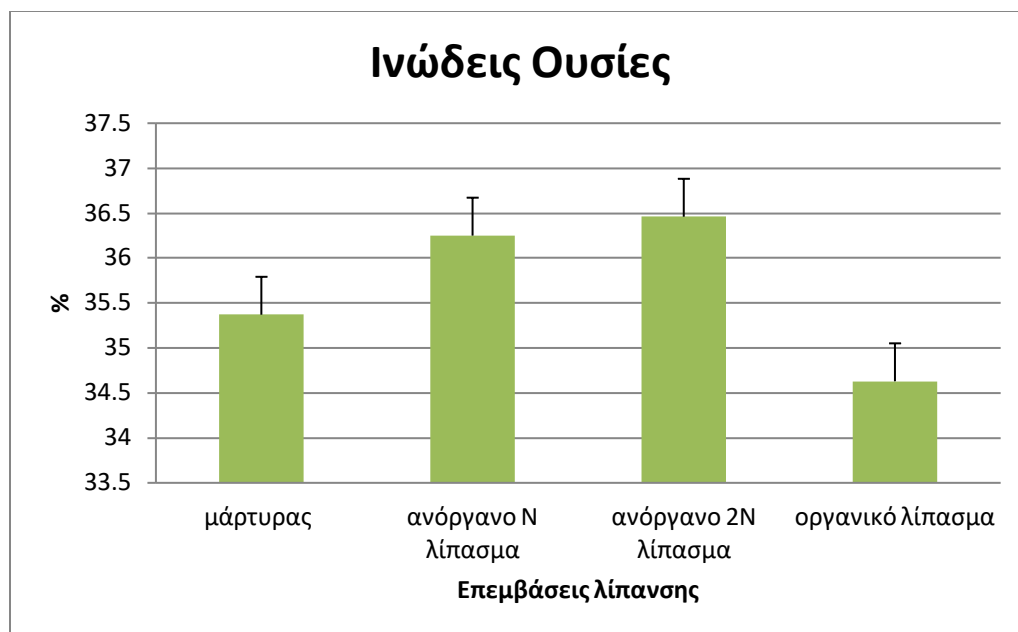
Διάγραμμα 12: Περιεκτικότητα κόκκων σε NDF, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Ο παράγοντας NDF εντοπίζεται σε υψηλότερα επίπεδα στους κόκκους από το τεμάχιο του ανόργανου N λιπάσματος, ενώ χαμηλότερα επίπεδα παρατηρούνται στους κόκκους από τον μάρτυρα.

4.4.2. Ποιοτικά χαρακτηριστικά βλαστού

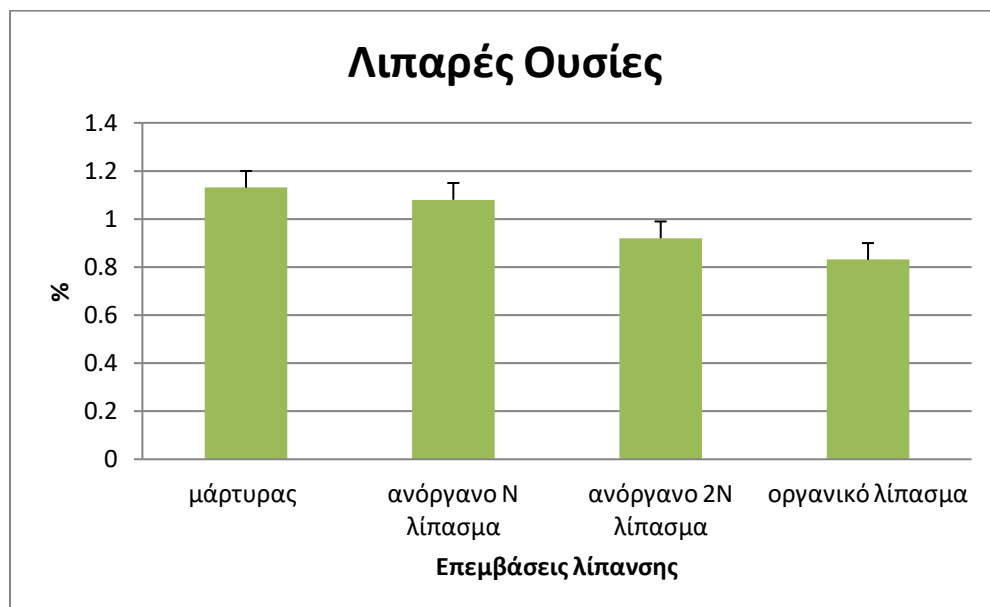
Πίνακας 12: Περιεκτικότητα βλαστού σε ινώδεις, λιπαρές και αζωτούχες ουσίες, τέφρα, NDF και ADF (%).

Εφαρμογές λίπανσης	Ινώδεις Ουσίες	Λιπαρές Ουσίες	Αζωτούχες Ουσίες	Τέφρα	NDF	ADF
Μάρτυρας	35.37	1.13	5.99	7.28	68.75	40.77
Ανόργανο N λίπασμα	36.25	1.08	2.88	8.94	70.95	42.28
Ανόργανο 2N λίπασμα	36.47	0.92	3.43	8.66	70.91	43.7
Οργανικό λίπασμα	34.63	0.83	3.17	10.92	70.44	41.47



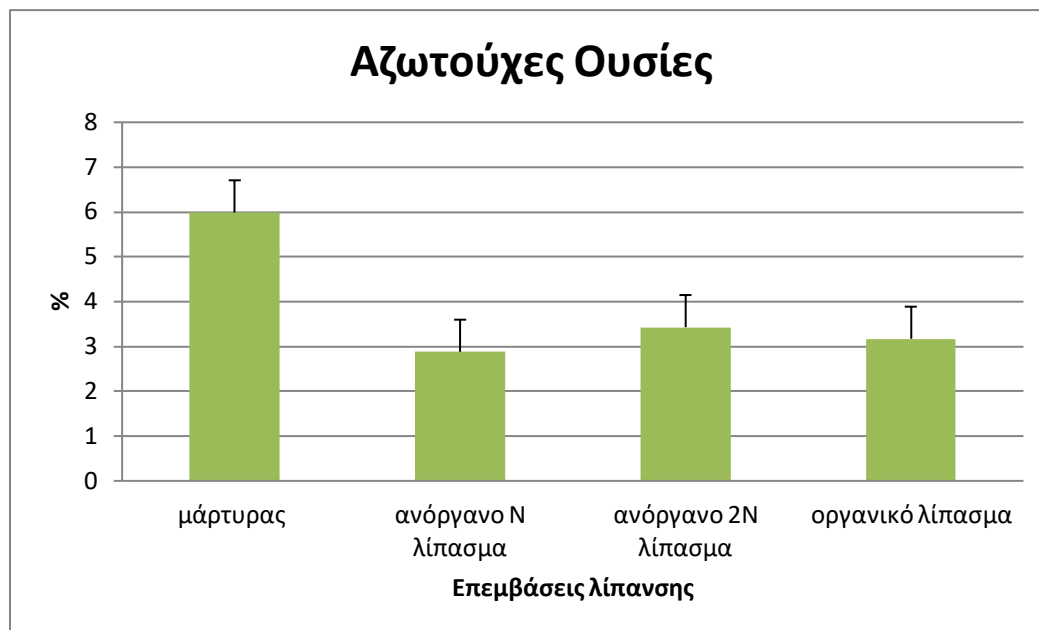
Διάγραμμα 13: Περιεκτικότητα βλαστών σε ινώδεις ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Στο παραπάνω διάγραμμα, αποτυπώνεται η περιεκτικότητα του βλαστού σε ινώδεις ουσίες, ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης. Παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση στους βλαστούς των φυτών που λιπάνθηκαν με ανόργανο 2 N λίπασμα και μικρότερη σε αυτά που λιπάνθηκαν με οργανικό λίπασμα.



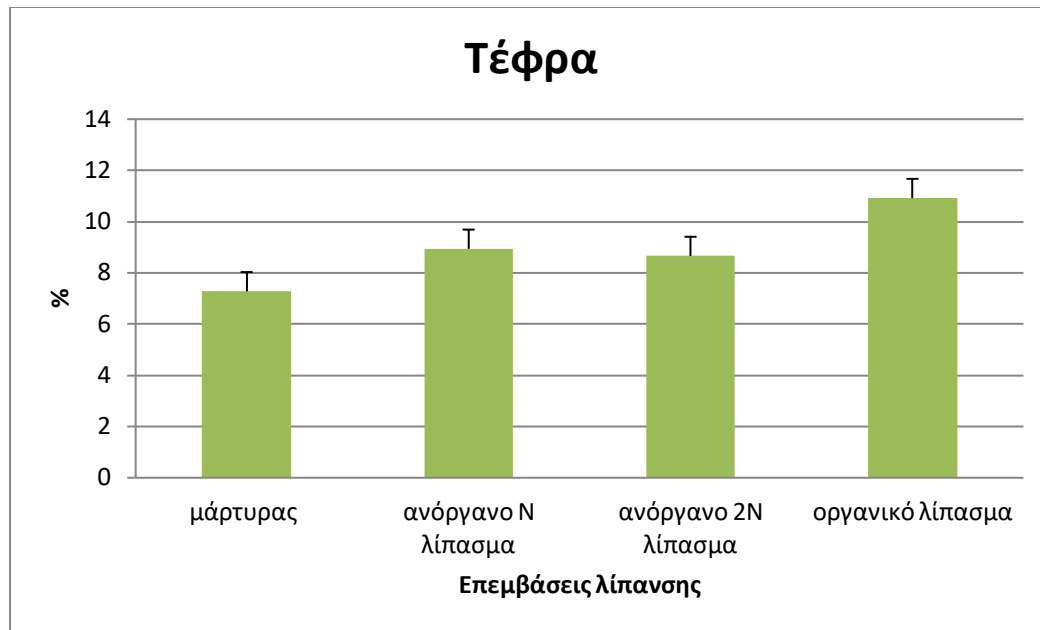
Διάγραμμα 14: Περιεκτικότητα βλαστών σε λιπαρές ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Η μεγαλύτερη ποσότητα λιπαρών ουσιών βρέθηκαν στους βλαστούς που προήλθαν από plot του μάρτυρα, ενώ η μικρότερη ποσότητα εντοπίστηκε στα φυτά από το plot του οργανικού λιπάσματος.



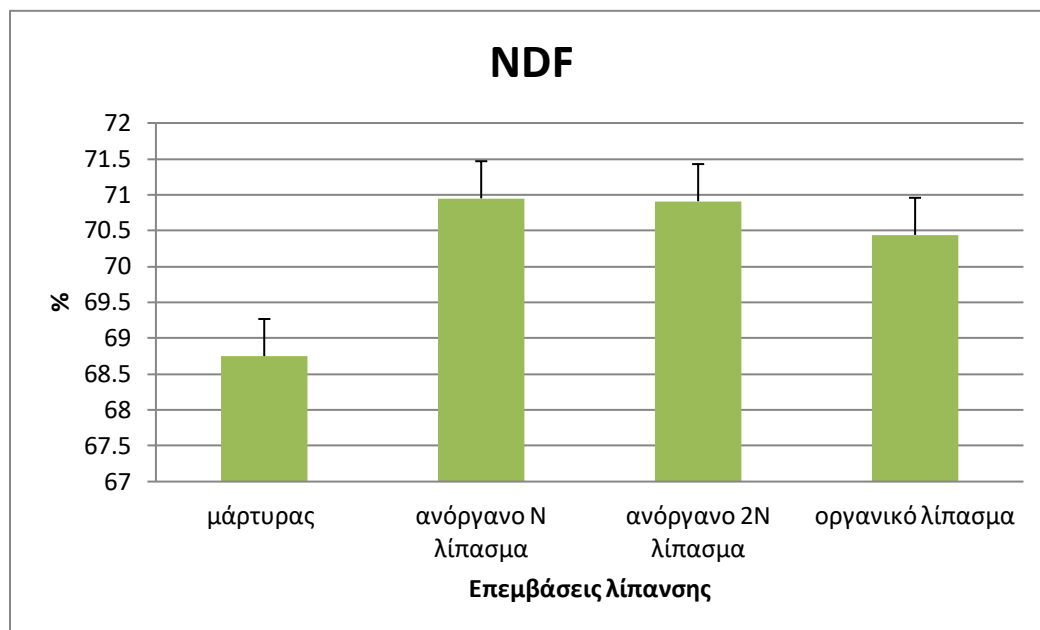
Διάγραμμα 15: Περιεκτικότητα βλαστών σε αζωτούχες ουσίες, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα, η περιεκτικότητα αζωτούχων ουσιών στους βλαστούς ήταν μεγαλύτερη για τα φυτά του μάρτυρα και μικρότερη για τα φυτά που λιπάνθηκαν με ανόργανο N λίπασμα.



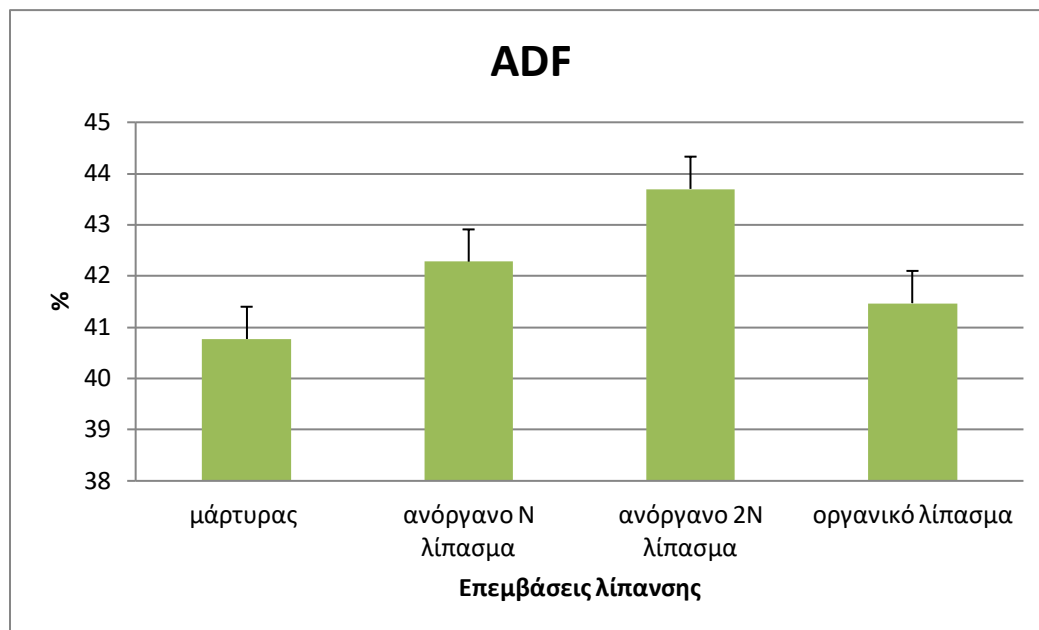
Διάγραμμα 16: Περιεκτικότητα βλαστών σε τέφρα, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Τα φυτά από το τεμάχιο με το οργανικό λίπασμα περιείχαν στους βλαστούς τους μεγαλύτερη ποσότητα τέφρας. Αντίθετα η βιομάζα από το τεμάχιο του μάρτυρα περιείχε τη μικρότερη ποσότητα.



Διάγραμμα 17: Περιεκτικότητα βλαστών σε NDF, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Για τον παράγοντα NDF, τα επίπεδα περιεκτικότητας στους βλαστούς των *Tritordeum* ήταν μεγαλύτερα στην περίπτωση της επέμβασης με ανόργανο N λίπασμα. Η μικρότερη συγκέντρωση βρέθηκε στους βλαστούς των φυτών από το μάρτυρα.



Διάγραμμα 18: Περιεκτικότητα βλαστών σε ADF, ανάλογα με τις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης.

Στο παραπάνω διάγραμμα συγκρίνονται τα επίπεδα ADF στους βλαστούς των φυτών ανάλογα με τις επεμβάσεις λίπανσης. Τα υψηλότερα επίπεδα εντοπίζονται στα φυτά που προήλθαν από το τεμάχιο με το ανόργανο N λίπασμα και τα χαμηλότερα από αυτό του μάρτυρα.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1. Κύκλος καλλιέργειας

Γενικά η καλλιέργεια ανταπεξήλθε καλά υπό τις συνθήκες του πειράματος. Τα βιολογικά στάδια των φυτών ολοκληρώθηκαν και διαδέχτηκαν το ένα το άλλο φυσιολογικά. Το αδέλφωμα ήταν ικανοποιητικό και σχεδόν όλα τα αδέλφια ήταν παραγωγικά, σε ποσοστό 92.8%. Δεν εμφανίστηκαν προβλήματα από εχθρούς και ασθένειες και τα ζιζάνια αντιμετωπίστηκαν επιτυχώς. Η πλήρωση του κύκλου της καλλιέργειας, ώστε να φτάσουμε στην ωρίμανση και την συγκομιδή, έγινε σε 162 μέρες από της σπορά. Η ημερομηνία συγκομιδής, κατά την οποία οι σπόροι είχαν αποκτήσει το κατάλληλο στάδιο υγρασίας για να συγκομιστούν, τοποθετείται στο χρονικό πλαίσιο της εποχής συγκομιδής του σιταριού. Το σιτάρι συγκομίζεται τον Ιούνιο στις νοτιοκεντρικές περιοχές της χώρας μας, με τις ημερομηνίες να κυμαίνονται ανάλογα με τις ποικιλίες. Οπότε δεν είναι εμφανής η διαφορά μίας εβδομάδας σε σχέση με την ωρίμανση του σιταριού που αναφέρεται στην βιβλιογραφία.

5.2. Αγρονομικά χαρακτηριστικά

Τα αγρονομικά χαρακτηριστικά, εκτός από το ύψος, φάνηκε πως δεν σχετίζονταν με τις διαφορετικές εφαρμογές λίπανσης. Για τα χαρακτηριστικά μήκος μεσογονατίου και αριθμός φύλλων, οι τιμές ήταν παρόμοιες μεταξύ τους. Ωστόσο, το ύψος φάνηκε να επηρεάστηκε από το αν εφαρμόστηκε λίπανση. Τα φυτά μάρτυρες είχαν μικρότερο ύψος από τα υπόλοιπα που εφαρμόστηκε είτε χημική είτε βιολογική λίπανση. Ιδιαίτερα σε σχέση με το οργανικό λίπασμα η διαφορά ήταν μεγαλύτερη, εμφανίζοντας στατιστικά σημαντικές διαφορές και στις δύο μετρήσεις.

5.3. Αποδόσεις βιομάζας

Οι αποδόσεις βιομάζας ήταν μεγαλύτερες όταν εφαρμόστηκε στην μεγαλύτερη ποσότητα η ανόργανη αζωτούχος λίπανση. Τόσο για το νωπό, όσο και για το ξηρό βάρος οι τιμές ακολούθησαν την αυξητική σειρά μάρτυρας, ανόργανο N λίπασμα, οργανικό και ανόργανο 2N λίπασμα. Μάλιστα, για το ξηρό βάρος η στατιστική ανάλυση εντόπισε σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των λοιπών επεμβάσεων για την 1η μέτρηση και μεταξύ του μάρτυρα και της επέμβασης με το ανόργανο 2N λίπασμα για την 2η μέτρηση.

5.4. Αποδόσεις σε σπόρο

Καθώς οι σπόροι *Tritordeum* είναι το κύριο προϊόν της καλλιέργειας, η ποσότητα του παραγόμενου σπόρου είναι το σημαντικότερο κριτήριο της αποδοτικότητάς της. Οι διαφορές στις τιμές του μήκους της ταξιανθίας, ανάλογα τις επεμβάσεις, δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Ωστόσο, τα φυτά από το τεμάχιο με το ανόργανο 2N λίπασμα διέθεταν μεγαλύτερες ταξιανθίες, αν και από αυτές δεν παράχθηκε η μεγαλύτερη ποσότητα σπόρου. Η μεγαλύτερη ποσότητα σπόρου, σε κιλά, προήλθε από το τεμάχιο του οργανικού λιπάσματος. Ακόμα, οι σπόροι από το τεμάχιο του οργανικού λιπάσματος είχαν μεγαλύτερο βάρος χιλίων κόκκων. Κρίνοντας από τις παραπάνω μετρήσεις τα *Tritordeum* που δέχτηκαν οργανική λίπανση, απέδωσαν περισσότερα κιλά σπόρου και η αναλογία ποσότητα σπόρου/ βάρος σπόρου ήταν, επίσης μεγαλύτερη. Μετά από τα φυτά της οργανικής επέμβασης, μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρο έδωσαν τα φυτά που λιπάνθηκαν με ανόργανο 2N λίπασμα, και ακολούθησε το ανόργανο N λίπασμα και ο μάρτυρας.

Σε σχέση με άλλες μελέτες, στις οποίες η απόδοση σε σπόρο *Tritordeum* αναφέρεται κατά μέσο όρο 3 tn/ ha (Villegas et al, 2010), στο εν λόγω πείραμα οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 2.355- 4.053 tn/ha και ο μέσος όρος τους (3.2%) ήταν κοντά με της βιβλιογραφίας. Για τα φυτά *Tritordeum*, ωστόσο, στα οποία εφαρμόστηκε οργανικό λίπασμα, η διαφορά ήταν αξιόλογη, καθώς η απόδοση ξεπέρασε κατά 1 tn το προσδόκιμο των 3 tn. Επιπλέον, οι αποδόσεις των plots του μάρτυρα (2.355 tn/ha) και της οργανικής λίπανσης (4.053 tn/ha) είναι αρκετά μεγαλύτερες, συγκρίνοντάς τις με τις αποδόσεις υπό βιολογική διαχείριση του *Tritordeum* (1.02 tn/ha) κατά Visioli et al, 2020. Ωστόσο, οι τιμές του βάρους 1000 κόκκων για κάθε μία από τις κατηγορίες που εξετάστηκαν στο πείραμα βρέθηκαν από 30 g έως 42.6 g, ενώ οι τιμές από την ανάλογη μέτρηση στην μελέτη της Erlandsson, A., 2010 κυμαίνονται μεταξύ 36.2- 44.9 g.

5.5. Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι οι ινώδεις ουσίες και το ADF, που δηλώνουν την περιεκτικότητα του σπόρου σε φυτικές ίνες, είχαν μεγαλύτερες τιμές όταν τα δείγματα πάρθηκαν από τον μάρτυρα. Όμως το ποσοστό του NDF ήταν μεγαλύτερο για τα φυτά του στα οποία εφαρμόστηκε ανόργανο N λίπασμα και αμέσως επόμενο σε εκείνα με το οργανικό λίπασμα. Οι φυτικές ίνες, οι οποίες θεωρούνται πλεονέκτημα του *Tritordeum*, επειδή διαθέτει μεγαλύτερη συγκέντρωση σε σύγκριση με το σιτάρι, βρέθηκαν περισσότερες στον μάρτυρα. Το γεγονός αυτό μπορεί να δείχνει ότι όσο μικρότερη απόδοση, τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα σπόρου.

Οι λιπαρές ουσίες περιέχουν λιπίδια και λιπαρά οξέα που είναι ευεργετικά για την ανθρώπινη διατροφή και στο συγκεκριμένο πείραμα εντοπίστηκαν σε μεγαλύτερα ποσοστά στους σπόρους των φυτών, στα οποία εφαρμόστηκε η μικρότερη ποσότητα ανόργανου λιπάσματος και αμέσως μετά με μικρή διαφορά στους σπόρους από τα φυτά του μάρτυρα.

Τη μεγαλύτερη συγκέντρωση αζωτούχων ουσιών περιείχαν οι σπόροι που προήλθαν από τα τεμάχια που εφαρμόστηκε ανόργανη λίπανση. Η διαφορά ήταν μικρή ανάμεσα στις κατηγορίες ανόργανου Ν και 2Ν λιπάσματος με προβάδισμα του τελευταίου.

Η ολική τέφρα, που υποδηλώνει την ποσότητα οργανικής ουσίας που περιέχεται στους κόκκους, αλλά και την συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων, βρέθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό, σε σχέση με τις επεμβάσεις λίπανσης, στα Tritordeum που δέχτηκαν οργανική λίπανση. Σε σύγκριση με την βιβλιογραφία, τα ποσοστά τέφρας που βρέθηκαν στους σπόρους ήταν παρόμοια με αυτά που αναφέρουν άλλες μελέτες. Δηλαδή, στην μελέτη της Erlandsson, A., 2010 τα ποσοστά τέφρας στους κόκκους Tritordeum κυμαίνονταν από 1.55%- 1.79% και στην παρούσα μελέτη βρέθηκαν από 1.60%- 1.81%.

5.6. Ποιοτικά χαρακτηριστικά στελέχους

Για την εύρεση των συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων που βρίσκονται στα στελέχη των φυτών και δηλώνουν την ποσότητα φυτικών ινών, προσδιορίστηκαν οι ινώδεις ουσίες για τα κλάσματα NDF και ADF. Κατά τον προσδιορισμό βρέθηκε ότι στα στελέχη των φυτών από το plot του ανόργανου 2Ν λιπάσματος περιέχονται σε μεγαλύτερο ποσοστό ινώδεις ουσίες και ADF. Για το κλάσμα NDF η κατηγορία των φυτών του ανόργανου 2Ν λιπάσματος είχε το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό μετά από το ανόργανο Ν λίπασμα.

Μετά από τον προσδιορισμό των λιπαρών ουσιών, φάνηκε ότι τα φυτά του μάρτυρα κατείχαν το μεγαλύτερο ποσοστό από όλες τις επεμβάσεις. Οι λιπαρές ουσίες συνδέονται με την ιδιότητα υψηλής θερμότητας καύσης και την καλή πεπτικότητα. Αυτό σημαίνει ότι τα συγκεκριμένα φυτά του μάρτυρα έχουν την δυνατότητα να παράξουν καλύτερης ποιότητας ζωοτροφή, αφού η μεγάλη περιεκτικότητα σε ουδέτερα λίπη, που είναι το κύριο συστατικό των λιπαρών ουσιών, αυξάνει την ενεργειακή αξία της ζωοτροφής (Παπαδομιχελάκης, 2013).

Οι αζωτούχες ουσίες που διαχωρίζονται ανάλογα αν είναι ή όχι πρωτεϊνικής φύσης, βρέθηκαν σε υψηλότερες συγκεντρώσεις στα στελέχη των φυτών του μάρτυρα.

Η τέφρα βρέθηκε σε υψηλότερα ποσοστά στα στελέχη των φυτών που δέχτηκαν οργανική λίπανση, όπως και στους σπόρους τους, όπως προαναφέρθηκε.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις επεμβάσεις λίπανσης, αυτή που απέδωσε περισσότερη βιομάζα ήταν το ανόργανο 2N λίπασμα. Όπως αναφέρθηκε, η απόφαση της προσθήκης αζωτούχου λίπανσης είναι κρίσιμης σημασίας για την επίτευξη της επιθυμητής απόδοσης. Όσο αφορά, όμως την απόδοση σε σπόρο, το οργανικό λίπασμα απέφερε μεγαλύτερες αποδόσεις. Περαιτέρω έρευνα για την οργανική καλλιέργεια του *Tritordeum* θα ήταν χρήσιμη για την εξακρίβωση της αποδοτικότητάς της. Η επιλογή της υιοθέτησης οργανικού τρόπου διαχείρισης, είναι θετική, ιδιαίτερα όταν μπορεί να εφαρμοστεί σε μία καλλιέργεια χωρίς να μειώνονται οι αποδόσεις, πόσο μάλλον να αυξάνονται. Με αυτόν τον τρόπο εξοικονομούνται πόροι και περιορίζονται οι αρνητικές επιπτώσεις της ανόργανης λίπανσης, που προαναφέρθηκαν. Το *Tritordeum*, όπως επισημαίνεται στην βιβλιογραφία, έδειξε να προσαρμόζεται τόσο στις ξηρές περιβαλλοντικές συνθήκες, όσο και στην βιολογική διαχείριση. Για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά δεν ήταν ξεκάθαρο αν υπάρχει συσχέτιση με τις επεμβάσεις λίπανσης, καθώς υπήρξε παραλλακτικότητα στα αποτελέσματα. Οπότε τα αποτελέσματα δεν υποδεικνύουν ξεκάθαρα αυτό που αναφέρει η βιβλιογραφία ότι υπό την οργανική διαχείριση βελτιώνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κόκκου. Οι τιμές για κάποια χαρακτηριστικά ήταν μεγαλύτερες για τον μάρτυρα ή για το οργανικό λίπασμα. Γεννούνται ερωτήματα για το αν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου σχετίζονται με την οργανική διαχείριση ή με την μειωμένη απόδοση, ανεξαρτήτου συστήματος καλλιέργειας. Θα ήταν χρήσιμο ανάλογες μελέτες να διεξαχθούν, ώστε να επεκταθεί η έρευνα για το *Tritordeum*. Άλλωστε, στις μέρες μας οι βελτιωτές συνεχίζουν τις προσπάθειες βελτίωσης των αγρονομικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του είδους. Το θετικό πόρισμα είναι ότι η καλλιέργεια διαθέτει τα χαρακτηριστικά για να ενταχθεί ή τουλάχιστον να δοκιμαστεί στην Ελλάδα και να αποτελέσει ένα εναλλακτικό δημητριακό που μπορεί να προσαρμοστεί στις δυσμενείς συνθήκες της κλιματικής αλλαγής.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Ευαγγέλου, Λ. και Τσαντήλας, Χ., 2015. Αισθητήρες φυλλώματος και αζωτούχος λίπανση των καλλιεργειών. Δήμητρα, Τριμηνιαία έκδοση του ΕΛΓΟ Δήμητρα, τεύχος 10: 13-15.
- Καραμάνος, Α., 1994. Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων. Εκδόσεις: Ανώτατη Γεωπονική σχολή Αθηνών. Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Γεωργίας.
- Καρκάνης, Α., 2007. Επίδραση της άρδευσης και της χλωρής λίπανσης στην ζιζανιοχλωρίδα.
- Μπαξεβάνος Δ., 2011. Συνθήκες για την παραγωγή σκληρού σιταριού υψηλής ποιότητας. Ινστιτούτο Σιτηρών. ΕΘΙΑΓΕ, 43: 17-19
- Μπιλάλης, Δ., 1999. Μελέτη συστημάτων εδαφοκατεργασίας- σποράς με και χωρίς λίπανση σε φυτικές και εδαφικές παραμέτρους σε μία 3ετή αμειψισπορά. Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Εργαστήριο Γεωργίας.
- Παπαδομιχελάκης, Γ., 2013. Εργαστηριακές ασκήσεις βρωματολογίας, χημικές αναλύσεις ζωοτροφών. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής και Ιχθυοκαλλιεργειών. Εργαστήριο φυσιολογίας θρέψης και διατροφής.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Alvarez, J.B., Ballesteros, J., Sillero, J., A. and Martin, L. M., 1992. Tritordeum: a new crop of potential importance in the food industry. *Hereditas*, 116 (1-2): 193-197
- Alvarez, J., B. and Martín, L., M., 1996. Breadmaking quality in Tritordeum: The use-possibilities of a new cereal. *Kluwer Academic Publishers, Triticale: Today and Tomorrow, part of the Developments in Plant Breeding book series (DIPB) volume 5: 799-805.*
- Badaruddin, M., and Meyer D., 1990. Green manure legume effects on soil nitrogen grain yield and nitrogen nutrition of wheat. *Crop Science*, volume 30: 819-825.
- Barro, F., Fontes, A.G., Maldonado, J. M., 1991. Organic nitrogen content and nitrate and nitrite reductase activities in tritordeum and wheat grown under nitrate or ammonium. *Plant and soil*, 135: 251-256.
- Bosc- Bierne, L., Brun, O. and Dubat, A., 2019. Tritordeum : a new cereal rheological characterization thanks to the alveolab. Conference: ICC, available at: <

https://www.researchgate.net/publication/330366422_TriTordeum_a_new_cereal_rheological_characterization_thanks_to_the_alveolab >

- Caballero, L., Alvarez, J. B., Martin, L. M., 2008. Analysis of D-prolamins synthesized by the *Hordeum chilense* genome and their effects on gluten strength in hexaploid tritordeum. *Plant Breeding*, available at < <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2001.00571.x> >
- Cubero, J. I., Martin, A., Millán, T., Gómez-Cabrera, A., Haro, A., 1986. Tritordeum: A New Allopolyploid of Potential Importance as a Protein Source Crop. *Crop science*, 26 (6): 1186-1190
- Eliášová, M. and Paznocht, L., 2017. Total phenolic content and antioxidant activity of tritordeum, wheat and barley. *Agronomy Research*, 15 (S2): 1287–1294
- Erlandsson, A., 2010. Tritordeum, evaluation of a new food cereal. Publication - Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Food Science, volume 291.
- Espinoza, S., Ovalle, C., Zagal, E., Matus, I. and Pozo, A., 2015. Contribution of legumes to the availability of soil nitrogen and its uptake by wheat in Mediterranean environments of central Chile. *Chilean journal of agricultural research*, Volume 75, no.1
- Gallardo, M., Fereres, E., 1993 (1), Growth, grain yield and water use efficiency of tritordeum in relation to wheat. *European Journal of Agronomy*, 2 (2): 83- 91.
- Gallardo, M., Fereres, E., 1993 (2), Grain protein and grain yield of tritordeum in comparison to wheat and triticale. *Plant and Soil*, volume 153: 287-293.
- Giordano, D., Reyneri, A., Locatelli, M., Coisson, J., Blandino, M., 2019. Distribution of bioactive compounds in pearled fractions of tritordeum. *Food Chemistry*, volume 301.
- Hrušková, M., Švec, I., Jurinová, I., 2010. Quality evaluation of the selected tritordeum lines. *Scientia Agriculturae Bohemica*, volume 41: 49-54.
- Kakabouki, I., Beslemes, D., Tigka, E., Folina, A., Karydogianni, S., Zisi, C., and Papastylianou, P., 2020. Performance of six genotypes of Tritordeum compared to bread wheat under east Mediterranean condition. *Sustainability* 12 (22).
- Ladha, K. J., Pathak, H., Krupnik, T., Six, J., Kessel, C., 2005. Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Cereal Production: Retrospects and Prospects. *Advances in Agronomy*, volume 87: 85-156.
- Le Minh P., Lachman J., Kotíková Z., Orsák M., Michlová T., Martinek P. 2017. Selenium in colour-grained winter wheat and spring tritordeum. *Plant Soil Environ*, 63: 315-321

- Lidon, F.,C., Almeida, A.S., Leitão A. L., Silva, M.M., Pinheiro, N., Maçã, B., and Costa R. 2014. A synoptic overview of durum wheat production in the Mediterranean region and processing following the European Union requirements. [Emirates Journal of Food and Agriculture](#) 23 (1): 693- 705
- Martín, A., Martínez-Araqu, C., Rubiales, D., Ballesteros, J., 1996. Tritordeum: Triticale's new brother cereal. *Triticale: Today and Tomorrow*, volume 5: 57-72
- Martín, A., Alvarez, J.B., Martin, L. M., Barro, F., Ballesteros, J., 1999. The Development of Tritordeum: A Novel Cereal for Food Processing. *Journal of cereal science*. 30 (2): 85- 95
- Martín, A. Cabrera, P. Hernández, M.C. Ramírez, D. Rubiales and Ballesteros, J., 2000. Prospect for the use of *Hordeum chilense* in durum wheat breeding. Pages: 111-115
- Martinek, P., Ohnoutkova, L., Bednar, J., Vyhnaek, M.,2001. Characteristics of Tritordeum and its potential use in the Czech Republic. Conference, available at: < <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=SK2001000923> >
- Martinek, P., Ohnoutkova, L., Vyhnanek, T., Bednar, J., 2003. Characteristics of wheat-barley hybrids (X Tritordeum Ascherson et Graebner) under Central-European climatic conditions, available at: < <https://www.researchgate.net/publication/291771390> >
- Mellado-Ortega, E. and Hornero-Méndez, D., 2015. Carotenoid profiling of *Hordeum chilense* grains: the parental proof for the origin of the high carotenoid content and esterification pattern of *Tritordeum*. *Journal of Cereal Science*, volume 62: 15-21
- Mikulikova, D., Benkova, M. and Kraic, J., 2006. The potential of common cereals to form retrograded resistant starch. *Plant Breed*, 42 (3): 95–102
- Montesano, V., Negro, D., Lisi A., Urbano M., Sarli, G., Laghetti, G., 2020. Agronomic performance and phenolic profile of Tritordeum (*Tritordeum martini* APujadas) lines. *Cereal Chemistry*, available at: < <https://doi.org/10.1002/cche.10378> >
- Navas-Lopez, J., Almudena Castillo, F., Martín, A., Gimenez M. and Pistón F., 2014. Phenolic content variability and its chromosome location in tritordeum. *Front Plant Sci.*, v 5: 10.
- Nocente, F., Natale, C., Galassi, E., Taddei F. and Gazza, G., 2021. Using Einkorn and Tritordeum Brewers' Spent Grain to Increase the Nutritional Potential of Durum Wheat Pasta. *Foods*, 10 (3)
- Pinto, R., Alvarez, J. and Martín L., 2002. Preliminary evaluation of grain yield components in hexaploid tritordeum. [Crop Breeding and Applied Biotechnology](#) 2(2):213-217

- Sánchez-León, S., Haro, C., Villatoro, M., Vaquero, L., Comino, I., González-Amigo, A., Vivas, S., Pastor, J., Sousa, C., Landa, B. and Barro, F., 2020. Tritordeum breads are well tolerated with preference over gluten-free breads in non-celiac wheat-sensitive patients and its consumption induce changes in gut bacteria. *Science of food and Agriculture*, available at: < <https://doi.org/10.1002/jsfa.10982> >
- Shabnam, R., Hasan Tarek, M. and Iqbal, T., 2018. Understanding phosphorus dynamics in wheat plant and growth response in a split-root system in acidic soil. *Agriculture and natural resources* 52 (3):259-265.
- Tosti, G., Farneselli, M., Benincasa P. and Guiducci, M., 2016. Nitrogen Fertilization Strategies for Organic Wheat Production: Crop Yield and Nitrate Leaching. *Agronomy*, 108 (2): 170-181.
- Vaquero, L., Comino, I., Vivas, S., Rodrigues-Martin, L., Giménez, M., Pastor, J., Sousa C. and Barro, F., 2017. Tritordeum: a novel cereal for food processing with good acceptability and significant reduction in gluten immunogenic peptides in comparison with wheat. *Science of food and Agriculture*, 98(6): 2201- 2209.
- Villegas, D., Casadesúsa, J., Atienza, S., Martos, V., Maalouf, F., Karamelker F., Aranjuelo, I., Nogués, S. 2010. Tritordeum, wheat and triticale yield components under multi-local mediterranean drought conditions. *Field Crops Research*. 116, (1–2, 3): 68-74.
- Visioli, G., Lauro, M., Vamerali, T., Cortivo, C., Panozzo, A., Folloni, S., Piazza C., Ranieri, R. 2020. A Comparative Study of Organic and Conventional Management on the Rhizosphere Microbiome, Growth and Grain Quality Traits of Tritordeum. *Agronomy*. 10 (11)
- Zdaniewicz, M., Pater, A., Hrabia, O., Dulinski, R. and Cioch-Skoneczny, M., 2020. Tritordeum malt: An innovative raw material for beer production. *Journal of Cereal Science*, volume 96.
- Zuluaga, D. and Sonnante, G., 2019. The Use of Nitrogen and Its Regulation in Cereals: Structural Genes, Transcription Factors, and the Role of miRNAs. *Plants (Basel)*, 8 (8): 294.

Ιστοσελίδες

- Our World in Data, 2015. Fertilizers, by Max Roser and Hannah Ritchie. Available at: < <https://ourworldindata.org/fertilizers> >.
- Semencemag, 2019 Le tritordeum, une céréale qui mérite d'être connue. Available at: <https://www.semencemag.fr/tritordeum.html>.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2015. Έγκριση κώδικα για την προστασία των νερών στο πλαίσιο οδηγίας, άρθρο 3. Διαθέσιμο στο: < <http://www.opengov.gr> >

Παράρτημα εικόνων



Εικόνα 14: Άποψη του αγρού στις 47 ΗΑΣ.



Εικόνα 15: Άποψη του αγρού στις 106 ΗΑΣ.



Εικόνα 16: Άποψη του αγρού στις 138 ΗΑΣ