

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΔΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ,
ΣΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗΝ
ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Εργαστήριο Γεωργίας

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση της λίπανσης σε καλλιέργεια σκληρού σίτου με
παρεμποδιστές ουρεάσης στις αποδόσεις και στα ποιοτικά
χαρακτηριστικά

Ευαγγελία Μ. Τουρκοχωρίτη

Επιβλέπων καθηγητής:

Δημήτριος Μπιλάλης, Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ

2020

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Εργαστήριο Γεωργίας

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση της λίπανσης σε καλλιέργεια σκληρού σίτου με παρεμποδιστές ουρεάσης στις αποδόσεις και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά

“The effect of fertilizers with urease inhibitors on the yield and the quality characteristics of winter durum wheat”

Ευαγγελία Μ. Τουρκοχωρίτη

Εξεταστική επιτροπή:

Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Τραυλός Ηλίας, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Παπαστυλιανού Παναγιώτα-Θηρεσία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΓΠΑ

Επίδραση της λίπανσης σε καλλιέργεια σκληρού σίτου με παρεμποδιστές ουρεάσης στις αποδόσεις και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Γεωργίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κατά την καλλιεργητική περίοδο 2019-2020 μελετήθηκε σε πειραματικό αγρό, ο οποίος εγκατάστησε στη περιοχή της Κωπαΐδας, η επίδραση της επιφανειακής αζωτούχου λίπανσης με παρεμποδιστές ουρεάσης στις αποδόσεις και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum* ssp. durum). Αναλυτικότερα, όλα τα τεμάχια δέχθηκαν βασική λίπανση 20-20-0 και οι μεταχειρίσεις με επιφανειακή λίπανση συμπεριελάμβαναν τα λιπάσματα UREA 46, UREA 40, UTEC 46, UTEC 40, CAN 27 και CAN 27+1A καθώς και αγροτεμάχιο που δεν δέχθηκε λίπανση και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας. Πιο συγκεκριμένα, η ποικιλία σκληρού σιταριού που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Simeto. Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν το ύψος των φυτών, ο αριθμός φύλλων, το ολικό άζωτο των βλαστών, το ξηρό και το νωπό βάρος των φυτών. Επίσης, μελετήθηκε η απόδοση των σπόρων κατά τη συγκομιδή. Τέλος, μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά που καθιστούν τους παραγόμενους σπόρους κατάλληλους για την αρτοποιία και μακαρονοποιία, δηλαδή το ποσοστό της πρωτεΐνης των σπόρων. Η βλαστητική ανάπτυξη καθώς και το γέμισμα των σπόρων των φυτών επηρεάστηκαν σημαντικά από την εφαρμογή της επιφανειακής αζωτούχου λίπανσης αλλά και από τον τύπο του λιπάσματος που εφαρμόστηκε, με αποτέλεσμα τα τεμάχια στα οποία χορηγήθηκε άζωτο μέσω του λιπάσματος UTEC 46 να εμφανίζουν τις υψηλότερες αποδόσεις, περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη αλλά και την πιο γρήγορη βλαστητική ανάπτυξη. Συγκεκριμένα, η απόδοση των σπόρων στη μεταχείριση UTEC 46 ήταν 67% μεγαλύτερη (484 kg/στρ.) από αυτήν που προέκυψε από τον μάρτυρα και 6,8-45% μεγαλύτερη από όλες τις άλλες μεταχειρίσεις. Η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη στη μεταχείριση UTEC 46 ήταν 13,49% μεγαλύτερη από το μάρτυρα, ενώ δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις υπόλοιπες λιπάνσεις. Η παρούσα μελέτη αναδεικνύει ότι η επιφανειακή λίπανση με άζωτο στο στάδιο του αδελφώματος εξασφαλίζει υψηλές αποδόσεις σε σπόρο σκληρού σίτου ενώ παράλληλα βελτιώνονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σπόρων με αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου.

Επιστημονική περιοχή: Γεωργία

Λέξεις κλειδιά: άζωτο, λίπασμα, πρωτεΐνη, σιτάρι

The effect of fertilizers with urease inhibitors on the yield and the quality characteristics of winter durum wheat

Department of Crop Science

Laboratory of Agronomy

ABSTRACT

A field study was conducted during the growing season 2019-2020 in the region of Kopaida to study the effect of topdressing nitrogen fertilization with urease inhibitors on yield and quality attributes of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum). All plots were treated with basal fertilizer 20-20-0, while the treatments with topdressing fertilizer included the fertilizers UREA 46, UREA 40, UTEC 46, UTEC 40, CAN 27, CAN 27+1A and an unfertilized control treatment as well. The durum wheat variety that was used in the current study was Simeto. The attributes that were researched were plant height, number of leaves, total shoot nitrogen, fresh and dry weight of plants. The seed yield at harvest was also studied. Finally, the seed protein content and the attributes that make the produced seeds appropriate for bakery and pasta industry were analyzed. The vegetative growth and the grain filling of the plants were statistically affected by the application of topdressing nitrogen fertilization and especially the type of fertilizer that was applied. The results of this study revealed that the plots which were treated with the fertilizer UTEC 46 demonstrated the higher yield, seed protein content and the most vigorous vegetative growth as well. Specifically, the seed yield of the treatment UTEC 46 was 67% greater than the control, accounting approximately 4.84 tn ha⁻¹, and 6,8-45% greater than the values of the other treatments. The seed protein content in UTEC 46 was 13,49% higher than control, while no significant differences with the other treatment were occurred. This study highlights that the topdressing nitrogen fertilization in the growth stage of tillering significantly increases the yield of durum wheat, improves the quality traits of seeds and increases the nitrogen use efficiency.

Scientific area: Agronomy

Key words: nitrogen, fertilizer, protein, wheat

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	2
Abstract	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1. Παγκόσμια σημασία σιταριού.....	7
1.2. Το σκληρό σιτάρι στο κόσμο	8
1.2.1 Παραγωγή σκληρού σίτου σε παγκόσμιο επίπεδο.	8
1.2.2 Παραγωγή σκληρού σίτου την ευρωπαϊκή ένωση	9
1.2.3 Παραγωγή σιτηρών στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	10
1.2.4 Εμπόριο σιτηρών στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	12
1.2.5 Αποθέματα σιτηρών σε παγκόσμιο επίπεδο.....	12
1.2.6 Η διαμόρφωση τιμής του σκληρού σιταριού.....	13
1.2.7 Προβλέψεις για την παραγωγή σιτηρών στην Ε.Ε.....	14
1.2.8 Παραγωγή σκληρού σίτου στην χώρα μας.....	15
1.2.8.1 Καλλιεργούμενες εκτάσεις σκληρού σίτου στην Ελλάδα.....	15
1.3. Γενικά στοιχεία για το σιτάρι.....	17
1.3.1 Ιστορική αναδρομή.....	17
1.3.2 Βοτανική κατάταξη και εξέλιξη των ειδών	17
1.3.3 Μορφολογικά γνωρίσματα- ποικιλίες	19
1.3.4 Αύξηση και ανάπτυξη	20
1.3.4.1 Στάδια και φάσεις ανάπτυξης.....	21
1.3.4.2 Συστατικά της απόδοσης.....	24
1.3.5 Οικολογικές απαιτήσεις	24
1.3.5.1 Περιβάλλον και ποιότητα.....	25
1.3.6 Καλλιεργητική τεχνική.....	26
1.3.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού.....	30
1.3.7.1 Σύσταση των σπόρων.....	30
1.3.7.2 Ποιότητα σκληρού σιταριού	33
1.3.8 Προϊόντα	33
2. ΘΡΕΨΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	34
2.1 Το άζωτο ως απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο	36

2.2	Η επίδραση του αζώτου στα συστατικά απόδοσης σιτηρών.....	37
2.3	Η λίπανση στη γεωργική παραγωγή.....	38
2.4	Η πρόσληψη και η κατανομή του αζώτου.....	39
2.5	Ο ρόλος του αζώτου στο φυτό	40
2.6	Πρόσληψη και μεταφορά νιτρικών ιόντων εντός φυτικού σώματος.....	41
2.6.1	Πρόσληψη νιτρικών ιόντων από την ρίζα.....	41
2.6.2	Κίνηση νιτρικών ιόντων εντός των αγγείων του ξύλου και η μεταφορά του στο υπέργειο μέρος.	42
2.6.3	Εκροή νιτρικών ιόντων	43
2.6.4	Η κατανομή των νιτρικών ιόντων ενδοκυτταρικά	43
2.7	Πρόσληψη και μεταφορά αμμωνιακών ιόντων στα φυτά	44
2.7.1	Πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων από τις ρίζες.....	44
2.8	Πρόσληψη οργανικού αζώτου.....	45
2.9	Η αφομοίωση του αζώτου από τα φυτά	46
2.9.1	Η αφομοίωση των νιτρικών ιόντων.....	46
2.9.2	Η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων	47
2.9.3	Συνέργεια στη θρέψη των φυτών των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων.....	48
2.9.4	Τοξικότητα αμμωνίου	50
2.10	Πρωτεΐνη στο καρπό	50
2.11	Αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου (nitrogen use efficiency - NUE)	52
2.11.1	Η σημασία αποτελεσματικότητας της χρήσης αζώτου (nitrogen use efficiency - NUE) 52	
2.11.2	Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του αζώτου	52
3.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	54
3.1	Περιοχή έρευνας	54
3.1.1	Θέση και ιστορικό πειραματικών τεμαχίων	54
3.2	Διερεύνηση δεδομένων	55
3.2.1	Προσδιορισμός εδαφικών παραμέτρων	55
3.2.2	Κλιματολογικές συνθήκες κατά την περίοδο του πειράματος	55
3.2.3	Φυτικό υλικό	58
3.3	Μεταχειρίσεις και πειραματικό σχέδιο	60
3.4	Καλλιεργητικές φροντίδες και ημερομηνίες εφαρμογής τους κατά τη διάρκεια του πειράματος.	65
3.4.1	Πριν από την σπορά	65
3.4.2	Σπορά (ημερομηνία και ποσότητα σπόρων)	65
3.4.3	Κατά την διάρκεια του πειράματος.....	66
3.4.4	Συγκομιδή.....	66
3.5	Παρατηρήσεις και προσδιορισμοί.....	67

3.6 Στατιστική ανάλυση	69
3.7 Άποψη αγρού κατά τις ημέρες μετά την σπορά	70
3.7.1 Άποψη του αγρού στις 15 ΗΑΣ	70
3.7.2 Άποψη αγρού στις 69 ΗΑΣ	71
3.7.3 Άποψη αγρού στις 108 ΗΑΣ	71
3.7.4 Άποψη αγρού κατά την ημέρα της συγκομιδής 213 ΗΑΣ	72
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	73
4.1 Φαινολογία	73
4.1.1 Ύψος φυτών	73
4.1.2 Αριθμός φύλλων.....	75
4.2 Φυσιολογικές παράμετροι	77
4.2.1 Ολικό άζωτο στα στελέχη	77
4.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά	80
4.3.1 Περιεκτικότητα σπόρων σε πρωτεΐνη	80
4.4 Συστατικά απόδοσης	80
4.4.1 Νωπό βάρος φυτών	80
4.4.2 Ξήρο βάρος φυτών	83
4.4.3 Βάρος 1000 σπόρων	85
4.5 Απόδοση.....	86
4.6 Δείκτες εκτίμησης στη γεωργική παραγωγή	86
4.6.1 Γενικά περί των δεικτών	86
4.6.1.1 Δείκτες αξιολόγησης N-ουχου λίπανσης	87
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	102
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	111

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Παγκόσμια σημασία σιταριού

Το σκληρό σιτάρι (*Triticum turgidum* var. *durum* (τετραπλοειδές)), αποτελεί στην παγκόσμια κλίμακα τη τρίτη πιο σημαντική καλλιέργεια, αξιολογείται ως το βασικότερο στοιχείο διατροφής για το 36% του πληθυσμού της γής. Η καλλιεργούμενη βοτανική ποικιλία είναι άρτια προσαρμοσμένη σε ένα μεγάλο φάσμα συνθηκών περιβάλλοντος σε όλο τον κόσμο. Στις μέρες μας οι καλλιεργούμενες στρεμματικές εκτάσεις ξεπερνούν κάθε άλλη καλλιέργεια (Fatima et al. 2014). Οι στρεμματικές αποδόσεις αυξάνονται ραγδαία 840 εκατομμύρια τόνους (Rosegrant et. al.,1995) ή 1 δισεκατομμύριο τόνους (Kronstad, 1998). Ο πρωταρχικός λόγος που το σιτάρι κατατάσσεται στην πρώτη θέση στη παγκόσμια διατροφή, είναι γιατί εξασφαλίζει πάνω από το 20% των απαραίτητων θερμίδων και πρωτεϊνών για τον άνθρωπο και δευτερευόντως η ευκολία μεταφοράς και η δυνατότητα διατήρησής του για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

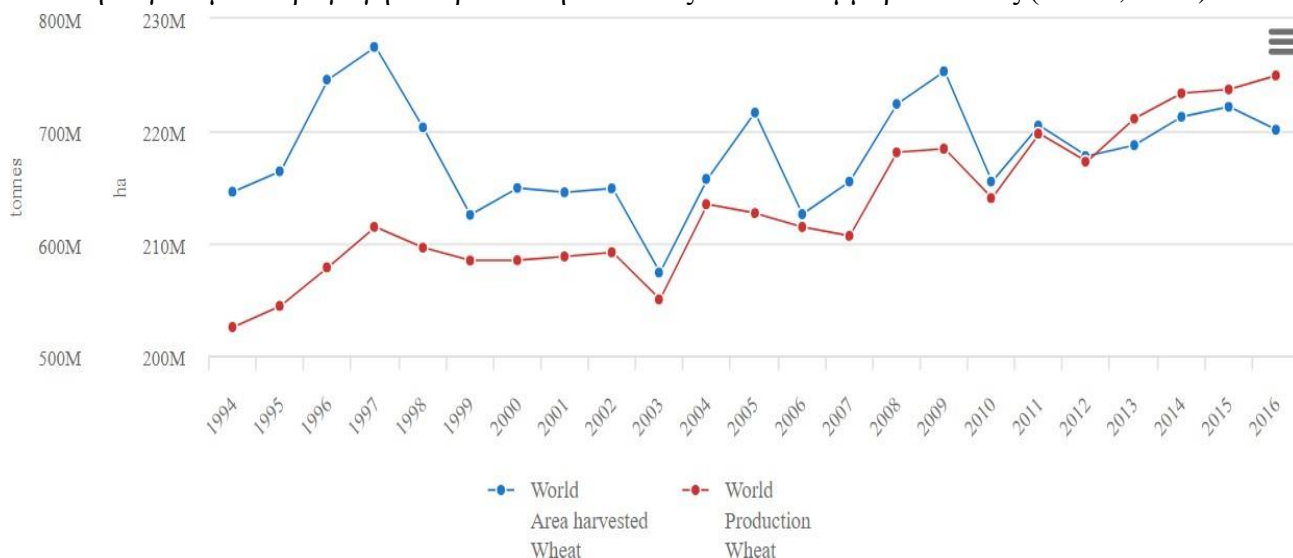
Το σιτάρι είτε μαλακό είτε σκληρό ξεκίνησε να καλλιεργείται από τους προϊστορικούς ακόμα χρόνους όμως, δεν δίνεται με ακρίβεια η περιοχή καταγωγής του, αλλά κι ούτε που καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά. Η περιοχή της Αβησσυνίας ή τα βόρεια τμήματα της λεκάνης της Μεσογείου θεωρούνται πιθανά κέντρα της καταγωγής σίτου. Ήταν το πρώτο φυτό που καλλιεργήθηκε εκτεταμένα από τον άνθρωπο. Πολλά χειρόγραφα μαρτυρούν ότι το σιτάρι καλλιεργείτο στις περιοχές της αρχαίας Αιγύπτου και του Βυζαντίου, ενώ στην Ελλάδα λέγεται πως οι γενότυποι έφτασαν το 5.000 π.Χ. Τέλος, ήταν εκείνο που αποτέλεσε την κυριότερη πηγή υδατανθράκων της Εύκρατης ζώνης (Watson A., 2006).

Το σιτάρι βρίσκεται στη λίστα με τα πιο διαδεδομένα καλλιεργούμενα σιτηρά στον κόσμο. Η εξάπλωσή του εντοπίζεται μεταξύ 30° και 60° ΒΠ και 27° και 40° ΝΠ και στις παραθαλάσσιες περιοχές μέχρι υψόμετρο 3.000 m. Στις τροπικές περιοχές καλλιεργείται από υψόμετρο 2.000 έως 3.000 m. Η καλλιέργεια του σκληρού σίτου είναι κατά κύριο λόγο φθινοπωρινή, αλλά σε περιοχές με δριμύ χειμώνα καλλιεργείται σαν εαρινή. Γενικότερα, κάθε μήνα του έτους συγκομίζεται και μία καλλιέργεια σιταριού σε κάθε περιοχή της γης. Καλλιεργείται σε περιοχές με ξηρό και ημίξηρο κλίμα, οι οποίες αποτελούν και τις χώρες καταγωγής του. Παγκοσμίως, το πιο διαδεδομένο είδος σιταριού είναι το μαλακό σιτάρι λόγω της αυξημένης προσαρμοστικότητάς του και της αντοχής του στο κρύο σε σχέση με το σκληρό σίτο. Από την άλλη πλευρά το σκληρό σιτάρι δίνει καλή ποιότητα σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα (Παπακώστα- Τασοπούλου Δ.,2012).

1.2 Το σκληρό σιτάρι στο κόσμο

1.2.1 Παραγωγή σκληρού σίτου σε παγκόσμιο επίπεδο.

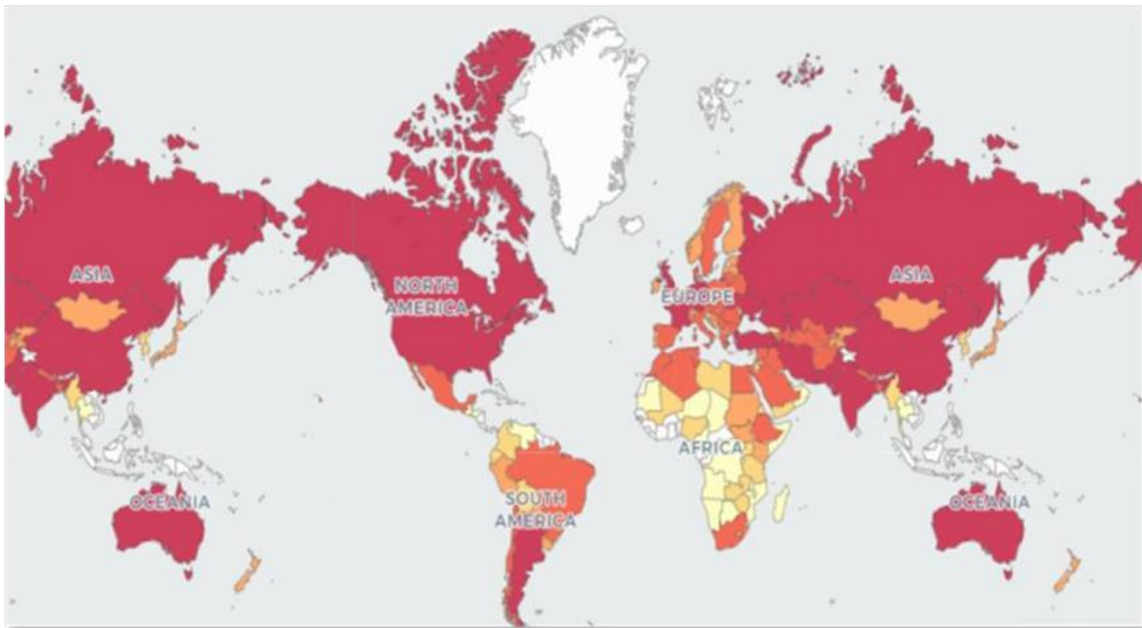
Λόγω των αυξημένων επισιτιστικών αναγκών είναι απαραίτητη η διατήρηση της αυξητικής πορείας της παραγωγής σιταριού. Στους 9,5 εκατομμύρια τόνους ανέρχεται ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης, και κατά την χρονική περίοδο από το 1946 έως το 1992, η παγκόσμια παραγωγή σιταριού ανήλθε στους 592 εκατομμύρια τόνους (Curtis, 2002).



Διάγραμμα 1.2.1: Μέση παγκόσμια παραγωγή σιταριού από το 1914 μέχρι το 2016 (FAO, 2018).

Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει την καλλιεργητική έκταση του σιταριού και τη μέση ετήσια παγκόσμια παραγωγή από το 1994 έως το 2016. Σε μικρή κλίμακα παρατηρείται η μεταβλητότητα της καλλιεργούμενης έκτασης, γεγονός που μας δείχνει πως η αύξηση της παραγωγής προέρχεται κυρίως από τη χρήση νέας τεχνολογίας όπως βελτιωμένες ποικιλίες, νέα λιπάσματα, εκμηχάνιση της γεωργίας κ.α. Σύμφωνα, με τα αποτελέσματα από το FAO η μέση παραγωγή σιταριού άγγιξε τους 752 εκατομμύρια τόνους το 2016, και η μέση καλλιεργούμενη έκταση τα 220 εκατομμύρια στρέμματα (FAO, 2016).

Οι αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες του πληθυσμού, η αύξηση του και η αστικοποίηση ήταν οι κύριοι λόγοι που συντέλεσαν στην αύξηση της κατανάλωσης του σιταριού. Σύμφωνα, με το παρακάτω χάρτη οι χώρες που παράγουν ποσότητες μεγαλύτερες από 20 εκατομμύρια τόνους είναι κατά σειρά η Κίνα, η Ινδία, η Ρωσία, ο Καναδάς, η Γερμανία, η Αυστραλία, το Πακιστάν και η Τουρκία, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 1.2.2 που ακολουθεί.



Διάγραμμα 1.1.2: Παγκόσμια κατανομή παραγωγής σιταριού (FAO, 2018)

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής καταναλώνεται εντός των συνόρων της κάθε χώρας με εξαίρεση ορισμένα εξαγωγικά κράτη όπως οι Η.Π.Α, ο Καναδάς, η Αυστραλία, και η Ε.Ε με τις ποσότητες παραγωγής να ανέρχονται περίπου στους 122, 30, 17 και 15 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Το κράτος που αξίζει να σημειωθεί είναι η Κίνα όπου η παραγωγή της αγγίζει περίπου τους 2 εκατομμύρια τόνους σιταριού ετησίως, Αντίθετα, υπάρχουν και κράτη τα οποία κάνουν εισαγωγές και αυτά είναι η Αίγυπτος, η Ιταλία, η Αλγερία, η Βραζιλία και η Ιαπωνία με ποσότητες περίπου 9,8, 7,1, 6,1, 5,8, και 5 εκατομμύρια τόνους αντιστοίχως (FAO, 2013).

1.2.2 Παραγωγή σκληρού σίτου την ευρωπαϊκή ένωση

Κατά την καλλιεγητική περίοδο του 2015-2016, η παραγωγή ανήλθε στους 309 εκατομμύρια τόνους. Η συγκομιδή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως πολύ καλή καθώς ήταν η δεύτερη καλύτερη στα τελευταία πέντε χρόνια, αλλά μικρότερη από την συγκομιδή ρεκόρ του 2014-2015 (FAO, 2016).

Η μείωση αυτή προήλθε από την μείωση της έκτασης των σιτηρών κατά 1,9% το οποίο οδήγησε και σε χαμηλότερες αποδόσεις κατά 4,1% και είχαν ως αποτέλεσμα παραγωγή 6,0% κατώτερη από εκείνη του 2015 (FAO, 2016).

Παρόλα αυτά, η παραγωγή σκληρού σίτου στην Ευρωπαϊκή Ένωση αυξήθηκε σημαντικά το 2015-2016, έπειτα από τις αλλαγές που έγιναν και προέκυψαν υψηλότερες τιμές από

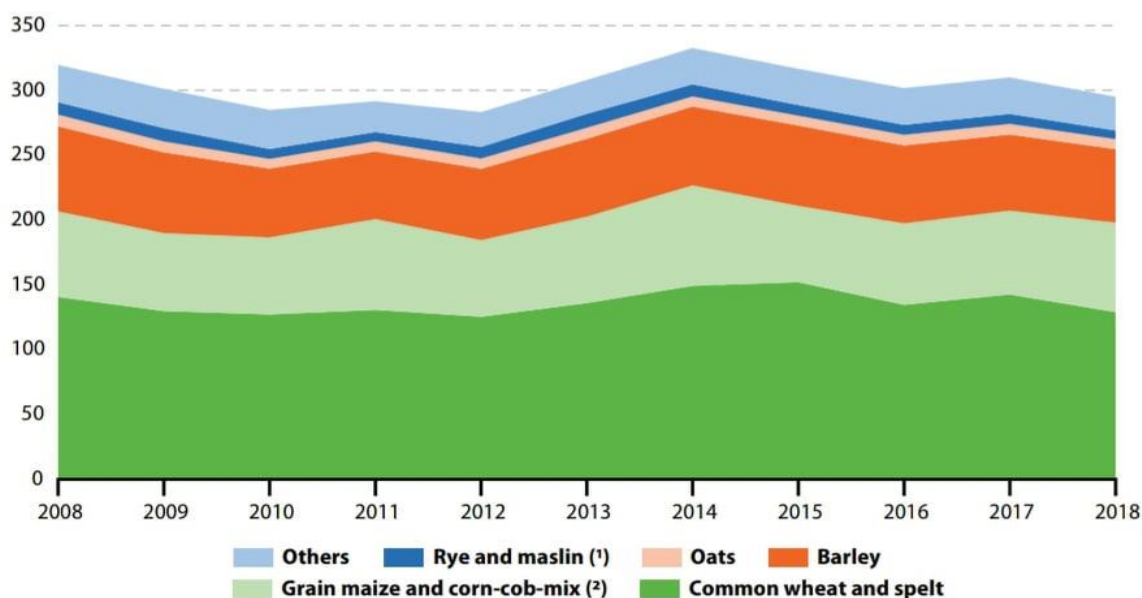
την παρουσία της προαιρετικής συνδεμένης στήριξης σε ορισμένα κράτη μέλη (FAO, 2016).

Οι εκτάσεις όπου καλλιεργούνταν σκληρό σιτάρι αυξήθηκαν κατά το 2015-2016 κατά 6,9% σε σύγκριση με το 2014-2015. Η απόδοση αυξήθηκε κατά 4,3% με αποτέλεσμα παραγωγής 8,5 εκατομμύρια τόνους το 2015-2016 (FAO, 2016).

Σύμφωνα, με τα δεδομένα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, το επίπεδο παραγωγής θεωρείται ικανοποιητικό. Οι εκτιμήσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής κάνουν λόγο για παγκόσμια παραγωγή σιτηρών που ανέρχεται πάνω από τα 2.100 εκατομμύρια τόνους, συγκομιδή ρεκόρ. Τέλος, η ποιότητα της συγκομιδής ήταν άριστη εξαιτίας των καιρικών συνθηκών, οι συχνές βροχοπτώσεις μείωσαν την ποιότητα της πρωτεΐνης στο σιτάρι, ενώ αντίθετα το σκληρό σιτάρι της Γαλλίας δεν επηρεάστηκε και είχε προβάδισμα στις εξαγωγές. Τέλος, όσον αφορά την παραγωγή της Ελλάδας σε σκληρό σίτο την περίοδο 2019-2020 έφτασε τους 650.000 τόνους περίπου, εκ των οποίων σχεδόν 330.000 διοχετεύτηκαν προς εσωτερική κατανάλωση (European Commission, 2017).

1.2.3 Παραγωγή σιτηρών στην Ευρωπαϊκή ένωση

Σύμφωνα, με υλικό πληροφοριών από την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat) η συγκομιδή των δημητριακών στην ΕΕ ήταν χαμηλότερη λόγω των συνθηκών ξηρασίας στα κεντρικά και βόρεια κράτη μέλη. Η παραγωγή των δημητριακών συμπεριλαμβανομένου και του ρυζιού στην Ε.Ε. ήταν 295,1 εκατομμύρια τόνοι το 2018, περίπου 11,3% της παγκόσμιας παραγωγής. Συγκριτικά, με το 2017 υπήρξε μείωση κατά 14,9 εκατομμύρια τόνους λιγότερους, που αντιπροσωπεύουν την απότομη πτώση -4,8%. Η μείωση αυτή αντικατοπτρίζει τις συνθήκες ξηρασίας που επικρατούσαν σε πολλές περιοχές της Κεντρικής και της Βόρειας Ευρώπης, περιοχές γενικά αμετάβλητες (-0,3%). Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή των δημητριακών στην ευρωπαϊκή ένωση το 2018 ήταν 37,8 εκατομμύρια τόνους χαμηλότερη από το ρεκόρ συγκομιδής των 332,6 εκατομμυρίων τόνων το 2014 (όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1.2.3).



Διάγραμμα 1.2.3: Παραγωγή κύριων δημητριακών στην Ε.Ε.-28 κατά τα έτη 2008-2018 (σε εκατομμύρια τόνους). (Πηγή: Eurostat online data: appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=apro_cpnh1&lang=en)

Η παραγωγή της Γαλλίας το 2018 ανήλθε στους 62,6 εκατομμύρια τόνους σιτηρών λίγο περισσότερο από το ένα πέμπτο (21,2%) της συνολικής παραγωγής της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Γερμανία συγκόμισε 38,0 εκατομμύρια τόνους (12,9% του συνόλου της ΕΕ), η Ρουμανία περισσότερο από 31,5 εκατομμύρια τόνους δημητριακών (10,7% του συνόλου της Ευρωπαϊκής Ένωσης) και η Πολωνία συγκόμισε 26,8 εκατομμύρια τόνους (9,1% του συνόλου της Ε.Ε).

Η ξηρασία στη Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη οδήγησε σε χαμηλότερα επίπεδα παραγωγής πολλά κράτη μέλη. Μεταξύ των κύριων κρατών μελών που παράγουν δημητριακά η παραγωγή στο σύνολό της ήταν χαμηλότερη στη Γαλλία (-8,7%), Γερμανία (-16,7%) και Πολωνία (-16,1%), αν και τα υψηλότερα ποσοστά παρακμής καταγράφονται στα Βαλτικά και Σκανδιναβικά κράτη μέλη (με μείωση ως επί το πλείστον μεταξύ -20% έως -30%, αλλά και ακόμα μεγαλύτερη καταγραφή μείωσης -45,3% στη Σουηδία). Αντίθετα, η παραγωγή στη νότια Ευρώπη ενισχύθηκε από την υγρή και μέση άνοιξη έως και το καλοκαίρι. Οι χώρες που κατέγραψαν αρκετά σημαντική υψηλή παραγωγή ήταν η Ρουμανία (+16,3%) και η Ισπανία (+47,0%).

1.2.4 Εμπόριο σιτηρών στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Σύμφωνα, με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat) η Ρουμανία εξήγαγε κατά το έτος 2018, 12 εκατομμύρια τόνους στην Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και σε τρίτες χώρες, αξίας άνω των 2,2 δις ευρώ. Επίσης, οι εξαγωγές των σιτηρών είναι αυξημένες κατά περίπου ένα τόνο έναντι του 2017. Παράλληλα, προστίθενται οι κυριότερες χώρες εξαγωγής το έτος 2018, οι οποίες ήταν η Ισπανία, η Αίγυπτος, η Ιταλία, η Ιορδανία, η Γερμανία και η Λιβύη.

Το 2018, οι εισαγωγές σιτηρών διαμορφώθηκαν στους 1,4 εκατομμύρια τόνους, όπου η αξία τους ανέρχονταν στα 320 εκατομμύρια ευρώ. Οι χώρες από τις οποίες προέρχονταν οι εισαγωγές ήταν η Βουλγαρία και η Ουγγαρία. Μάλιστα, σύμφωνα με τα στοιχεία η Ρουμανία κατέλαβε την τρίτη θέση στην παραγωγή σιτηρών στο σύνολο των χωρών μελών της ΕΕ.

Τέλος, σύμφωνα με τον FAO το 2019, το παγκόσμιο εμπόριο των σιτηρών ανήλθε περίπου στους 415 εκατομμύρια τόνους, καθώς οι αυξήσεις που αναμένονταν στο εμπόριο σιταριού και ρυζιού, αντιστάθμισαν την μείωση του εμπορίου για τον αραβόσιτο.

1.2.5 Αποθέματα σιτηρών σε παγκόσμιο επίπεδο

Παγκοσμίως, τα αποθέματα των δημητριακών σύμφωνα με την πρόβλεψη του FAO το 2019, αναμένεται να έχουν μείωση κατά 5 εκατομμύρια τόνους έως το τέλος του 2020, όπου σήμερα ανέρχονται πλέον στα 8 εκατομμύρια τόνους κάτω από τα αρχικά τους επίπεδα. Ως αποτελέσματα της προβλεπόμενης μείωσης των αποθεμάτων των δημητριακών και την αύξηση της προβλεπόμενης χρήσης δημητριακών, ο παγκόσμιος δείκτης αποθεμάτων προς χρήση δημητριακών είναι κάτω από 30,7%, το οποίο θεωρείται ένα καλό επίπεδο. Κατά την περίοδο 2019/20 τα αποθέματα σιταριού αναμένεται να παραμείνουν πάνω από το αρχικό τους επίπεδο κατά 1,4 εκατομμύρια τόνους (0,5%). Τα αποθέματα σε ακατέργαστα σιτηρά μειώθηκαν επίσης από τον Μάρτιο, κατά 700.000 τόνους (μείωση 0,2%), ενισχύοντας περαιτέρω την πρόβλεψη της μείωσης σε πάνω από 9 εκατομμύρια τόνους (2,2%), αντανakλώντας ακόμα και τις μεγάλες αναμενόμενες μειώσεις στα αποθέματα αραβοσίτου. Τέλος, η πρόβλεψη του FAO για τα παγκόσμια αποθέματα ρυζιού κατά το κλείσιμο του 2019/20 αυξήθηκε κατά 400.000 τόνους δηλαδή σε 183 εκατομμύρια τόνους, γεγονός που θα σήμαινε οριακή μείωση (0,3%) από το ρεκόρ της προηγούμενης σεζόν (FAO, 2019).

1.2.6 Η διαμόρφωση τιμής του σκληρού σιταριού

Η φετινή χρονιά μπορεί να θεωρηθεί μία απρόσμενα καλή χρονιά για τους παραγωγούς που έσπειραν δημητριακά, με ελκυστικές αποδόσεις. Ειδικότερα, αναμένεται ότι η χρονιά 2019-2020 θα είναι η δεύτερη μεγαλύτερη από άποψη ποσοτήτων, καταγράφοντας άνοδο 1% σε σχέση με πέρυσι, στους 2.170 εκατ. τόνους. Ωστόσο, η αύξηση αυτή αναμένεται να απορροφηθεί από την βιομηχανία τροφίμων και τις ζωτροφές.

■ ΑΓΟΡΑ ΣΚΛΗΡΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ



Εικόνα 1.2.6: Η αγορά του σκληρού σιταριού στην Ελλάδα το 2019-2020. (Πηγή: Agronews).

Για το σκληρό σιτάρι χρησιμοποιούμε τις τιμές επί πλοίου, όπως προκύπτουν από το χρηματιστήριο σιτηρών της Μπολόνια. Λόγω της κοντινής απόστασης από την ιταλική αγορά και της περιορισμένης διασποράς των ζωνών παραγωγής του σκληρού σιταριού ανά την υφήλιο (Καναδάς, Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα), μπορούμε να προσεγγίσουμε τη τιμή παραγωγού με βάση τη χρηματιστηριακή τιμή στη Μπολόνια, κι αυτό μόνο αν εκτιμήσουμε σωστά το κέρδος του εμπόρου και το κόστος μεταφορικών πάντα με το πλοίο, καθώς και από το χωράφι στο λιμάνι που θα φορτωθεί το προϊόν.

Το μηδενικό απόθεμα που υπάρχει λίγο πριν τα αλώνια, δεν αφήνει περιθώρια στο εμπόριο για τιμολογιακή πολιτική παρόμοια με των περασμένων ετών. Κατά τα μέσα Μαΐου σχεδόν ενάμιση μήνα πριν την έναρξη της συγκομιδής η τιμή παραγωγού στην αποθήκη ανέρχονταν στα 28 λεπτά το κιλό, ενώ ακόμα και σε κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις το προϊόν πληρώθηκε στο παραγωγό και με 30 λεπτά το κιλό. Όπου την ίδια στιγμή η εξαγωγές από το λιμάνι μας ξεπερνούσαν τα 300 ευρώ ο τόνος FOB (στο λιμάνι φόρτωσης). Την ίδια στιγμή στο χρηματιστήριο της Φότζια, η τιμή για τα πιο ποιοτικά σιτάρια ανέρχεται στα 310 ευρώ ο τόνος. Μεγάλο ενδιαφέρον παρατηρείται για το πώς

θα συνεχίσει η εξέλιξη της καλλιέργειας ως το καλοκαίρι. Όπου, σε περίπτωση μη απροόπτου με τον καιρό, φαίνεται πως η νέα σεζόν θα ξεκινήσει σε επίπεδα σαφώς πιο υψηλά από την προηγούμενη χρονιά (AGER, Borsa Merci Bologna, 2020).

1.2.7 Προβλέψεις για την παραγωγή σιτηρών στην Ε.Ε

Κατά 2% μειωμένη αναμένεται να είναι η παραγωγή των σιτηρών στην Ε.Ε των 28 (συμπεριλαμβανομένου και του Ηνωμένου Βασιλείου) σύμφωνα με τις δημοσιεύσεις της COCERAL. Πιο αναλυτικά, η παραγωγή του 2019 ανήλθε στους 308,9 εκατομμύρια τόνους, ενώ για το φετινό έτος εκτιμάται πως θα διαμορφωθεί στους 302,7 εκατομμύρια τόνους το 2020. Η πτώση αυτή οφείλεται κυρίως στη μειωμένη παραγωγή μαλακού σίτου, του οποίου η παραγωγή εκτιμάται πως θα φτάσει στους 137,9 εκατομμύρια τόνους, από την συγκομιδή των 145,7 τόνων του 2019.

Οι εκτιμήσεις για το σκληρό σίτο δείχνουν σχεδόν σταθερές από 7.540.000 τόνους σε 7.440.000 τόνους. Στο κριθάρι αναμένεται οριακή μείωση 54.064.000 τόνοι το 2020 έναντι 54.580.000 τόνων το 2019. Από την άλλη πλευρά, εκτιμάται πως θα υπάρξει άνοδος για την παραγωγή του αραβοσίτου κατά 6,7%. Γενικότερα, στην Ελλάδα προβλέπεται ελαφρά μείωση της παραγωγής των σιτηρών (μαλακό και σκληρό σιτάρι, καλαμπόκι και κριθάρι) από τους 2,55 εκατομμύρια τόνους στους 2,46 εκατομμύρια τόνους.

	Ελλάδα		Ιταλία		Ρουμανία		ΕΕ 28	
Μαλακό σιτάρι								
Εκτάσεις(εκατ. στρ.)	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
	1,20	1,40	5,35	5,30	20	22,20	237,23	232,47
Αποδόσεις(kg/ στρέμμα)	200	180	565	549	395	410	614	593
Παραγωγή(χιλιάδες τόνοι)	240	252	3.023	2.910	7.900	9.102	145.686	137.901
Σκληρό σιτάρι								
Εκτάσεις	3	3,10	12,15	13	0,05	0,05	21,99	23,25
Αποδόσεις	220	200	320	310	310	195	502	483
Παραγωγή	660	620	3.888	4.030	16	10	62.190	60.776

Πηγή: **COCERAL**

Πίνακας: 1.2.7: Εκτιμήσεις παραγωγής σκληρού και μαλακού σίτου σε χώρες της Ε.Ε και στην Ε.Ε 28 (πηγή: COCERAL).

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται οι εκτάσεις, οι αποδόσεις και η παραγωγή μαλακού και σκληρού σιταριού στην Ελλάδα, στην Ιταλία, στη Ρουμανία και την ΕΕ 28. Σύμφωνα, με τον πίνακα που παρουσίασε η COCERAL παρατηρούμε άνοδο της παραγωγής του μαλακού σίτου για την Ελλάδα με 252.000 τόνους το 2020 σε σύγκριση με τους 240.000 τόνους που παρήχθησαν το 2019. Η εκτίμηση αυτή οφείλεται στην αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων κατά 200.000 στρέμματα, με μέση απόδοση 180 κιλά/ στρέμμα έναντι των 200 κιλών/στρέμμα που ήταν το περασμένο έτος.

Τέλος, στις εκτιμήσεις που έγιναν για το σκληρό σιτάρι αναμένεται το 2020 μία μικρή αυξητική τάση των καλλιεργούμενων στρεμμάτων 3,1 έναντι των 3 εκατομμυρίων στρεμμάτων, ακολουθούμενη όμως από πτώση στις αποδόσεις κατά 10% γεγονός, που θα μας οδηγήσει σε μείωση της παραγωγής από 660.000 σε 620.000 τόνους (Coceral, 2020).

1.2.8 Παραγωγή σκληρού σίτου στην χώρα μας.

1.2.8.1 Καλλιεργούμενες εκτάσεις σκληρού σίτου στην Ελλάδα.

Στη χώρα μας οι στρεμματικές εκτάσεις με καλλιέργεια σκληρού σίτου ανήλθαν το 2016 στα 3.907,5 χιλιάδες στρέμματα (Elstat, 2016), ένας αριθμός που αυξήθηκε σημαντικά από το 1940 έως σήμερα. Στις μέρες μας δημιουργήθηκαν παραγωγικές ποικιλίες οι οποίες έχουν βελτιωθεί σημαντικά λόγω προόδου της τεχνολογίας. Οι νέες ποικιλίες σκληρού σίτου είναι άρτια προσαρμοσμένες στις ξηροθερμικές συνθήκες, στα εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα, στην εφαρμογή λιπασμάτων, στη βελτίωση τεχνικής της καλλιέργειας, στην εκμηχάνευσή της και σε συνδυασμό με την ελάχιστη χρήση πιστοποιημένου σπόρου (10 kg/στρ) παρουσιάζουν υψηλή σταθερότητα αποδόσεων και ποιότητας. Βέβαια, είναι γεγονός πως υπάρχουν διακυμάνσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος ανά νομό, ανά καλλιεργητική περίοδο, ανάλογα με την εκάστοτε ποικιλία, την λίπανση και τις καιρικές συνθήκες.

Ειδικότερα, η συνολική παραγωγή σκληρού σίτου στην χώρα μας το 2016 αγγίζει έως και 1.131,9 χιλ. τόνους (Elstat, 2016), ενώ η μέση στρεμματική απόδοση ανέρχεται στα 250 έως 300 kg/στρ. Η χώρα μας έγινε αυτάρκης σε σιτάρι το 1956 και σήμερα έχει και περιθώρια εξαγωγής. Τέλος, με την αναμόρφωση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής η Ευρωπαϊκή Ένωση καθόρισε στρεμματική ενίσχυση για την σιτοκαλλιέργεια με άμεσο

αποτέλεσμα την επέκταση της και την αύξηση των στρεμματικών εκτάσεων συγκριτικά με το μαλακό σιτάρι.

Σύμφωνα, με τα αποτελέσματα της Στατιστικής Ελληνικής Αρχής το 2016, οι στρεμματικές εκτάσεις με καλλιέργεια σκληρού σιταριού αυξήθηκαν κατά 15-17% σε σύγκριση με τις εκτάσεις που καλλιεργήθηκαν την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Τα καλλιεργούμενα στρέμματα ανέρχονταν συνολικά στην ηπειρωτική Ελλάδα στα 4,7 εκατομμύρια, χωρίς όμως να υπολογίζονται οι εκτάσεις σε νησιωτικές περιοχές της χώρας, όπου εκεί η παραγωγή προορίζεται για ιδιοκατανάλωση. Στην περίπτωση που προσθέσουμε και αυτές το άθροισμα ανεβαίνει στα 5,5 εκατομμύρια στρέμματα όταν περίπου το αντίστοιχο νούμερο ήταν λίγο πάνω από 4,3 εκατομμύρια στρέμματα και 3,7 εκατομμύρια στρέμματα στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο χάρτης της χώρας μας, όπου απεικονίζεται η καλλιέργεια του σκληρού σίτου ανα περιοχές με εντόνο πράσινο χρωματισμό. Όπως, παρατηρούμε ο κύριος όγκος της καλλιέργειας του σκληρού σίτου συγκεντρώνεται στην Θεσσαλία, στη Στερεά Ελλάδα, την Μακεδονία και την Θράκη, ενώ σε μικρότερες εκτάσεις καλύπτει την Νότια Ελλάδα.



Εικόνα 1.2.8.1: Απεικόνιση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων με σκληρό σίτο στη χώρα μας (Πηγή: Elstat).

1.3 Γενικά στοιχεία για το σιτάρι

1.3.1 Ιστορική αναδρομή

Το σιτάρι είναι από τα πρώτα φυτά τα οποία καλλιέργησε ο άνθρωπος και διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του πληθυσμού, αποτελεί την κυριότερη πηγή υδατανθράκων για τις περισσότερες χώρες της Ευκράτου ζώνης. Το σιτάρι θεωρείται πιθανό να κατάγεται από τη Μέση Ανατολή (Συρία, Μεσοποταμία, Παλαιστίνη, Αφγανιστάν), όπου εξημερώθηκε πριν από 10.000 και πλέον έτη π.Χ. Χειρόγραφα πιστοποιούν ότι το σιτάρι καλλιεργείτο στην αρχαία Αίγυπτο και το Βυζάντιο. Στους νεολιθικούς οικισμούς Διμήνι και Σέσκλου της περιοχής του Βόλου καθώς και στους τάφους του Φαραώ βρέθηκαν απαθρακωμένοι κόκκοι που μοιάζουν με αυτούς ποικιλιών του 20^{ου} αιώνα (Watson et al., 2006).

Η καλλιέργεια του σιταριού έκανε την εμφάνισή της στην Ευρώπη από τους προϊστορικούς χρόνους και ήταν το πιο πολύτιμο δημητριακό της αρχαίας Ελλάδα, Περσίας και Αιγύπτου. Στις αρχές καλλιεργούνταν ο μονόκοκκος και ο δίκοκκος σίτος, όπου με το πέρασμα του καιρού αντικαταστάθηκε από γυμνούς τύπους. Γύρω από το 500 μ.Χ. ξεκίνησε η επέκταση του κοινού σίτου (εξαπλωειδής τύποι).

Οι παραμεσόγειες χώρες της Μέσης Ανατολής, της Βόρειας Αφρικής και της Νοτιοανατολικής Ευρώπης στην οποία ανήκει και η Ελλάδα ήταν οι πρώτες περιοχές στις οποίες καλλιεργήθηκε το σκληρό σιτάρι. Επιπροσθέτως, η Ελλάδα συγκαταλέγεται στα Παγκόσμια Κέντρα γενετικού υλικού για σιτάρι (Ινστιτούτο Σιτηρών, 2004). Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η καλλιέργεια επεκτάθηκε Νότια Αμερική και Νότια Ρωσία, στη συνέχεια Β. Αμερική, στη Μ. Βρετανία και την Κεντρική Ευρώπη (Φασούλας και Σένλόγλου, 1966).

1.3.2 Βοτανική κατάταξη και εξέλιξη των ειδών

Το σιτάρι ανήκει στο γένος *Triticum*, της οικογένειας Graminae Adans και συγγενεύει με τα άγρια γένη *Agropyron* και *Aegilops*. Το γένος *Triticum* ταξινομείται εντός της υποοικογένειας Triticeae στην οποία εμπεριέχονται και άλλα γένη, όπως το *Secale* και το *Hordeum*. Ο σίτος είναι το μόνο τετραπλοειδές είδος (αριθμός χρωμοσωμάτων $2n=28$, AABB) έχει εμπορική σημασία και για αυτό είναι πολύ διαδεδομένο. Μάλιστα αποτελεί και ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του τρόπου που συνδυάζονται γενετικώς συγγενικά είδη μεταξύ τους, με αποτέλεσμα την δημιουργία μίας νέας πολυπλοειδής σειράς. Ο βασικός χρωμοσωμικός αριθμός του γένους *Triticum* είναι 7 (Βαχαμίδης Π., 2013).

Ανάλογα, με των αριθμό των ομάδων που καθορίζονται από τα χρωμοσώματα διακρίνουμε 3 ομάδες ειδών:

- Διπλοειδή $2n=2x=14$ χρωμοσώματα και γονιδίωμα AA.
- Τετραπλοειδή $2n=2x=28$ χρωμοσώματα και γονιδίωμα AABB.
- Εξαπλοειδή $2n=2n=42$ χρωμοσώματα και γονιδίωμα AABBDD.

Από πειράματα που έγιναν με μοριακούς δείκτες, μας έδωσαν το αποτέλεσμα πως οι ομάδες χρωμοσωμάτων προέρχονται από συγγενικά είδη. Η διασταύρωση έγινε μεταξύ του άγριου σιταριού και των τριών άγριων αγροστώδων της οικογένειας Poaceae (Dvorak et. al., 2010).

Αποτελέσματα της ερευνητικής μελέτης του Vavilon (1992), έδειξαν πως το διπλοειδές σιτάρι προέρχεται από την νοτιοανατολική Τουρκία, ενώ το τετραπλοειδές από τη νοτιοδυτική Ασία και τη βορειοανατολική Αφρική (Αιθιοπία), και τέλος το είδος εξαπλοειδούς σίτου προέρχεται από το βόρειοδυτικό Ιράν (7000 π.Χ.). Θεωρώντας ως βάση την ιστορία εξέλιξης των ειδών του σιταριού, ο άνθρωπος κατάφερε να υποβάλει σε επιλογή εξημέρωσης μόνο τα μονόκοκκα και δίκκοκα σιτάρια. Η προέλευση των εξαπλοειδών κοινών σιτηρών διαπιστώθηκε πως δεν προήλθε από το άγριο σιτάρι, αλλά από το *T. turgidum spp. dicoccon* (Dvorak et. al., 2010).

Παρακάτω παραθέεται ένας πίνακας ο οποίος κατατάσσει τα είδη του σιταριού σε καλλιεργούμενα και σε άγρια, με βάση το βαθμό πλοειδίας, την επένδυση ή μη του

Είδη	Γονίωμα	Καλλιεργούμενα		
		Άγρια Επενδυμένα	Επενδυμένα	Μη Επενδυμένα
Διπλοειδή (2n=14)				
<i>Aegilops speltoides</i>	S(G)	Όλα	-	-
<i>Ae. bicornis</i>	S ^b	Όλα	-	-
<i>Ae. longissima</i>	S ^l	Όλα	-	-
<i>Ae. searsii</i>	S ^s	Όλα	-	-
<i>Ae. squarrosa</i>	D	Όλα	-	-
<i>Triticum urartu</i>	A	Όλα	-	-
<i>T. monococcum</i>	A	ssp. <i>boeoticum</i>	ssp. <i>monococcum</i>	ssp. <i>sinskayae</i>
Τετραπλοειδή(2n=28)				
<i>T. timopheevi</i>	AG	ssp. <i>araraticum</i>	ssp. <i>timopheevi</i>	ssp. <i>militinae</i>
<i>T. turgidum</i>	AB	ssp. <i>dicoccoides</i>	ssp. <i>dicoccum</i>	ssp. <i>durum</i>
		-	-	ssp. <i>turgidum</i>
		-	-	ssp. <i>polonicum</i>
		-	-	ssp. <i>carthlicum</i>
		-	-	ssp. <i>turanicum</i>
Εξαπλοειδή (2n=42)				
<i>T. aestivum</i>	ABD	-	ssp. <i>spelta</i>	ssp. <i>aestivum</i>
		-	ssp. <i>macha</i>	ssp. <i>compactum</i>
		-	ssp. <i>vavilovi</i>	ssp. <i>sphaerococcum</i>

καρπού τους και το γονιδίωμά τους (Βαχαμίδης αναφερόμενος στους Feldman).

Πίνακας 1.3.2: Κατάταξη των ειδών του σιταριού σε καλλιεργούμενα και σε άγρια είδη, ανάλογα με το βαθμό πλοειδίας, το γονιδίωμά τους και την επένδυση ή μη του καρπού τους (Βαχαμίδης Π., 2013).

Στο παραπάνω πίνακα, γίνεται αντιληπτός ο τρόπος ταξινόμησης του σκληρού σίτου (*Triticum ssp. durum*) και του μαλακού σίτου (*Triticum ssp. aestivum* L.). Τέλος, σύμφωνα με το Ινστιτούτο σιτηρών το 2012, η Ελλάδα συγκαταλέγεται ανάμεσα στα Παγκόσμια Κέντρα γενετικού υλικού, σχετικά με το συγκεκριμένο φυτό.

1.3.3 Μορφολογικά γνωρίσματα- ποικιλίες

Το σκληρό σιτάρι ανήκει στα C₃ φυτά είναι αυτογονιμοποιούμενο παρατηρείται ποσοστό σταυρογονιμοποίησης 1-4%. Η καλλιέργειά του είναι μονοετής όρθια πόα, με βλαστό

όρθιο, φύλλα τα οποία αποτελούνται από έλασμα και κολεό. Επίσης, χαρακτηρίζεται από ελλειπή άνθη δηλαδή δεν έχουν πέταλα και σέπαλα, μικρά, αρρενοθηλέα, ενωμένα από δύο έως εννία σε ταξιανθίες τύπου στάχυ που ονομάζονται σταχύδια. Το ριζικό σύστημα αποτελείται από δύο κατηγορίες φυτών τις εμβρυακές και τις μόνιμες και χαρακτηρίζεται ως θυσσανώδες.

Το καλάμι του *Triticum durum*, κοινώς σκληρό σιτάρι, είναι κούφιο και αναπτύσσεται αρκετά σε ύψος. Τα στάχια φέρουν άγανα και είναι όρθια, πυκνά με όψη στενότερη από την μία πλευρά. Τα άνθη που περιέχει κάθε σταχίδιο είναι 5-7, από τα οποία παράγονται 2-4 σπόροι, οι οποίοι έχουν μεγάλο μέγεθος, είναι μυτεροί και έχουν χρώμα κεχριμπαρένιο. Η ράχη του στάχυ είναι σκληρή και δεν σπάζει εύκολα. Συγκριτικά με τα υπόλοιπα σιτάρια, οι σπόροι του σκληρού σίτου είναι σκληρότεροι, έχουν υαλώδη τομή, με σχήμα περίπου τριγωνικό. Κατά τον αλωνισμό, τα λέπυρα χωρίζουν από τους σπόρους εύκολα.

Τα μορφολογικά και φυσιολογικά γνωρίσματα του σίτου διαφέρουν αναλόγως με την ποικιλία. Τα φύλλα διαφέρουν λιγότερο στις ποικιλίες αυτού του είδους. Τα στελέχη μπορεί να διαφέρουν στο ύψος, στο πάχος, την αντοχή και το χρώμα. Πιο πολλές διαφορές υπάρχουν στα στάχυα που αφορούν το σχήμα, την πυκνότητα των σταχυδίων, το χρώμα, το σχήμα των λεπύρων, το μήκος των αγάνων κ.α. Επίσης, διαφορές παρατηρούνται στους σπόρους μεταξύ των ποικιλιών, αλλά και σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στους σπόρους του ίδιου σταχίου.

Επίσης, ο αριθμός των αδελφιών είναι σημαντικός παράγοντας αλλά επηρεάζεται σοβαρά από το περιβάλλον. Στις ποικιλίες, μας ενδιαφέρει η πρωιμότητα διότι εξασφαλίζει καλύτερα την παραγωγή.

1.3.4 Αύξηση και ανάπτυξη

Η σπορά στον σκληρού σίτου λαμβάνει χώρα το φθινόπωρο και συνήθως το μήνα Οκτώμβριο για τις ορεινές περιοχές, ενώ για τις πεδινές το μήνα Νοέμβριο. Η επιλογή του χρόνου σποράς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αντοχή της ποικιλίας στις χαμηλές θερμοκρασίες, το τύπο του εδάφους και τις κλιματολογικές συνθήκες.

Η εμφάνιση του ακραίου οφθαλμού στη επιφάνεια του εδάφους δηλαδή η βλάστηση γίνεται 10-15 ημέρες μετά την σπορά. Έπειτα, στις μασχάλες των φύλλων σχηματίζονται πλευρικοί οφθαλμοί από όπου εκφύονται τα νέα στελέχη τα οποία ονομάζονται αδελφια.

Η διαδικασία του αδελφώματος σταματά με την έναρξη ανάπτυξης του στάχου και πριν το καλάμωμα (Παπακώστα- Τασοπούλου Δ.,2012).

Την άνοιξη τα φυτά εισέρχονται στην περίοδο της ταχείας ανάπτυξης, κατά την οποία γίνεται η επιμήκυνση του στελέχους, αρχίζει η ανάπτυξη των ριζών, των φύλλων και της ταξιανθίας. Σε περίοδο υψηλών θερμοκρασιών, επάρκειας νερού και αζώτου στο έδαφος ευνοείται η επιμήκυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων και η βλαστητική ανάπτυξη (Παπακώστα- Τασοπούλου Δ.,2012).

Μετά την ανάπτυξη του στελέχους σειρά έχει η αύξηση μεγέθους του στάχους και η μετακίνησή του από την βάση του φυτού προς την κορυφή. Ο στάχης βρίσκεται πάντα στη βάση του υψηλότερου από το έδαφος κόμβου. Όταν ο στάχης βρεθεί στον κολεό του τελευταίου φύλλου, ο κολεός διογκώνεται και το στάδιο λέγεται φούσκωμα. Στη συνέχεια ο κολεός του φύλλου-σημαίας σχίζεται κατά μήκος και εμφανίζεται η ταξιανθία.

Επόμενο στάδιο είναι το γέμισμα των καρπών, το οποίο προκύπτει από τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης που παράγονται μετά την άνθηση και συσσωρεύονται, καθώς επίσης και από τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης που είχαν παραχθεί πριν την άνθηση και μετακινούνται από τα βλαστητικά τμήματα των φυτών προς τους αναπτυσσόμενους καρπούς. Η χρονική διάρκεια του γεμίματος ακολουθεί σιγμοειδή καμπύλη και έχει διάρκεια 30-60 μέρες από την άνθηση, εξαρτάται βέβαια και από το γενότυπο και τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Τέλος, ακολουθεί η συγκομιδή η οποία χαρακτηρίζεται από την αφυδάτωση των καρπών (σπόρων) και την βαθμιαία ξήρανση των φυτών από το λαιμό προς το στάχυ. Ο καρπός που είναι έτοιμος να συγκομιστεί είναι σκληρός, ασυμπίεστος και δεν χαράσσεται εύκολα. Στη χώρα μας η συγκομιδή γίνεται με θεριζοαλωνιστικές μηχανές, συνήθως τον Ιούνιο, ενώ στις ορεινές περιοχές τον Ιούλιο. Προτείνεται μείωση της υγρασίας του σπόρου κατά 14%, ώστε να θεωρείται ασφαλής η αποθήκευσή του.

1.3.4.1 Στάδια και φάσεις ανάπτυξης

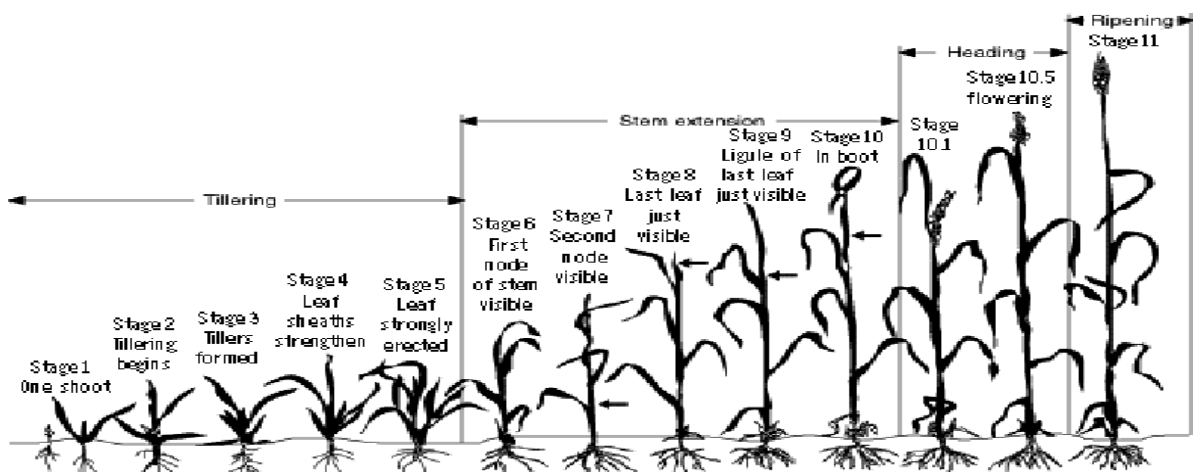
Από τη σπορά έως τη συγκομιδή η ανάπτυξη των σιτηρών, καθορίζεται από μία αλληλουχία φαινολογικών γεγονότων, τα οποία ελέγχονται από το περιβάλλον και προκαλούν αλλαγές στην μορφολογία και στη λειτουργία ή μόνο στη λειτουργία ορισμένων οργάνων. Η ανάπτυξη διεκπεραιώνεται μέσω σταδίων ή φάσεων ανάπτυξης (βλαστικό, αναπαραγωγικό, γέμισμα κόκκου) κατά την διάρκεια αυτών δημιουργούνται

και αυξάνονται τα όργανα του φυτού και συμπληρώνεται ο βιολογικός τους κύκλος. Η αλληλεπίδραση του γενότυπου και του περιβάλλοντος είναι εκείνη που καθορίζει την διάρκεια κάθε μίας φάσης και των αριθμό των καταβολών των διάφορων οργάνων.

Η προσπάθεια ποσοτικοποίησης των διαφόρων φαινολογικών σταδίων είχε ξεκινήσει από τον 19^ο αιώνα. Ο πρώτος όμως, ο οποίος ανέπτυξε σε διεθνές περιβάλλον, τις 5 αναπτυξιακές περιόδους για την ποσοτικοποίηση των φαινολογικών κλιμάκων ήταν ο Feekes το 1941. Η κλίμακα ονομάστηκε Feekes- Large και περιλάμβανε τις εξής περιόδους:

- ❖ Αδέλφωμα
- ❖ Καλάμωμα
- ❖ Ξεστάχιασμα
- ❖ Άνθηση
- ❖ Ωρίμανση

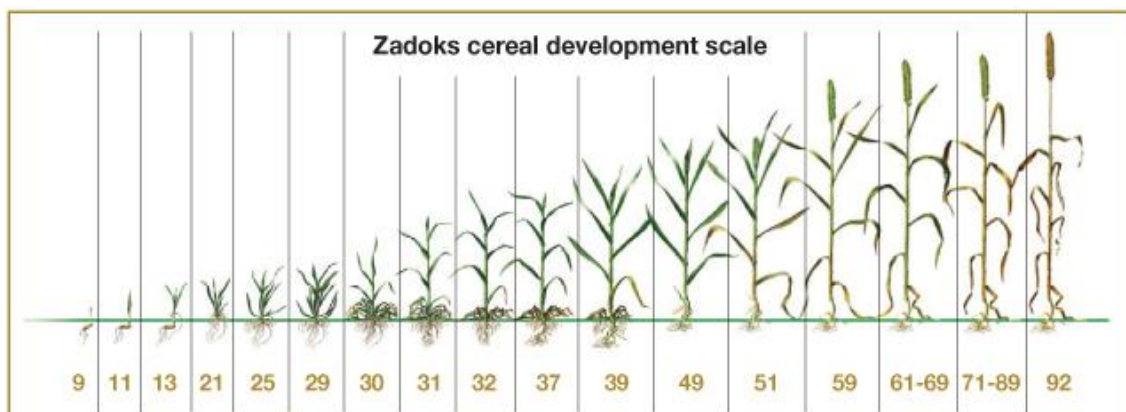
Η ανάπτυξη του σταριού περιγράφεται από τα παραπάνω στάδια, όπου καθένα από αυτά υποδιερείται σε 23 φάσεις, από την ανάπτυξη του πρώτου φύλλου μέχρι και την εμπορική ωρίμανση των συγκομιζόμενων καρπών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η παραπάνω κλίμακα αποτελεί μία από τις τρεις πιο διαδεδομένες κλίμακες μαζί με την Haun (1973) και τη Zadoks (1974).



Εικόνα 1.3.4.1α: Κλίμακα Feekes (British Society for Plant Pathology)

Η κλίμακα Zadoks πήρε το όνομα του δημιουργού της το 1974. Όπου από τότε μέχρι σήμερα η χρήση της είναι ευρέως διαδεδομένη σε διεθνές περιβάλλον έρευνας και αγοράς. Αναγνωρίζεται για την συμβουλευτική εργασία με ιδιαίτερο σκοπό την

εφαρμογή χημικών ουσιών και λιπασμάτων. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι η πληρότητά της ως προς την περιγραφή της συνολικής φαινολογικής ανάπτυξης του σιταριού. Το εύρος κωδικοποίησης που περιλαμβάνει αρχίζει από το στάδιο βλάστησης των σπόρων, την έναρξη της διαδικασίας φυτρώματος και ολοκληρώνεται με την πλήρη ωρίμανση των καρπών (Βαχαμίδης Π., 2013).



Εικόνα 1.3.4.1β: Η κλίμακα Zadoks (πηγή: <https://wheat.pw.usda.gov>)

Πιο συγκεκριμένα, η κλίμακα ανάπτυξης του Zadoks είναι μία κλίμακα μεγέθους «0-99» και βασίζεται σε 10 πρωτεύοντα στάδια ανάπτυξης κάθε πρωτεύον στάδιο ανάπτυξης διαιρείται σε 10 δευτερεύοντα στάδια επεκτείνοντας την κλίμακα «00-99».

Τα πρωτεύοντα στάδια ανάπτυξης είναι:

- ❖ Βλάστηση σπόρου
- ❖ Φύτρωμα
- ❖ Αδέλφωμα
- ❖ Επιμήκυνση στελέχους
- ❖ Καλάμωμα
- ❖ Ξεστάχιασμα
- ❖ Ανθοφορία
- ❖ Στάδιο γάλακτος
- ❖ Στάδιο ζύμης
- ❖ Ωρίμανση

Το πέρασμα των χρόνων έφερε την εδραίωση της κλίμακας. Καλό θα ήταν να τονιστεί η σημασία της γνώσης των σταδίων ανάπτυξης που χρησιμεύουν για τον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου εκτέλεσης των διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών επιφανειακή

λίπανση N, εφαρμογές ζιζανιοκτόνων, μυκητοκτόνων, εντομοκτόνων. Τέλος, σημειώνεται ότι η διάρκεια κάθε σταδίου και ο αριθμός των καταβολών που σχηματίζονται, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την αλληλεπίδραση γονότυπου-περιβάλλοντος.

1.3.4.2 Συστατικά της απόδοσης

Ως συστατικά απόδοσης αναφέρονται ο αριθμός των στάχων ανά μονάδα επιφανείας, ο αριθμός των κόκκων ανά στάχυ και το βάρος του κόκκου. Ο αριθμός των κόκκων ανά μονάδα επιφανείας δίνεται από το γινόμενο του αριθμού των στάχων ανά μονάδα επιφανείας επί τον αριθμό των κόκκων ανά στάχυ. Καθένα από αυτά τα συστατικά επηρεάζει κατά διαφορετικό τρόπο την διαμόρφωση της απόδοσης και εξαρτάται από το γενότυπο, τις κλιματολογικές συνθήκες την γονομότητα του εδάφους και το ύψος της απόδοσης.

Με την βοήθεια της βελτίωσης δημιουργήθηκαν νέες ποικιλίες σιταριού, όπου δίνουν αυξημένη απόδοση. Ο κύριος παράγοντας που οδήγησε στην αύξηση των αποδόσεων είναι η αλλαγή στην φαινολογία του φυτού, με την αύξηση του ποσοστού κατανομής της ολικής βιομάζας στον καρπό. Συγκρίνοντας, τις παλιές με τις νέες ποικιλίες, οι νέες παρουσιάζουν μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης που εκφράζεται με μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης των φύλλων, μικρότερη βλαστική περίοδο, ταχύτερο ρυθμό σχηματισμού ανθιδίων, λιγότερα φύλλα και αδέρφια. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που αποτελεί αντικείμενο βελτίωσης και είναι πολύ σημαντικό για την αύξηση της απόδοσης στα ξηροθερμικά περιβάλλοντα κατά την άνοιξη είναι η ικανότητα των ποικιλιών να μετακινούν τα προϊόντα φωτοσύνθεσης από τα βλαστικά τμήματα προς τον καρπό. Αυτό το χαρακτηριστικό συνδέεται θετικά και με την μεγαλύτερη βιομάζα κατά την άνθηση.

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και η απόδοση στους υπάρχοντες γενότυπους σιταριού συνδέονται αρνητικά. Οι προσπάθειες που γίνονταν για την αύξηση της πρωτεΐνης μείωναν την απόδοση. Τις τελευταίες δεκαετίες, επιτεύχθηκε κέρδος στο δυναμικό απόδοσης, το οποίο μείωσε το γενετικό δυναμικό συγκέντρωσης του αζώτου.

1.3.5 Οικολογικές απαιτήσεις

Σημαντικές συνέπειες για τη φυτική παραγωγή προβλέπεται να έχει η κλιματική μεταβλητότητα, η οποία εκφράζεται ως μελέτη χωρικών και χρονικών μοντέλων θερμοκρασίας. Η μεταβολή της θερμοκρασίας αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους

παράγοντες που καθορίζουν την συνολική ανάπτυξη των φυτών σε μεγάλο βαθμό. Οι ερευνητές έχουν μελετήσει τις συνέπειες των μεταβολών από την κλιματική μεταβλητότητα πάνω στις γεωργικές καλλιέργειες (Kenny, et. al., 1993) και έχουν χρησιμοποιήσει μοντέλα πρόβλεψης σε συνδυασμό με πειράματα με τα οποία μπορούν να προβλέψουν με ακρίβεια τις συνέπειες της μέσης κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή σίτου (Porter and Gawith, 1999).

Λίγα είναι τα φυτά τα οποία μπορούν να παράγουν ικανοποιητικά σε τόσο μεγάλη ποικιλία εφασδοκλιματικών συνθηκών, όπως το σιτάρι. Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες ευνοούν το φυτό. Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος και ανάπτυξης είναι 3° εως 4°C, η άριστη θερμοκρασία από 20° εως 25°C και η μέγιστη 32° εως 35°C. Οι θερμοκρασίες ημέρας οι οποίες είναι πάνω από 30°C συμβάλλουν στην γρήγορη ανάπτυξη των φυτών, επιταχύνουν την ξήρανση του φυλλώματος και μειώνουν την αύξηση του κόκκου. Σε αντίθεση με τις χαμηλές θερμοκρασίες κατά το χρόνο ανάπτυξης του στάχου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ύψους των φυτών, τη δημιουργία του φύλλου- σημαίας με φαρδύτερο έλασμα και την αύξηση του αριθμού ανθέων ανα στάχου (Rawson H. M. et. al., 1977). Γενικά, θερμοκρασίες μικρότερες -18°C προκαλούν το θάνατο των φυτών των περισσότερων ποικιλιών. Τέλος, οι ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι ευαίσθητες ή έχουν ενδιάμεση αντοχή στο κρύο, μέσω της οποίας αποφεύγεται η ξηρασία και οι υψηλές θερμοκρασίες κατά την περίοδο της ωρίμανσης (Φασούλας Α. Κ., κ.α., 1966).

Όσο αναφορά τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό η βέλτιστη απόδοση είναι 250-1000mm, αλλά εξίσου σημαντική είναι και η κατανομή της βροχόπτωσης, όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 250 εώς 1750mm. Η καλλιέργεια του σκληρού σίτου γίνεται στα περισσότερα εδάφη. Τα πολύ ελαφρά ή τα αργιλώδη εδάφη δεν συνιστώνται. Η μεγαλύτερη απόδοση δίνεται σε γόνιμα ιλυοπηλώδη ή αργιλλοπηλώδη εδάφη που διατηρούνται υγρά και απαλλαγμένα από ζιζάνια. Παρατηρείται χαμηλή ανθεκτικότητα του σιταριού στα άλατα. Τέλος, το ελάχιστο pH που συνιστάται για την καλλιέργεια του σιταριού είναι 5,5. Τις μεγαλύτερες όμως αποδόσεις τις δίνει σε εδάφη με pH από 7,0 εως 8,5 (Delorit R, J., et. al., 1984).

1.3.5.1 Περιβάλλον και ποιότητα

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της ποιότητας των κόκκων του σιταριού αποτελεί η υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Το σκληρό σιτάρι έρχεται πρώτο σε πρωτεΐνη σε σύγκριση

με το μαλακό. Το στάδιο του γεμίσματος του κόκκου είναι σημαντικό, διότι καθορίζει την αναλογία πρωτεΐνης προς άμυλο, η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τη διαθέσιμη υγρασία του εδάφους. Σε μικρότερο βαθμό τείνει να επηρεάζεται η πρωτεΐνη από το άζωτο. Ανάλογα, με την ποικιλία του κάθε τύπου παρατηρούνται διαφορές στην περιεκτικότητα πρωτεΐνης (Παπακώστα- Ταοπούλου Δ., 2012).

Σε ξηροθερμικές συνθήκες διαταράσσεται περισσότερο η αποθήκευση του αμύλου από ότι η σύνθεση της πρωτεΐνης. Προκειμένου, οι κόκκοι του σιταριού να περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα πρωτεΐνης απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ικανοποιητικής ποσότητας αζώτου καθ'όλη την διάρκεια ανάπτυξης του φυτού. Σε περιπτώσεις που το σκληρό σιτάρι αναπτύσσεται σε ξηροθερμικές συνθήκες δίνει πολύ καλή ποιότητα. Κατά την διάρκεια γεμίσματος των κόκκων οι βροχοπτώσεις μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα, διότι γίνονται μαλακοί και σε τομή έχουν εμφάνιση αμυλώδη. Για να θεωρηθεί ένα σιτάρι καλής ποιότητας πρέπει να περιέχει μικρό ποσοστό αμυλωδών κόκκων (Παπακώστα- Ταοπούλου Δ., 2012).

Το σιτάρι υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη παράγεται σε γόνιμα εδάφη, όπου κατά την διάρκεια της ωρίμανσης υπάρχει περιορισμένη υγρασία. Στα εδάφη που επικρατεί μικρή ποσότητα αζώτου οι κόκκοι που προκύπτουν από τα καλλιεργούμενα φυτά είναι μαλακοί και αμυλώδεις, ακόμα και όταν οι κλιματικές συνθήκες ευνοούν την συγκέντρωση πρωτεΐνης. Κοντά στην περίοδο της άνθησης καλό θα ήταν να γίνεται η εφαρμογή της αζωτούχου λίπανσης, διότι η επίδρασή της είναι σημαντική για την ποιότητα. Στην χώρα μας παράγεται καλής ποιότητας σιτάρι, όταν βέβαια καλλιεργείται στις κατάλληλες περιοχές (Παπακώστα- Ταοπούλου Δ., 2012).

1.3.6 Καλλιεργητική τεχνική

Ο τρόπος της καλλιεργητικής τεχνικής είναι πολύ σημαντικός εως και καθοριστικός για την παραγωγή του σιταριού στην χώρα μας. Ένας σημαντικός παράγοντας καλλιεργητικής πρακτικής είναι εκείνος που θα αποφέρει πρωίμηση στην παραγωγή. Το σιτάρι, δεν είναι η μοναδική καλλιέργεια στην Ελλάδα, έχει να ανταγωνιστεί αρκετές καλλιέργειες κι ένας στοχευμένος τρόπος αντιμετώπισης αυτών είναι η μείωση της χρήσης των εισροών.

Στις μέρες μας οι γεωργοί που καλλιεργούν σιτάρια έχουν ως στόχο να αυξήσουν την παραγωγή τους και κατά επέκταση να επιτύχουν το μέγιστο δυνατό κέρδος. Για το λόγο

αυτό πρέπει να ακολουθούν πιστά τις καλλιεργητικές τεχνικές που προτείνονται από το Υπουργείο Γεωργίας και να μην προβαίνουν σε άσκοπες καλλιεργητικές τεχνικές και σε μη ορθολογική χρήση χημικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, καθώς και αυξημένη χρήση βαρέως μηχανημάτων τα οποία συμπιέζουν το έδαφος με αποτέλεσμα η κατεργασία αυτού να γίνεται όλο ένα και δυσκολότερη και πιο δαπανηρή με το πέρασμα των χρόνων.

Η αύξηση των αποδόσεων και της παραγωγικότητας στην γεωργία προέρχονται από την συνδυασμένη δράση τριών παραγόντων:

- Τη δημιουργία και διάδοση νέων ποικιλιών με υψηλότερο δυναμικό απόδοσης και καλύτερη ποιότητα.
- Την εισαγωγή νέας βελτιωμένης τεχνολογίας στη σποροπαραγωγή.
- Τη βελτιωμένη τεχνική υποστήριξη των καλλιεργειών.

Σε γενικές γραμμές οι καλλιεργητικές τεχνικές που προτείνονται για το σκληρό σιτάρι ισχύουν και για τα υπόλοιπα χειμερινά σιτηρά με διαφοροποίηση μόνο στην λίπανση. Οι τεχνικές καλλιέργειας του σκληρού σίτου περιλαμβάνουν τις παρακάτω ενέργειες:

▪ **Προετοιμασία του εδάφους για σπορά**

Η προετοιμασία εδάφους πρέπει να γίνεται στο στάδιο «ρώγου», γιατί τότε είναι χαλαροί οι δεσμοί του εδάφους και απαιτείται λιγότερη μηχανική ενέργεια, κι έτσι εξασφαλίζονται οι καλύτερες συνθήκες αερισμού και υγρασίας. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται η κατάλληλη σποροκλίση που θα δεχτεί το σπόρο. Πρέπει να γίνει διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων που μένουν στον αγρό από την προηγούμενη καλλιέργεια κι αυτό εξαρτάται από: το είδος, τον όγκο αλλά και το σύστημα κατεργασίας που θα ακολουθηθεί. Οι ευνοϊκές θερμοκρασίες, η υγρασία, ο αερισμός και ο θρυματισμός του εδάφους αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για ομοιόμορφο και γρήγορο φύτευμα των φυταρίων και ομαλή ανάπτυξης της καλλιέργειας.

▪ **Σπορά**

Η πυκνότητα των φυτών και μάλιστα η επιθυμητή είναι πρωταρχικός παράγοντας που καθορίζει τις αποδόσεις. Προκειμένου, να επιτύχουμε ένα καλό φύτευμα είναι απαραίτητος ο καλής ποιότητας σπόρος, η σωστή προετοιμασία του εδάφους και οι ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες. Το φύτευμα και η πυκνότητα των φυτών επηρεάζονται από την εποχή σποράς, την ποσότητα του σπόρου, τις αποστάσεις και το

βάρος σποράς. Για το λόγο αυτό ο σπόρος θα πρέπει να πληρεί τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να ανήκει σε καλή ποικιλία.
- Να είναι απαλλαγμένος από ζιζάνια ή άλλες ποικιλίες.
- Απαλλαγμένος από έντομα και ασθένειες.
- Να έχει υποστεί απολύμανση.
- Να μην περιέχει σπασμένους σπόρους ή έμβρυα.
- Να είναι ομοιόμορφος και γεμάτος.
- Να έχει υψηλή φυτρωτική ικανότητα και βλαστική δύναμη.

Κατά την διάρκεια της σποράς πρέπει να δοθεί προσοχή στο βάθος (3-5 εκ), στην ομοιόμορφη κατανομή του σπόρου κατά μήκος των γραμμών σποράς, στην απόθεση των σπόρων στο ίδιο βάθος και στη σωστή ποσότητα σπόρου ανάλογα με την ποικιλία και το χωράφι. Η άριστη ποσότητα σπόρου για κάθε ποικιλία μας οδηγεί και στη μέγιστη απόδοση. Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ποσότητας σπόρου για τη σπορά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η γονιμότητα του εδάφους, η εποχή σποράς, οι θερμοκρασίες κάθε περιοχής κατά την διάρκεια του χειμώνα, η προετοιμασία του εδάφους και η ποικιλία. Στην Ελλάδα, για τη σπορά σκληρού σιταριού συνιστανται ποσότητες σπόρου από 18-20 Kg σπόρου/στρ σε περιοχές όπου επικρατεί ήπιος χειμώνας, ενώ στις ορεινές περιοχές 20 kg σπόρου/ στρ πολλές φορές οι παραγωγοί χρησιμοποιούν αδικαιολόγητα, πολύ μεγάλες ποσότητες σπόρου. Σύμφωνα, με πειράματα που έγιναν στη χώρα μας διαπιστώθηκε πως με συνηθισμένη ποσότητα σποράς 20 έως 25 Kg σπόρου/στρ, αντιστοιχούν 700 σπόροι/ m². Τελικά, όμως, η μέση απόδοση διαμορφώνεται από 250-300 φυτά/ m² με κατά μέσο όρο 1,3 στάχυς/ φυτό (Πετσαγγουράκης Π. Μ.,1980).

Οι γραμμές σποράς πρέπει να είναι κάθετες προς τους επικρατέστερους ανέμους της περιοχής και παράλληλες προς την κίνηση του ήλιου, διότι εξασφαλίζεται έτσι πλούσιος φωτισμός και αφετέρου μειώνονται οι επιπτώσεις από τον ψύχος. Τέλος, η καλύτερη περίοδος για σπορά είναι μετά την καλλιεργητική προετοιμασία του αγροτεμαχιδίου προκειμένου να μην χαθεί η υγρασία και να μη ευνοηθεί η ανάπτυξη των ζιζανίων.

▪ Λίπανση

Η λίπανση είναι σημαντική καλλιεργητική τεχνική για τις περισσότερες καλλιέργειες και πιο συγκεκριμένα για το σιτάρι. Οι νέες ποικιλίες που έχουν δημιουργηθεί για να δώσουν

μεγάλες αποδόσεις χρειάζονται και ισχυρή τεχνική υποστήριξη. Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής αναφορά για τις ανάγκες σε λίπασμα, την εποχή και τον τρόπο εφαρμογής της λίπανσης. Το λίπασμα πρέπει να δίνεται στο κατάλληλο χρόνο, ώστε να αξιοποιούνται κατά το καλύτερο δυνατό οι καιρικές συνθήκες. Συνιστάται να αποφεύγονται οι μεγάλες ποσότητες λιπάσματος, διότι σε περιπτώσεις ξηροθερμικών συνθηκών ενδέχεται να προκαλέσουν ζημιά στην καλλιέργεια και σίγουρη απειλή για το περιβάλλον.

▪ Άρδευση

Τα χειμερινά σιτηρά συμπεριλαμβανομένου και του σκληρού σίτου παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στην έλλειψη νερού κατά το βλαστικό στάδιο, ενώ παρουσιάζουν μεγαλύτερες ανάγκες για άρδευση στο στάδιο του καλαμώματος και της άνθησης. Τα χειμερινά σιτηρά στη χώρα μας καλλιεργούνται σε περιοχές όπου δεν υπάρχει δυνατότητα άρδευσης. Η άρδευση κατά την περίοδο που επικρατούν σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, αυξάνει τις αποδόσεις, ενώ σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών μπορεί να μειώσει τις αποδόσεις. Στις περιοχές της Μακεδονίας, της Θεσσαλίας και της Θράκης οι συνθήκες είναι καλύτερες και οι κίνδυνοι από ξηρασία μικρότεροι, αλλά πάντα όμως υπάρχει ο κίνδυνος της υδατικής στέρησης. Για το λόγο αυτό, οι νέες ποικιλίες που καλλιεργούνται στη χώρα μας έχουν υψηλό δυναμικό απόδοσης, και ευνοούνται αρκετά στην αύξηση της παραγωγής από μία άρδευση κατά την περίοδο του ξεσταχιάσματος. Η άρδευση γίνεται εφόσον υπάρχει δυνατότητα και ανάγκη για την εφαρμογή. Οι γεωργοί δεν πρέπει να σκέφτονται το κόστος εφαρμογής της άρδευσης καθώς εκείνο υπερκαλύπτεται από την αυξημένη απόδοση.

▪ Έλεγχος των ζιζανίων

Τα χειμερινά σιτηρά καλλιεργούνται κατά βάση σε χωράφια, όπου άλλες καλλιέργειες δεν μπορούν να ευδοκιμήσουν, έτσι παρατηρείται κατά σειρά ετών η ίδια καλλιέργεια. Το γεγονός αυτό μας φέρει αντιμέτωπους με το δυσάρεστο αποτέλεσμα δισηξόντων ζιζανίων, τα οποία έχουν παρόμοια βιολογία με αυτή των χειμερινών σιτηρών. Τέτοια αγρωστώδη ζιζάνια είναι: η αγριοβρώμη (*Avena sterilis* L.), η ήρα (*Lolium rigidum* Gaud), η φάλαρη (*Phalaris spp.*), το άγριο σινάπι (*Sinapis arvensis* L.). Αρκετά, από τα ζιζάνια αυτά απαιτούν εφαρμογή εκλεκτικών ζιζανίων, ώστε να μη ζημιώνεται σημαντικά η καλλιέργεια. Ορισμένα όμως ζιζάνια έχουν αναπτύξει ανθεκτικούς γενότυπους στα σύννηθη ζιζανιοκτόνα εξαιτίας της εφαρμογής επι σειρά ετών.

Τα προβλήματα που μας δημιουργούν τα ζιζάνια αφορούν την μείωση της απόδοσης, την υποβάθμιση της ποιότητας, την εμφάνιση του φαινομένου της αλληλοπάθειας και τις δυσκολίες κατά την συγκομιδή. Συμπερασματικά, προκύπτει πως ο έλεγχος των ζιζανίων μόνο με χημικά μέσα στα χειμερινά σιτηρά γίνεται όλο ένα και πιο δύσκολος, διότι απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις, επίσης είναι αρκετά σημαντική η οικονομική επιβάρυνση.

- **Συγκομιδή**

Όταν η υγρασία των κόκκων είναι 35 εως 40% οι κόκκοι δεν δέχονται επιπλέον προϊόντα φωτοσύνθεσης από τα βλαστικά τμήματα. Όμως, η συγκομιδή γίνεται αργότερα, όταν η υγρασία μειωθεί περίπου στο 14%, ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί ορθά. Σε περιπτώσεις που το ποσοστό υγρασίας είναι μεγαλύτερο, θα χρειαστεί ξήρανση πριν την αποθήκευση, γεγονός που επιβαρύνει το κόστος παραγωγής. Στη χώρα μας, η συγκομιδή γίνεται εξ ολοκλήρου με θεριζοαλωνιστικές μηχανές, κατά τον Ιούνιο και σε πιο ορεινές τον Ιούλιο. Μετά την συγκομιδή το άχυρο που έχει μένει στο χωράφι μπορεί να δεματοποιηθεί και να δοθεί ως τροφή σε ζώα, να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμη ύλη ή κυτταρινούχος πρώτη ύλη στη βιομηχανία.

1.3.7 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού

1.3.7.1 Σύσταση των σπόρων

Σε ένα σπόρο ο οποίος είναι καλά αναπτυγμένος κατά μέσο όρο, το έμβρυο αποτελεί το 3% του βάρους, το περικάρπιο το 9%, το στρώμα της αλευρόνης το 8% και το αμυλώδες ενδοσπέρμιο το 80%. Η χημική σύσταση του σπόρου ποικίλει εντός μεγάλου εύρους ορίου και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες γενετικούς και περιβαλλοντικούς. Σύμφωνα με το Finney 1987, η ποιότητα του μαλακού σιταριού καθορίζεται σύμφωνα με τις ιδιότητες που το κάνουν κατάλληλο για αλευροποίηση, ενώ στο σκληρό σιτάρι η ποιότητα καθορίζεται σύμφωνα με την καταλληλότητα στην παραγωγή σιμιγδαλιού και μακαρονιών.

Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε πρωτεΐνη επηρεάζει όσο τίποτε άλλο τις αρτοποιητικές ικανότητες του αλεύρου και προσδιορίζεται με την μέθοδο Kjeldahl. Οι διάφορες κλάσεις (τύποι) σιταριού έχουν διαφορετική σύσταση σπόρου κυρίως όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και το είδος του αμύλου. Στη χώρα μας, οι σπόροι διαχωρίζονται στους τύπους με μαλακούς κόκκους (Soft) όπου η πρωτεΐνη κυμαίνεται

από 8,5 έως 9,5%, σε εκείνους με σκληρούς κόκκους (Hard) με πρωτεΐνη από 12,5 έως 13,5% και στο σκληρό σιτάρι από 14,0 έως 15,0%. Τα σιτάρια με σκληρούς σπόρους αναφέρονται ως «δυνατά» ενώ εκείνα με μαλακούς σπόρους ως «αδύνατα». Η πρωτεΐνη των σιτηρών υστερεί σε θρεπτική αξία σε σχέση με την ζωική πρωτεΐνη, διότι περιέχει ελάχιστες μόνο ποσότητες λυσίνης και θρυπτοφάνης (Δημόπουλος, 1987).

Πιο συγκεκριμένα, τα κριτήρια τα οποία λαμβάνονται υπόψιν και καθορίζουν την ποιότητα είναι:

- ✚ Άλεσμα
- ✚ Ρεολογία ζύμης
- ✚ Ποιότητα αρτοποιήσης
- ✚ Θρεπτική αξία
- ✚ Ικανότητα αποθήκευσης
- ✚ Υγρασία
- ✚ Απόδοση
- ✚ Αναλογία βάρους σπόρου προς πρωτεΐνη αλεύρου
- ✚ Εκατολιτρικό βάρος
- ✚ Σκληρότητα κόκκου

Για το σκληρό σιτάρι επιθυμητά χαρακτηριστικά θεωρούνται η υψηλή απόδοση σε σιμιγδάλι, οι καρποί να είναι σκληροί και υαλώδεις, να φέρουν υψηλό εκατολιτρικό βάρος και βάρος χιλίων κόκκων. Η πρωτεΐνη να ανέρχεται πάνω από το 13% στους συγκομιζόμενους σπόρους και να μην φέρουν προσβολές από μύκητες, όπου γίνονται εμφανείς ως μαύρα στίγματα και υποβαθμίζουν την ποιότητα του σιμιγδαλιού (Finney et al., 1996).

Πρωτεΐνη

Περίπου το 85% της πρωτεΐνης του αλεύρου αποτελείται από γλουτανίνη και γλιαδίνη μέρη της γλουτένης τα οποία αποτελούν την πρωτεϊνική ποιότητα, η οποία επηρεάζεται προτίστως από την ποικιλία του σιταριού. Η συνεκτικότητα της ζύμης εξαρτάται περισσότερο από ένα συστατικό του αλεύρου και αυτό δεν είναι άλλο από τις πρωτεΐνες και πιο συγκεκριμένα από την γλουτένη. Τα δύο βασικότερα είδη των πρωτεϊνών του αλεύρου είναι η μη-γλουτένη (15% δεν σχηματίζει ζυμάρι) και η γλουτένη (85% σχηματίζει ζυμάρι). Η μη-γλουτένη δημιουργείται από αλβουμίνες (60%), σφαιρίνες (40%) και αμινοξέα, ενώ οι γλιαδίνες (μικρότερο μοριακό βάρος) και οι γλουτενίνες

(μεγαλύτερο μοριακό βάρος) συντελούν στην δημιουργία της γλουτένης (Pomeranz, 1988).

Στο σκληρό σιτάρι η γλουτένη εμφανίζεται σε μικρό ποσοστό σε σχέση με το μαλακό. Σε πολλές χώρες του κόσμου ζημώνεται ψωμί από σκληρό σιτάρι, αλλά έχει μικρότερο όγκο σε σχέση με το κανονικό ψωμί. Το υψηλό ποσοστό σε πρωτεΐνη και το μικρό ποσοστό σε γλουτένη του σκληρού σίτου είναι στοιχεία που το κάνουν κατάλληλο για την παραγωγή ζυμαρικών (Smith C. W., 1995).

Υδατάνθρακες

Με τη μορφή αμύλου βρίσκεται σχεδόν το σύνολο των υδατανθράκων. Μικρό ποσοστό απαντούν η ζαχαρόζη, φρουκτόζη, και άλλα ζάχαρα καθώς και οι ακατέργαστες ίνες. Παρά την μικρή ποσότητα των ζαχάρων είναι απαραίτητα για την παρασκευή ψωμιού, ως υπόστρωμα στις ζύμες.

Το άμυλο διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην ποιότητα του ψωμιού διότι απορροφά το νερό και ζελατινοποιείται, χάρις την ικανότητά του αυτή. Οι κυτταρίνες και οι ημικυτταρίνες αποτελούν τις ακατέργαστες ίνες περιλαμβάνουν το μέρος εκείνο των υδατανθράκων που αποτελούν συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων.

Λιπαρές ουσίες

Οι λιπαρές ουσίες που βρίσκονται στο κόκκο του σιταριού είναι σε χαμηλή περιεκτικότητα 1,5-2,0%. Η λειτουργία των λιπιδίων είναι μεγάλη, κατά το σχηματισμό της γλουτένης και της σύνδεσης της γλουτένης με το άμυλο, ώστε η ζύμη να αποτελεί ένα σύνολο.

Ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες

Τα σημαντικότερα ανόργανα στοιχεία, στα οποία είναι πλούσιος ο σπόρος του σιταριού είναι κάλιο, φώσφορο, θείο, μαγνήσιο και ασβέστιο, ενώ σε χαμηλότερα ποσοστά ανιχνεύονται Cl, Fe και Na.

Επίσης, σε σημαντικές ποσότητες στο σπόρο του σίτου βρίσκονται και οι βιταμίνες. Ο κόκκος του σιταριού είναι πηγή λιποδιαλυτής βιταμίνης E και υδατοδιαλυτών πρωτεϊνών της ομάδας B. Οι βιταμίνες αυτές βρίσκονται κατά βάση στο έμβρυο, αλλά απομακρύνονται στους κυλινδρόμυλους κατά την παραλαβή του αλεύρου.

1.3.7.2 Ποιότητα σκληρού σιταριού

Ο ορισμός της ποιότητας του σιταριού διαφέρει από τον ένα τύπο στον άλλο. Ο πιο απλός ορισμός είναι εκείνος που αναφέρεται στην καταλληλότητα για τον σκοπό που προορίζεται το σιτάρι. Η ποιότητα του σκληρού σιταριού καθορίζεται σύμφωνα με την παραγωγή σιμιγδαλιού και μακαρονιών. Για να καθοριστεί η ποιότητα λαμβάνονται υπόψιν διάφορα κριτήρια όπως η συμπεριφορά στο άλεσμα, η ρεολογία της ζύμης, η ποιότητα αρτοποιήσης, η θρεπτική αξία για τον άνθρωπο και τα ζώα, κ.ά.

Το επιθυμητό τελικό προϊόν του σκληρού σίτου είναι το σιμιγδάλι, το οποίο προέρχεται από την άλεση των κόκκων ορισμένης διαμέτρου. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αναφέρονται στο σιμιγδάλι για την παρασκευή ζυμαρικών. Όταν οι κόκκοι είναι σκληροί και υαλώδεις με μεγάλο εκατολιτρικό βάρος και βάρος 1000 κόκκων, τότε και η απόδοση στο σιμιγδάλι είναι μεγαλύτερη. Σημαντικό είναι να μην είναι προσβεβλημένοι από μύκητες και να φέρουν μύρα στίγματα, διότι δεν μπορούν να απομακρυνθούν από το σιμιγδάλι και περνούν στα ζυμαρικά. Η περιεκτικότητα πρωτεΐνης πρέπει να ανέρχεται άνω του 13% σε ολόκληρο τον κόκκο. Σύνηθως, η περιεκτικότητα του σιμιγδαλιού σε πρωτεΐνη είναι κατά μία ποσοστιαία μονάδα μικρότερη από εκείνη του ολόκληρου κόκκου. Τέλος, για την παρασκευή των ζυμαρικών μας ενδιαφέρει το κίτρινο χρώμα του σιμιγδαλιού, η ποσότητα και η ποιότητα των πρωτεϊνών, οι οποίες αφορούν την αντοχή, την σταθερότητα και την σκληρότητα των ζυμαρικών κατά την διάρκεια του βρασμού (Finney et. al., 1987).

1.3.8 Προϊόντα

Η καλλιέργεια του σιταριού κατατάσσεται ως η πιο σημαντική καλλιέργεια παγκοσμίως. Η αρτοποιητική ικανότητα του σιταριού οφείλεται στη γλουτένη, ένα συνεκτικό ιστό από πρωτεΐνες στο ενδοσπέρμιο του καρπού. Μόνο ο καρπός του σιταριού και σε μικρότερη κλίμακα ο καρπός του ρυζιού έχουν αυτή την ικανότητα (Poehlman, 1987).

Το κυριότερο προϊόν το οποίο λαμβάνεται από το σκληρό σιτάρι είναι το σιμιγδάλι το οποίο είναι αναντικατάστατο στην μακαρονοποιία, στις προσμίξεις και στις πάστες. Οι κατώτερες ποιότητες, τα προϊόντα της αλευροβιομηχανίας πίτυρα, έμβρυα κ.ά., και τα άχυρα που απομένουν στο χωράφι μετά τον αλωνισμό χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή.

2. ΘΡΕΨΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Ο βασικότερος στόχος της γεωργικής παραγωγής είναι να αυξηθεί η απόδοση των καλλιεργειών με την μικρότερη οικονομική επιβάρυνση στο κόστος παραγωγής. Ταυτόχρονα απώτερος στόχος είναι η αύξηση της ποιότητας των προϊόντων χωρίς να υποβαθμίζονται οι φυσικοί πόροι.

Ένα από τα πιο σύγχρονα μέσα της εποχής μας είναι τα λιπάσματα. Προκειμένου να γίνει πλήρως κατανοητός ο ρόλος των λιπασμάτων στην ανάπτυξη των φυτών πρέπει να ασχοληθούμε με την θρέψη των φυτών. Τα φυτά ως αυτότροφοι οργανισμοί, δηλαδή οργανισμοί που συνθέτουν μόνοι τους τα συστατικά της τροφής τους όπως, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη κ.α. από ανόργανα στοιχεία όπως άζωτο (N), κάλιο (K), σίδηρο (Fe) κ.λ.π. στοιχεία τα οποία λαμβάνουν απευθείας από το έδαφος και τον αέρα. Με τις βιοχημικές διεργασίες και με την φωτοσύνθεση μετατρέπονται οι απλές αυτές ανόργανες ουσίες σε οργανικές ενώσεις, που έχουν μεγάλη σημασία για την ύπαρξη της ζωής του πλανήτη μας. Η πρώτη βιοχημική αντίδραση που επιτελείται κατά την διάρκεια της φωτοσύνθεσης δεσμεύει την ηλιακή ενέργεια και την μετατρέπει σε χημική ενέργεια. Στην πρώτη αυτή βιοχημική αντίδραση δεσμεύεται το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) με νερό (H_2O) και παράγεται γλυκόζη ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) και οξυγόνο (O_2). Το φυτό χρειάζεται ηλιακή ενέργεια για να παράγει με πρώτες ύλες ανόργανες ενώσεις (CO_2 και H_2O). Εκτός από τις ανόργανες ενώσεις τα φυτά χρειάζονται την λειτουργία της φωτοσύνθεσης, κι άλλων βιοχημικών διεργασιών, αλλά και ανόργανων στοιχείων. Τα συστατικά που είναι απαραίτητα για την θρέψη των φυτών χαρακτηρίζονται ως θρεπτικά συστατικά ή θρεπτικά στοιχεία. Τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την θρέψη των φυτών παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα (πίνακας 2).

Μακροστοιχεία		
Πηγή	Θρεπτικά στοιχεία	
<i>Αέρας & νερό</i>		C
		H
		O
<i>Έδαφος</i>	Κύρια	N
		P
		K

Δευτερεύοντα	Ca
	Mg
	S
Ιχνοστοιχεία	
Θρεπτικά στοιχεία	
	Fe
	Mn
	Cu
	Zn
	B
	Mo
	Cl

Πίνακας 2: Βασικά θρεπτικά στοιχεία σε φθίνουσα σειρά σημαντικότητας (πηγή: <http://www.ggde.gr>)

Τα φυτά προσλαμβάνουν τον άνθρακα από το CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα) που υπάρχει στην ατμόσφαιρα και δευτερευόντως το νερό, ενώ το υδρογόνο (H) και το οξυγόνο (O) κυρίως από το νερό του εδάφους και του αέρα. Τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία, που χρειάζονται τα φυτά, προέρχονται από τα οργανικά και ανόργανα στερεά συστατικά του εδάφους. Εξαιρέση του κανόνα αποτελεί το άζωτο, το οποίο δεσμεύεται από ορισμένους μικροοργανισμούς που ζούν συμβιωτικά στις ρίζες των φυτών και ανήκουν στην οικογένεια των ψυχανθών ή διαβιούν ελεύθερα στα εδάφη. Το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), το κάλιο (K), και το θείο (S) ονομάζονται “μακροστοιχεία” επειδή τα φυτά έχουν ανάγκη σχετικά μεγάλες ποσότητες για την ανάπτυξή τους. Η έλλειψη ή ανεπαρκής ποσότητα ενός θρεπτικού στοιχείου από την θρέψη των φυτών δημιουργεί προβλήματα στην ανάπτυξη των φυτών, τα οποία εκφράζονται με την μείωση των αποδόσεων των φυτών. Το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg) ανήκουν επίσης στα μακροστοιχεία. Τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία ονομάζονται “ιχνοστοιχεία” επειδή το φυτό χρησιμοποιεί μικρές ποσότητες, ενώ υπάρχουν και μη απαραίτητα στοιχεία όπως Νάτριο, πυρίτιο, αργίλιο κ.λπ.

Η προσθήκη λιπασμάτων έχει άμεση επίδραση στη γεωργική παραγωγή για αυτό θεωρείται και άκρως σημαντική η προσθήκη διαφόρων λιπασμάτων στο έδαφος. Με σκοπό να εφοδιάζει τα φυτά με θρεπτικά στοιχεία κατάλληλα για την θρέψη τους. Πιο συγκεκριμένα, η λίπαση του σκληρού σίτου αποτελεί έναν από τους βασικότερους

παράγοντες τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως. Η ορθή και αποτελεσματική διαχείριση του αζώτου παίζει καθοριστικό ρόλο για την εξασφάλιση της μέγιστης οικονομικής απόδοσης και την μείωση των βλαβερών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Σε ρύπανση οδηγούνται τα υπόγεια ύδατα από την αλόγιστη χρήση χημικώς συντιθέμενων λιπασμάτων, λόγω έκπλυσης των νιτρικών και σταδιακής υποβάθμισης αυτών, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στην δημόσια υγεία και στις καλλιέργειες. Στην Ελλάδα, ένα από τα πιο σημαντικά θέματα είναι η ορθολογική χρήση των χημικώς συντιθέμενων λιπασμάτων. Όσο καλύτερα αξιοποιούν οι καλλιέργειες το άζωτο, τόσο μειώνονται οι απώλειες του αζώτου και ελαχιστοποιείται η επιβάρυνση του περιβάλλοντος (Van Alphen and Stoorvogel, 2000).

Η μετακίνηση του αζώτου από τα βλαστητικά μέρη του φυτού στους αναπτυσσόμενους κόκκους των σιτηρών μπορεί να τροφοδοτήσει τους κόκκους με άζωτο σε συνθήκες καταπόνησης από άλλα αίτια, ή σε περιόδους ξηρασίας ή σε συνθήκες έλλειψης αζώτου.

2.1 Το άζωτο ως απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο

Η ατμόσφαιρα περιέχει τεράστιες ποσότητες μοριακού αζώτου περίπου 77% κατ'όγκο αλλά στη μορφή που βρίσκεται δεν είναι διαθέσιμο στους οργανισμούς. Για να μπορεί να προσληφθεί από τους οργανισμούς απαιτεί την διάσπαση ενός ιδιαίτερα σταθερού τριπλού ομοιοπολικού δεσμού ώστε να παραχθεί αμμωνιακό (NH_4^+) και νιτρικό ιόν (NO_3^-). Η διάσπαση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω συγκεκριμένων φυσικών, βιοχημικών και βιομηχανικών διεργασιών. Μέσω φυσικών διεργασιών δεσμεύονται ετησίως περίπου 190×10^{12} gr N, τα οποία προέρχονται από ηλεκτρικές εκκενώσεις, φωτοχημικές αντιδράσεις μεταξύ αερίου NO και όζοντος οπότε παράγεται HNO_3 . Η βιολογικές διεργασίες αφορούν κυρίως στην βιολογική δέσμευση του αζώτου, οι ηλεκτρικές εκκενώσεις στην ατμόσφαιρα μετατρέπουν τους υδρατμούς, το οξυγόνο τις ελεύθερες δραστικές ρίζες υδροξυλίου και τα ελεύθερα άτομα οξυγόνου τα οποία έχουν την ικανότητα διάσπασης του ομοιοπολικού δεσμού του αερίου N_2 και σχηματισμό HNO_3 το οποίο πέφτει στο έδαφος με την βροχή. Η βιολογική δέσμευση του αζώτου γίνεται από συμβιωτικά και ελεύθερα διαβιούντα βακτήρια ή κυανοβακτήρια τα οποία δεσμεύουν το άζωτο υπό μορφή αμμωνίας. Μετά την δεσμευσή του σε νιτρικά ιόντα ή σε αμμωνία το άζωτο εισέρχεται σε ένα βιογεωχημικό κύκλο που περιλαμβάνει την ενσωμάτωση του σε οργανικές ενώσεις, οι οποίες στη συνέχεια διασπώνται απελευθερώνοντας μοριακό άζωτο (Taiz and Zeiger, 2012).

Το άζωτο είναι ένα μακροστοιχείο και απαιτείται από τα φυτά σε μεγάλες ποσότητες, έτσι ώστε να καταφέρουν να ολοκληρώσουν ορθά το βιολογικό τους κύκλο. Η ξηρή μάζα των φυτών αποτελείται από άζωτο σε ποσοστό 1-5%, όπου το άζωτο αποτελεί βασικό συστατικό των πρωτεϊνών, των νουκλεϊκών οξέων, ορισμένων συνενζύμων, φυτοορμονών, δευτερογενών μεταβολιτών και χλωροφύλλης. Τα φυτά αποκτούν συμβιωτικές θέσεις με αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, διότι τα φυτά έχουν την ικανότητα δέσμευσης του ατμοσφαιρικού αζώτου (N₂). Το εδαφικό άζωτο προσλαμβάνεται από τις ρίζες με την μορφή νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων. Τα νιτρικά ιόντα βρίσκονται στα γεωργικά εδάφη σε υψηλότερες συγκεντρώσεις έναντι των αμμωνιακών, επίσης τα νιτρικά είναι περισσότερο ευκίνητα σε σχέση με τα αμμωνιακά (Barker and Bryson, 2012).

2.2 Η επίδραση του αζώτου στα συστατικά απόδοσης σιτηρών

Προκειμένου να επιτευχθούν υψηλές αποδόσεις και καλή ποιότητα των σιτηρών είναι αναγκαία η αζωτούχος λίπανση. Το αν θα δράσει σωστά η αζωτούχος λίπανση στην απόδοση δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα του λιπάσματος, αλλά και από τη τεχνική χορήγησης, δηλαδή να εξασφαλιστεί επάρκεια αζώτου έως αργά, διότι το σιτάρι προσλαμβάνει άζωτο σε όλα τα στάδια έως την ωρίμανση. Επίσης, γνωρίζουμε πως υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ φωσφορικών και αζωτούχων λιπασμάτων, διότι το άζωτο που εναποτίθεται στο έδαφος αυξάνει την διαθεσιμότητα των φωσφορικών ιόντων στο έδαφος, προάγει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και αυξάνει την απορρόφηση φωσφορικών ιόντων από τα φυτά.

Η όψιμη εφαρμογή λίπανσης με άζωτο αυξάνει την διάρκεια ζωής των φύλλων, σε αντίθεση με την έγκαιρη που προάγουν την ανάπτυξη των φύλλων και την δημιουργία αδελφιών. Στο τέλος του αδελφώματος η ξηρά ουσία ανέρχεται από 150 έως 200 kg/στρ, όπου η πρόσληψη σε άζωτο αντιστοιχεί από 4,5 έως 6 kg/ στρ. Η πρόσληψη αζώτου πρέπει να συνεχιστεί κατά διάρκεια της φάσης της βλαστικής ανάπτυξης, η παραπάνω ποσότητα αζώτου είναι αρκετή για το σχηματισμό αδελφιών, αλλά και για ικανοποιητική επιβίωση αυτών. Ο αριθμός των αδελφιών με παραγωγικούς στάχεις κατά το στάδιο της άνθησης εξαρτάται από την πρόσληψη αζώτου της καλλιέργειας.

Η αζωτούχος λίπανση αυξάνει την φυλλική επιφάνεια μέσω των μειωμένων απωλειών από τη γήρανση του φυλλώματος, η οποία αυξάνει την περίοδο ωρίμανσης στα σιτηρά. Αντίθετα, η έλλειψη αζώτου προκαλεί αλλαγή του χρώματος των φύλλων, μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας και της φυλλικής ανάπτυξης. Ανάλογα με το χρόνο

εφαρμογής της αζωτούχου λίπανσης επηρεάζεται ο σχηματισμός των κόκκων, αλλά δεν είναι πλήρως εξακριβωμένο πως το άζωτο επηρεάζει το στάχυ, το σχηματισμό ή την διαφοροποίηση των ανθιδίων ή τις διαδικασίες που επηρεάζονται έμμεσα μέσω του ανταγωνισμού των αδελφιών. Μετά το πέρας του σταδίου του φουσκώματος, η λίπανση με άζωτο δεν επηρεάζει τους σπόρους, αλλά αυξάνει την συνολική ξηρά ουσία και το βάρος των κόκκων (Solfield et al., 1977).



Εικόνα 2.2: Η έλλειψη αζώτου σε καλλιέργεια σιταριού (www.ypaidros.gr).

Από τον αριθμό των κόκκων και το βάρος αυτών εξαρτάται η απόδοση του σιταριού. Το περιβάλλον, κατά την διάρκεια του γεμίσματος των κόκκων είναι ένας παράγοντας ο οποίος επηρεάζει το βάρος των κόκκων, το οποίο είναι γενετικά ελεγχόμενο γνώρισμα. Από τον ρυθμό γεμίσματος των κόκκων και τη διάρκεια αυτού εμφανίζονται και οι διαφορές στο τελικό βάρος των κόκκων. Με την εφαρμογή του αζώτου προκύπτει αύξηση του ρυθμού γεμίσματος και του βάρους των κόκκων, ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν το ρυθμό αφομοίωσης και μετακίνησης αζώτου από το φύλλο σημαίας στο στάχυ. Η αύξηση των αποδόσεων και των συστατικών της απόδοσης προκύπτουν ως αποτέλεσμα της αύξησης της εδαφικής υγρασίας και της αζωτούχου λίπανσης (Sub et.al.,1990)

2.3 Η λίπανση στη γεωργική παραγωγή

Βασικός συντελεστής για την γεωργική παραγωγή είναι η αποτελεσματική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, όπου πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο ορθολογικά. Δεδομένα όπως η γνώση των ιδιοτήτων του εδάφους, των αναγκών των καλλιεργειών σε θρεπτικά στοιχεία ή κλιματολογικά δεδομένα βοηθούν στη χορήγηση κατάλληλου τύπου και ποσότητας λιπάσματος προκειμένου να αυξήσουμε την απόδοση των θρεπτικών ουσιών (Nutrient Use Efficiency).

Η διαθεσιμότητα του αζώτου μετά την λίπανση μπορεί να φτάσει το 30% με 50%. Τα αζωτούχα λιπάματα παρουσιάζουν μεγάλη διαλυτότητα και μη προσρόφηση νιτρικών ιόντων στο έδαφος και μετακινούνται εύκολα μέσω του νερού, σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα κι έτσι απομακρύνονται από την ενεργό ριζόσφαιρα. Ταχύτατα, γίνεται η μετατροπή των νιτρικών ιόντων σε αμμωνιακά. Επίσης, λόγω της απονίτρωσης που συμβαίνει έχουμε μεγάλες απώλειες αμμωνίας και νιτρικών.

2.4 Η πρόσληψη και η κατανομή του αζώτου

Κατά την φάση του γεμίσματος των κόκκων οι διαδικασίες που επιτυγχάνονται είναι η μεταφορά των υδατανθράκων και η αφομοίωση του αζώτου. Οι υδατάνθρακες είναι αποτέλεσμα του φωτοσυνθετικού μηχανισμού και αποθέματα των βλαστών όπου καταλήγουν στους κόκκους. Τα αποθέματα του αζώτου στο έδαφος, η ποσότητα του εφαρμοζόμενου αζώτου, οι συνθήκες ανάπτυξης πριν την άνθηση και ο γενότυπος είναι στοιχεία από τα οποία εξαρτάται η ποσότητα του αποθηκευμένου αζώτου (Cox et al., 1985).

Η συσσώρευση της πρωτεΐνης επιτυγχάνεται από τις υψηλές θερμοκρασίες κατά την περίοδο γεμίσματος των κόκκων περιορίζοντας τα αποθέματα αζώτου στα μέρη του φυτού. Η μείωση του αζώτου οδηγεί σε ταχεία γύρανση των φύλλων και έτσι μειώνεται η φωτοσυνθετική διάρκεια ταχύτερα σε σχέση με τη διάρκεια γεμίσματος των κόκκων. Σε συνθήκες αγρού, η απόδοση των κόκκων της καλλιέργειας επιδρά με την θερμοκρασία και εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους.

Η πρόσληψη του αζώτου καθίστανται ως ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας για την αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας. Σε περιπτώσεις όπου δεν επαρκεί το άζωτο για την κάλυψη των αναγκών των σπόρων, το απαιτούμενο άζωτο μετακινείται κυρίως από τα φύλλα. Ως μία επιπρόσθετη δεξαμενή μπορεί να θεωρηθεί η μετακίνηση του αζώτου από τα αποθέματα των ριζών στους καρπούς, και η προσφορά αυτής μπορεί να φτάσει έως το 10% των συνολικών απαιτήσεων των κόκκων.

Αποτελέσματα διαφόρων μελετών έχουν δείξει πως κατά την περίοδο της άνθησης το 50% της συνολικής συγκέντρωσης του αζώτου του υπέργειου τμήματος εντοπίζεται στους βλαστούς συμπεριλαμβανομένου και του κολεού των φύλλων, 35% στα φύλλα και 15% στα στάχυα. Η αντίστοιχη κατανομή της συγκέντρωσης του αζώτου για το ξηρό βάρος είναι 70% 15% και 15% αντίστοιχα. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν υψηλές δόσεις

αζώτου κατά την άνθηση αυξάνεται η παραγόμενη βιομάζα και η συγκέντρωση αζώτου στα φυτικά μέρη της καλλιέργειας.

2.5 Ο ρόλος του αζώτου στο φυτό

Ο πιο περιοριστικός παράγοντας στο σύνολο της αγροτικής παραγωγής ανά τον κόσμο είναι το άζωτο. Σε περιπτώσεις που η υγρασία δεν είναι περιοριστικός παράγοντας το σιτάρι αντιδρά θετικά στην προσθήκη του αζώτου. Από μελέτες που έγιναν φάνηκε πως η διαφοροποίηση της απόδοσης του καρπού και της ποιότητας του σπόρου είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ της λίπανσης, της ποικιλίας, και του περιβάλλοντος. Για την αζωτούχο λίπανση λαμβάνονται υπόψιν οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και κυρίως η διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Όσο περισσότερη είναι η υγρασία του εδάφους τόσο περισσότερο άζωτο αξιοποιείται από τα φυτά.

Το άζωτο προάγει την διαδικασία της φωτοσύνθεσης και μέσω αυτής συμβάλλει στην αύξηση του φυτού, επίσης επηρεάζει διάφορες διεργασίες εντός του φυτού. Η φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού επηρεάζεται θετικά από την περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη, όπου βασικό στοιχείο της χλωροφύλλης είναι το άζωτο. Μέσω ενός εργαλείου του χλωροφυλλομέτρου γίνονται οι μετρήσεις χλωροφύλλης σε συνθήκες αγρού και βοηθούν στην ορθή λίπανση της καλλιέργειας (Dubetz and Wells, 1968).

Η μείωση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και της διάρκειας ανάπτυξης της φυλλικής επιφάνειας μπορεί να επέλθει όταν υπάρχει έλλειψη αζώτου σε σημαντικό βαθμό, για αυτό το λόγο υπάρχει μικρότερη πρόσληψη ηλιακής ακτινοβολίας και χαμηλότερος φωτοσυνθετικός ρυθμός. Η επάρκεια αζώτου στο σιτάρι συντελεί στην αύξηση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, στο φύλλωμα, στο αδελφωμα, στην επιμήκυνση των μεσογονάτιων διαστημάτων, στο ύψος του βλαστού, στο μέγεθος του στάχους, στον αριθμό των κόκκων ανά στάχυ, στο δείκτη συγκομιδής και στην απόδοση στο καρπό. Οι υπερβολικές ποσότητες αζώτου συμβάλλουν στην ανάπτυξη του φυλλώματος, αλλά προκαλούν πλάγιασμα και ονίμιση της καλλιέργειας. Η δημιουργία νέων ποικιλιών οδήγησε σε ποικιλίες που είναι ανθεκτικές στο πλάγιασμα με αποτέλεσμα η χορήγηση μεγάλων ποσοτήτων αζώτου να συμβάλει στην αύξηση των αποδόσεων (Fageria et al., 2003).

Πριν το γηρασμό των αδελφίων εκείνα μεταφέρουν τα θρεπτικά συστατικά τους στα στελέχη που θα επιζήσουν. Το στέλεχος είναι το μέρος όπου συγκεντρώνονται οι υδατάνθρακες και οι αζωτούχες ουσίες, όπου κατά την περίοδο του γεμίσματος των

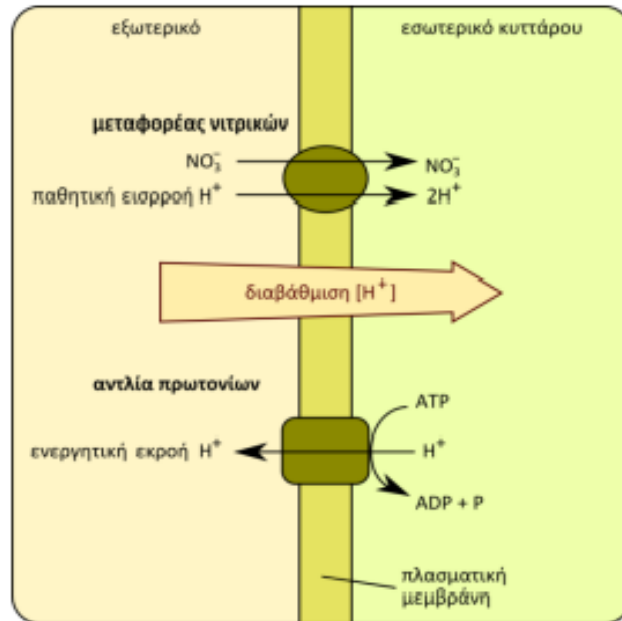
κόκκων ανακατανέμονται στους κόκκους. Επίσης, κατά την περίοδο γεμίσματος των κόκκων έχουμε μετακίνηση του αζώτου από τα βλαστικά όργανα προς τους στάχεις, κατά την ίδια περίοδο με την περίσσεια αζώτου στο έδαφος αυξάνει αρκετά η περιεκτικότητα των καρπών σε πρωτεΐνη. Μέχρι να επέλθει η φυσιολογική ωρίμανση το ολικό άζωτο στην περιεκτικότητα των καρπών αυξάνει συνεχώς. Από το πλήθος αζωτούχων ουσιών συσσωρεύονται ταχύτερα η χορδεΐνη και η γλουτενίνη (Καραμάνος, 1987).

2.6 Πρόσληψη και μεταφορά νιτρικών ιόντων εντός φυτικού σώματος

2.6.1 Πρόσληψη νιτρικών ιόντων από την ρίζα

Η πρόσληψη των νιτρικών ιόντων σχετίζεται με την διαθεσιμότητά τους στο εδαφικό διάλυμα και το ρυθμό διαπνοής. Η πρόσληψη των νιτρικών ιόντων αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία και περιλαμβάνει πολλά στάδια ελέγχου και ρύθμισης λόγω της εκλεκτικότητας που παρουσιάζουν οι μηχανισμοί πρόσληψης. Προκειμένου, να γίνει η πρόσληψη των νιτρικών από τις ρίζες των φυτών συμμετέχουν δύο τύποι πρωτεϊνών-μεταφορέων. Οι οικογένειες των γονιδίων NRT1 και NRT2 κωδικοποιούν τους μεταφορείς και εδράζονται στην πλασματική μεμβράνη των επιδερμικών κυττάρων και των κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος. Τα νιτρικά ιόντα εμφανίζουν χαμηλή συγγένεια με τις πρωτεΐνες NRT1 και θέτονται σε λειτουργία όταν οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στο εξωτερικό διάλυμα είναι υψηλότερες των 0,5 mM, ενώ αντίστοιχα οι NRT2 παρουσιάζουν υψηλή συγγένεια για το υπόστρωμα και εμπλέκονται στη μεταφορά νιτρικών ιόντων όταν αυτά απαντώνται στο διάλυμα σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες των 0,5 mM (Siddiqi et al., 1990).

Ανεξάρτητα, από το είδος του μεταφορέα, η είσοδος των νιτρικών ιόντων εντός του κυττάρου διαμέσου της πλασματικής μεμβράνης γίνεται με φορά αντίθετη στην έντονη διαβάθμιση του ηλεκτροχημικού δυναμικού. Στην πορεία τους τα αρνητικά φορτισμένα νιτρικά ιόντα θα πρέπει να ξεπεράσουν δύο σημαντικά αρνητικά φράγματα, το αρνητικό δυναμικό της πλασματικής μεμβράνης αλλά και την υψηλότερη ενδοκυτταρική συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων έναντι αυτής του εξωτερικού μέσου. Συνεπώς, για να επιτευχθεί η εισροή νιτρικών ιόντων εντός του κυττάρου, απαιτεί την κατανάλωση μεταβολικής ενέργειας. Η είσοδος των νιτρικών ιόντων μέσω των μεταφορέων NRT1 και NRT2 διαμέσου της πλασματικής μεμβράνης απαιτεί συμμεταφορά πρωτονίων. Για την διαβάθμιση των πρωτονίων μεταξύ των δύο πλευρών της μεμβράνης δαπανάται ATP από την αντλία πρωτονίων (ATPάση) απελευθερώνοντας ένα πρωτόνιο προς το εξωτερικό του κυττάρου (εικόνα 4).



Εικόνα 2.6.1: Σχηματική αναπαράσταση της μεταφοράς των νιτρικών ιόντων από από το εδαφικό διάλυμα προς τα κύτταρα της ρίζας (Hawkesford et al., 2012)..

Οι μεταφορείς NRT2 αντίθετα με τους NRT1, για να εισέλθουν σε λειτουργία απαιτούν τη συνύπαρξη της πρωτεΐνης NRT3 η οποία συνδέεται άμεσα με την NRT2 μέσω της διαμεμβρανικής περιοχής που διαθέτει. Συμμερασματικά, αν οι δύο πρωτεΐνες χωριστούν δεν εκτελούν μεμονωμένα μεταφορά νιτρικών ιόντων.

Τα ένζυμα που συμμετέχουν για την μεταφορά και την αφομίωση των νιτρικών ιόντων επάγονται από την παρουσία νιτρικών ιόντων στο περιβάλλον, ενώ σε περιπτώσεις συσσώρευσης νιτρικών ιόντων στα κύτταρα η πρόσληψή τους σταματά. Στα περισσότερα φυτικά είδη η πρόσληψη των νιτρικών ιόντων μεταβάλλεται κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου και συνήθως μειώνεται σημαντικά κατά την άνθηση.

2.6.2 Κίνηση νιτρικών ιόντων εντός των αγγείων του ξύλου και η μεταφορά του στο υπέργειο μέρος.

Μία σειρά μηχανισμών καθώς και η εναλλαγή ημέρας-νύχτας αποτελούν μία διαδικασία, η οποία ελέγχει την πρόσληψη των νιτρικών ιόντων και τη μεταφορά τους στο υπέργειο μέρος του φυτού. Η μεταφορά και η πρόσληψη των νιτρικών ιόντων δεν ελέγχεται μόνο από τη διαθεσιμότητά τους στο έδαφος αλλά και από τις ανάγκες που έχει η καλλιέργεια. Όταν η διαθεσιμότητα του αζώτου στο έδαφος είναι επαρκής, ο παράγοντας που καθορίζει την πρόσληψη του αζώτου είναι οι ανάγκες του φυτού (Marschner et al., 1996).

Οι ημερονύκτιες εναλλαγές της διαπνευστικής δραστηριότητας επηρεάζουν την μεταφορά των νιτρικών ιόντων, ιδιαίτερο ρόλο στη ρύθμισή της φαίνεται να παίζουν η αφομοίωση και ο μεταβολισμός των αζωτούχων ενώσεων στη ρίζα καθώς και ο μηχανισμός φόρτωσης των αγγείων του ξύλου. Πειράματα που έγιναν στο φυτό *Ricinus communis*, προκειμένου να ελεγχθεί με σύγχρονο τρόπο η διαθεσιμότητα του αζώτου στη ρίζα και η μέτρηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στον ανιόντα χυμό, η διαθεσιμότητα του αζώτου στη ρίζα, ο ρυθμός προσληψή τους από τη ρίζα και ο ρυθμός μεταφοράς τους προς το υπέργειο μέρος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στον ανιόντα χυμό ακολουθεί ημερήσιο ρυθμό και εμφανίζεται χαμηλή κατά την διάρκεια της μέρας, ενώ αυξάνεται έντονα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αντίθετα, ο ρυθμός πρόσληψης εμφανίζει ημερήσιο μέγιστο κατά την φωτεινή περίοδο που είναι και εντονότερη η διαπνοή. Στο υπέργειο μέρος ο ρυθμός μεταφοράς των νιτρικών ιόντων παρουσιάζει σταθερότητα μεταξύ φωτεινής και σκοτεινής περιόδου, επειδή κατά τη διάρκεια της μέρας ένα σημαντικό μέρος του προσληφθέντος αζώτου συγκρατείται στη ρίζα. Τέλος, εντός μερικών ωρών η αύξηση της εδαφικής διαθεσιμότητας προκαλεί αύξηση του ρυθμού πρόσληψης νιτρικών ιόντων και μεταφοράς αζωτούχων ενώσεων προς το υπέργειο μέρος, η οποία είναι παροδική (Herdel et. al., 2001).

2.6.3 Εκροή νιτρικών ιόντων

Αρκετά σημαντική είναι η είσοδος και η διαφύλλαξη των αζωτούχων συστατικών στα κύτταρα της επιδερμίδας και του φλοιώδους παρεγχύματος της ρίζας, ώστε να επιτελείται η ανάπτυξη των φυτικών οργάνων, παρόλα αυτά, μπορεί να συμβεί και εκροή νιτρικών ή αμμωνιακών ιόντων και αμινοξέων από τις ρίζες προς το εδαφικό διάλυμα. Όπως φαίνεται, η σπατάλη από πλευρά ενεργειακής απόψεως στη διαδικασία αυτή συνδέεται με την περίσσεια ποσότητα αζώτου στο έδαφος, ωστόσο η φυσιολογική σημασία της παραμένει ασαφής.

2.6.4 Η κατανομή των νιτρικών ιόντων ενδοκυτταρικά

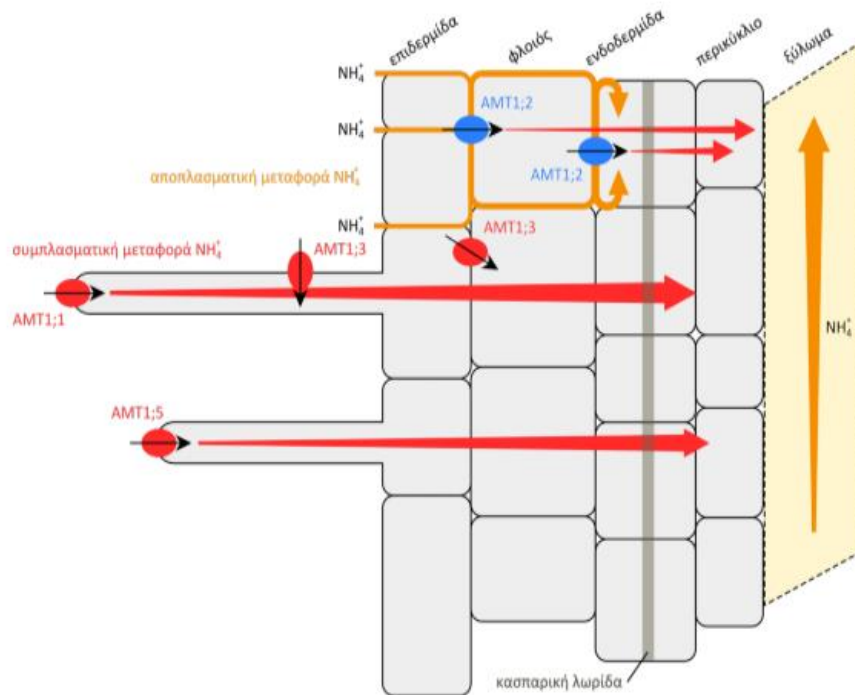
Αντίθετα, με τα αμμωνιακά ιόντα τα οποία ενσωματώνονται ταχέως σε οργανικά συστατικά και παραμένουν στη ρίζα, τα νιτρικά ιόντα διανέμονται άμεσα σε όλα τα φυτικά όργανα. Αν εξετάσουμε σε επίπεδο κυττάρων, ο κύριος όγκος των νιτρικών ιόντων συσσωρεύεται στα χυμοτόπια, από τα οποία μπορούν να ανακτηθούν. Έτσι λοιπόν τα χυμοτόπια αποτελούν μία αποθήκη η οποία μπορεί να προμηθεύσει το στοιχείο σε περίπτωση έλλειψης. Το αποθηκευμένο άζωτο μπορεί να ικανοποιήσει μόνο ένα μέρος

των αναγκών του φυτού και το υπόλοιπο εξαντλείται εντός 48 ωρών από τη στιγμή έλλειψης των νιτρικών. Παροδικός φαίνεται να είναι ο χαρακτήρας της αποθήκευσης των νιτρικών στο χυμοτόπιο αυτό συμβαίνει κυρίως κατά την διάρκεια της νύχτας αφού δεν υπάρχει περαιτέρω δυνατότητα μεταβολισμού των νιτρικών.

2.7 Πρόσληψη και μεταφορά αμμωνιακών ιόντων στα φυτά

2.7.1 Πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων από τις ρίζες

Τα αμμωνιακά ιόντα μεταφέρονται δια μέσου των μεμβρανών των κυττάρων της ρίζας και η μεταφορά γίνεται μέσω της οικογένειας μεταφορέων AMT/MEP/Rh. Η AMT1 αποτελεί μία υποοικογένεια και μεταφέρει τα αμμωνιακά ιόντα μέσω πρωτεϊνών φορέων μεταφοράς NH_4^+ ή συμεταφοράς NH_4^+/H^+ (εικόνα 2.7.1).



Εικόνα 2.7.1: Η αποπλασματική μεταφορά και ο ιστολογικός εντοπισμός και η λειτουργικότητα των πρωτεϊνικών μεταφορέων του συστήματος συμπλασματικής μεταφοράς υψηλής συνάφειας αμμωνιακών ιόντων των ριζών του φυτού *Arabidopsis thaliana* (Hawkesford et al., 2012).

Η υποοικογένεια AMT2/MEP περιλαμβάνει ένα διάλυτο μεταφορέας AmtB ο οποίος έχει εντοπιστεί στο *Escherichia coli* και τους Mep1-3 μεταφορείς που έχουν αναφερθεί στις ζύμες.

Στο φυτό *Arabidopsis*, οι μεταφορείς AtAMT1.1, AtAMT1.2 και AtAMT1.3 εμφανίζουν συγγένεια με το υπόστρωμα για αυτό και μεταφέρουν NH_4^+ όταν εκείνα βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, μικρότερες των 0,5Mm, στο εδαφικό διάλυμα. Οι μεταφορείς AtAMT1.1, AtAMT1.3 εκφράζονται στα κύτταρα της επιδερμίδας και του φλοιώδους παρεγχύματος της ρίζας, ενώ η AtAMT1.2 στα κύτταρα της ενδοδερμίδας του φλοιώδους παρεγχύματος. Σε περιπτώσεις, που το άζωτο ελλείπει από τα φυτά τα γονίδια AtAMT1.1 υπερεκφράζονται, ενώ όταν το φυτό επανατροφοδοτείται με αμμωνιακά ιόντα, η έκφραση των συγκεκριμένων γονιδίων μειώνεται. Ως σήμα αντίδρασης λειτουργεί η ενδοκυτταρική αύξηση των αμμωνιακών ιόντων ή της γλουταμίνης που παρεμποδίζει την περαιτέρω πρόσληψή τους (Hawkesford et al., 2012).

Τον ημερήσιο κύκλο ακολουθεί η πρόσληψη των αμμωνιακών ιόντων και αυξάνεται κατά την διάρκεια της μέρας έως ότου γίνει η μέγιστη στο τέλος της φωτοπεριόδου, όπου εκεί σταδιακά αρχίζει να μειώνεται. Σύμφωνα, με την πιστοποίηση του ημερήσιου κύκλου πρόσληψης των αμμωνιακών η πρόσληψη αζώτου ρυθμίζεται από τα αποθέματα άνθρακα. Κατά την διάρκεια της νύχτας γίνεται η εσωτερική τροφοδοσία του φυτού με φωτοσυνθετικά προϊόντα, γεγονός που οδηγεί σε εισροή αμμωνιακών ιόντων και σε υπερέκφραση των γονιδίων AtAMT1 και AtNRT2.1 τα οποία κωδικοποιούν πρωτεΐνες-μεταφορείς νιτρικών ιόντων στο φυτό *Arabidopsis* (Hawkesford et al., 2012).

2.8 Πρόσληψη οργανικού αζώτου

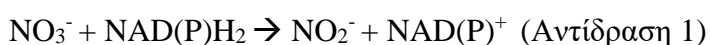
Στη θρέψη των φυτών συμβάλλουν, εκτός από τις ανόργανες μορφές και οι οργανικές που υπάρχουν στο έδαφος. Με την μορφή πεπτιδίων, πρωτεϊνών, αμινοξέων και ουρίας απαντάται το οργανικό άζωτο στο έδαφος. Οι πρωτεάσες οι οποίες εκκρίνονται από μικροοργανισμούς του εδάφους, διασπούν τα πεπτίδια και τις πρωτεΐνες. Το μεγαλύτερο κλάσμα οργανικού αζώτου αποτελεί η συγκέντρωση των αμινοξέων, που απαρτίζεται από ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους, η συγκέντρωση των αμινοξέων στα γεωργικά εδάφη κυμαίνεται από 1-100 μM . Η πρόσληψη των αμινοξέων από τις ρίζες παρουσιάζει ενεργειακό όφελος, ωστόσο οι μικροβιακοί πληθυσμοί του εδάφους αποτελούν ισχυρό ανταγωνιστή όσον αφορά στην πρόσληψή τους. Παρόλα αυτά, στις ρίζες έχει διαπιστωθεί η ύπαρξη μεταφορέων αμινοξέων, ορισμένοι από τους οποίους λειτουργούν μέσω ευνοϊκής διαβάθμισης των πρωτονίων. Οι μεταφορείς φαίνεται να εκτελούν εξειδικευμένες λειτουργίες σε διαφορετικούς τύπους κυττάρων ενώ η συγγένεια και η εξειδίκευση ως προς το υπόστρωμα ποικίλλουν (Nasholm et al., 2009).

Η πηγή του εδαφικού αζώτου είναι η ουρία, η οποία είτε απαντάται φυσικά στα εδάφη, είτε χρησιμοποιείται ως αζωτούχο λίπασμα. Η ουρία είτε υδρολύεται σε αμμωνιακά ιόντα από το ένζυμο ουρεάση των μικροοργανισμών του εδάφους, είτε προσλαμβάνεται απευθείας από τις ρίζες. Τα περισσότερα φυτά διαθέτουν ένα μόνο γονίδιο που κωδικοποιεί την ουρεάση.

2.9 Η αφομοίωση του αζώτου από τα φυτά

2.9.1 Η αφομοίωση των νιτρικών ιόντων

Τόσο τα αμμωνιακά όσο και τα νιτρικά αποτελούν τις βασικότερες πηγές αζώτου για τα φυτά. Σε συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος τα νιτρικά ιόντα συνιστούν την κύρια πηγή αζώτου. Τα ιόντα αυτά αποθηκεύονται στο χυμοτόπιο και χαρακτηρίζονται ως εξαιρετικά ευκίνητα. Η αναγωγή τους σε αμμωνιακά ιόντα, συμβάλλει στη βιοσύνθεση των πρωτεϊνών και των άλλων οργανικών συστατικών. Η αναγωγή των αμμωνιακών ιόντων επιτελείται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο λαμβάνει χώρα η μετατροπή των νιτρικών σε νιτρώδη με απόσπαση δύο ηλεκτρονίων. Η κατάλυση της αντίδρασης γίνεται από το ένζυμο αναγωγάση των νιτρικών και ως δώτης ηλεκτρονίων προσφέρεται το NAD(P)H (αντίδραση 1, Barker and Bryson, 2012).

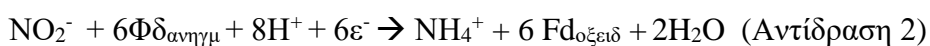


Προκειμένου να αποφευχθεί η συσσώρευση των νιτρωδών στο έδαφος σε τοξικά επίπεδα, ιδιαίτερα ρυθμιστικό έλεγχο απαιτεί η αναγωγάση των νιτρικών στην αφομοίωση του αζώτου. Ο έλεγχος γίνεται σε διάφορα επίπεδα (μεταγραφικό, μεταφραστικό, μετά-μεταφραστικό) και περιλαμβάνει σύνθεση ή αποδόμηση του ενζύμου, αντιστρεπτή απενεργοποίησή του και ρύθμιση της δραστηριότητας μέσω της συγκέντρωσης του υποστρώματος. Σε περιπτώσεις αύξησης των νιτρικών ιόντων στο εδαφικό διάλυμα προκαλείται η επαγωγή της σύνθεσης της πρωτεΐνης. Στο στάδιο του μετα-μεταφραστικού επιπέδου το ένζυμο απενεργοποιείται μέσω της αντιστρεπτής φωσφορυλίωσης από παράγοντες όπως η ύπαρξη φωτισμού και τα επίπεδα υδατανδράκων (Taiz and Zeiger, 2012).

Η μέγιστη δραστηριότητα της αναγωγάσης των νιτρικών γίνεται όσο αυξάνει ο ρυθμός έκτασης του φύλλου, ενώ μειώνεται δραστικά στα πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα. Το γεγονός αυτό εξηγεί γιατί είναι περιορισμένη η χρήση των αποθηκευμένων νιτρικών ιόντων στα φύλλα όπου έχει επέλθει γύραση. Υπάρχει η δυνατότητα αναγωγής των νιτρικών τόσο στο βλαστό όσο και στη ρίζα στα περισσότερα φυτικά είδη. Η συμβολή

των δύο αυτών οργάνων εξαρτάται από την συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων του εξωτερικού διαλύματος. Εάν η συγκέντρωση είναι χαμηλή, η αναγωγή τους επιτελείται κυρίως στη ρίζα. Όταν αυξάνεται η συγκέντρωση των νιτρικών στο εξωτερικό διάλυμα, η αναγωγή σε επίπεδο ρίζας αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα, οπότε το κλάσμα των νιτρικών αυξάνεται μετακινείται και ανάγεται στο βλαστό (Hawkesford et. al., 2012).

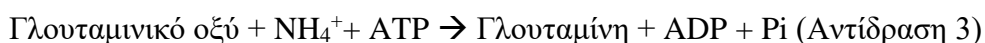
Κατά το δεύτερο στάδιο αναγωγής των νιτρικών, τα νιτρώδη ιόντα που προκύπτουν κατά το πρώτο στάδιο στο κυτταρόπλασμα μεταφέρονται στους χλωροπλάστες των φύλλων και στα πλαστίδια των ριζών. Τα οργανίδια αυτά, ανάγονται από το ένζυμο αναγωγάση των νιτρωδών σε αμμωνιακά ιόντα σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση (Baker and Bryson, 2012):



Η αναγωγή των νιτρωδών επιτελείται με μεταφορά 6 ηλεκτρονίων στους χλωροπλάστες από την ανηγμένη φερρεδοξίνη η οποία ανάγεται μέσω της φωτοσυνθετικής ροής ηλεκτρονίων ενώ σε μη φωτοσυνθετικούς ιστούς από το NADPH που παράγεται μέσω της οδού των φωσφορικών πεντοζών. Η ύπαρξη φωτισμού και η αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών επάγουν την μεταγραφή της αναγωγάσης των νιτρωδών. Αντίθετα, η συσσώρευση της ασπαραγίνης και της γλουταμίνης δηλαδή των τελικών προϊόντων της αντίδρασης αυτής καταστέλλουν την επαγωγή αυτή.

2.9.2 Η αφομίωση των αμμωνιακών ιόντων

Η αφομίωση των νιτρικών ιόντων προς αμινοξέα και αμίδια λαμβάνει χώρα είτε στα μιτοχόνδρια είτε στους χλωροπλάστες. Η μετατροπή αυτή περιλαμβάνει τις διαδοχικές δράσεις της συνθετάσης της γλουταμίνης και της συνθετάσης του γλουταμινικού οξέος. Η συνθετάση της γλουταμίνης καταλύει την προσθήκη αμινομάδας στο γλουταμινικό οξύ, οπότε παράγεται γλουταμίνη (αντίδραση 3).



Στο κυτταρόπλασμα, στα πλαστίδια των ριζών και στους χλωροπλάστες των φωτοσυνθετικών ιστών εντοπίζονται δύο ισοένζυμα συνθετάσης της γλουταμίνης. Η πλαστιδική ισομορφή των ριζών παράγει αμίδια δηλαδή γλουταμίνη και ασπαραγίνη για τοπική κατανάλωση, ενώ η χλωροπλαστική των βλαστών επαναφομοιώνει τα ιόντα NH_4^+ που παράγονται μέσω φωτοαναπνοής. Οι πλαστιδιακές ισομορφές του ενζύμου

επηρεάζονται από την ύπαρξη φωτισμού και τα επίπεδα υδατανθράκων (Taiz and Zeiger, 2012).

Η σύνθεση του γλουταμινικού οξέος (GOGAT) μεταφέρει την αμιδική ομάδα της γλουταμίνης στο α-κετογλουταρικό οξύ παράγοντας δύο μόρια γλουταμινικού οξέος. Τα φυτά περιέχουν δύο ισομορφές GOGAT. Η πρώτη είναι δέκτης ηλεκτρονίων από το NADH και η δεύτερη από τη φερρεδοξίνη. Η πρώτη ισομορφή εντοπίζεται σε πλαστίδια μη φωτοσυνθετικών ιστών όπως ρίζες ή ηθμαγγειώδεις δεσμίδες των αναπτυσσόμενων φύλλων. Στις ρίζες, η αφομοίωση του NH_4^+ εξαρτάται από την σύνθεση του γλουταμινικού οξέος που προέρχεται από το εδαφικό διάλυμα, ενώ στις ιθμαγγειώσεις δεσμίδες αφομοιώνει το NH_4^+ που προέρχεται από τη γλουταμίνη (αντιδράσεις 4 και 5) που μεταφέρεται από τις ρίζες στα γηρασμένα φύλλα (Teiz and Zeiger, 2012)

Γλουταμίνη + 2-οξογλουταρικό + NADP + H^+ \rightarrow 2Γλουταμινικό + NADP⁺ (αντίδραση 4)

Γλουταμίνη + 2-οξογλουταρικό + $\text{Fd}_{\text{ανηγμ}}$ \rightarrow 2Γλουταμινικό + $\text{Fd}_{\text{οξειδ}}$ (αντίδραση 5)

2.9.3 Συνέργεια στη θρέψη των φυτών των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων

Σύμφωνα με τα λεγόμενα των παραπάνω παραγράφων γίνεται φανερό ότι τα αμμωνιακά ιόντα θα πρέπει να έχουν προτίμηση όσον αναφορά στην απορρόφησή τους από τις ρίζες, αφού η αφομοίωσή τους δεν απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας σε σύγκριση με την ενέργεια που απαιτούν τα νιτρικά ιόντα. Το αν ένα φυτικό είδος προτιμά τα νιτρικά ή τα αμμωνιακά ιόντα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες τόσο ενδογενείς όσο και περιβαλλοντικούς. Οι παράγοντες που σχετίζονται με το εδαφικό περιβάλλον είναι ιδιαίτερα σημαντικοί. Γενικά, έχει παρατηρηθεί πως τα φυτά επιτυγχάνουν υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης και υψηλότερες αποδόσεις όταν τροφοδοτούνται με συνδυασμό αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων. Ωστόσο τα φυτικά είδη που έχουν αναπτύξει προσαρμογή να επιβιώνουν σε όξινα εδάφη ή σε εδάφη με χαμηλό δυναμικό οξειδαναγωγής όπως τα κατακλυσμένα εδάφη προτιμούν τα αμμωνιακά ιόντα. Σε αντίθεση, με εκείνα που αναπτύσσονται σε ασβεστώδη όπου προτιμούν τα νιτρικά ιόντα. Σε περιπτώσεις που το άζωτο είναι χαμηλό στο εδαφικό περιβάλλον του φυτού και οι συγκεντρώσεις των δύο ειδών ιόντων είναι παρόμοιες, τότε απορροφώνται κατά προτίμηση τα αμμωνιακά ιόντα. Επίσης, σε περιόδους που επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες στο περιβάλλον τότε είναι εντονότερη η απορρόφηση των αμμωνιακών ιόντων, ενώ σε θερμοκρασίες κάτω των 5°C η απορρόφηση των νιτρικών ιόντων σταματά (Hawkesford et. al., 2012).

Τα συνολικά ανιόντα και κατιόντα που προσλαμβάνονται από τα φυτά αποτελούνται από 80% νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα, έτσι γίνεται αντιληπτό ότι η μορφή με την οποία απορροφώνται είναι δυνατόν να επιρεάσει την πρόσληψη άλλων ανιόντων και κατιόντων, την ρύθμιση του κυτταρικού pH και του pH της ριζόσφαιρας. Η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων στις ρίζες παράγει ένα πρωτόνιο ανά μόριο αμμωνίου. Τα πρωτόνια αυτά εκκρίνονται κατά ένα μεγάλο μέρος στο εξωτερικό μέσο με σκοπό την διατήρηση σταθερού κυτταρικού pH και ουδέτερου ηλεκτρικού δυναμικού το οποίο αντισταθμίζει την πλεονασματική πρόσληψη κατιόντων έναντι ανιόντων. Στην περίπτωση θρέψης φυτού με τα δύο είδη ιόντων, τα πρωτόνια που απελευθερώνονται κατά την αφομοίωση του αμμωνιακού ιόντος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγωγή των νιτρικών ιόντων, καθιστώντας πιο εύκολη για το φυτό τη ρύθμιση του ενδοκυτταρικού pH (Hawkesford et. al., 2012).

Η χημεία της ριζόσφαιρας επιρεάζεται επίσης από το είδος του ιόντος. Είναι δυνατόν το pH της ριζόσφαιρας να μειωθεί λόγω έκκρισης πρωτονίων κατά τη τροφοδοσία με αμμωνιακά ιόντα ενώ η τροφοδοσία του φυτού με νιτρικά ιόντα μπορεί να το αυξήσει, διότι οδηγεί σε καθαρή πρόσληψη πρωτονίων από την ριζόσφαιρα. Οι αλλαγές στο pH έχουν επίδραση στην διαθεσιμότητα των άλλων θρεπτικών στοιχείων όπως του φωσφόρου και των ιχνοστοιχείων.

Η μορφή πρόσληψης του αζώτου από το φυτό είναι σημαντική για την βιοσύνθεση και τη λειτουργία ορισμένων φυτο-ορμονών και ιδιαίτερα των κυτοκινινών. Για παράδειγμα στη βιοσύνθεση των κυτοκινινών εμπλέκονται ένζυμα που επάγονται από τη θρέψη του φυτού με νιτρικά ιόντα και όχι με άλλο θρεπτικό στοιχείο. Ακόμα και σε περιπτώσεις που η ανάπτυξη του φυτού επιτελείται κυρίως με αμμωνιακά ιόντα, τα νιτρικά είναι επωφελή επειδή προκαλούν ένα συνδυασμένο αποτέλεσμα στα επίπεδα κυτοκινινών και IAA του βλαστού. Αντίθετα, αν η ανάπτυξη ενός φυτού γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με νιτρικά ιόντα, εμφανίζει καθυστέρηση εισόδου στην αναπαραγωγική φάση λόγω της υπερβολικής συγκέντρωσης κυτοκινινών. Σε τέτοια περίπτωση όταν το φυτό εφοδιάζεται με αμμωνιακά μπορεί να επάγει άνθηση, με πιθανή αύξηση της βιοσύνθεσης των πολυαμινών που λειτουργούν ως δευτερογενή σηματοδοτικά μόρια (Hawkesford et. al., 2012).

2.9.4 Τοξικότητα αμμωνίου

Οι υψηλές συγκεντρώσεις στην πρόσληψη αμμωνιακών ιόντων μπορεί να προκαλέσουν την εμφάνιση τοξικών συμπτωμάτων στα φυτά. Τα συμπτώματα που προκαλούνται από τη τοξικότητα αμμωνίου περιλαμβάνουν χλώρωση των φύλλων, καχεξία στην ανάπτυξη, νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα και τέλος επέρχεται νέκρωση του φυτού. Παρότι, που η τοξικότητα των αμμωνιακών ιόντων στο φυτικό μεταβολισμό δεν έχει πλήρως κατανοηθεί, έχει διατυπωθεί άποψη για το που πιθανόν οφείλεται: α) στην παρεμπόδιση πρόσληψης κατιονικών θρεπτικών στοιχείων, β) σε αδυναμία ρύθμισης του pH του κυττάρου, γ) σε διαταραχές του μεταβολισμού του άνθρακα επειδή η αφομοίωση των αμμωνιακών ιόντων απαιτεί την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων υδατανθράκων και δ) στην οξίνιση της ριζόσφαιρας που επάγεται από την πρόσληψη των αμμωνιακών που μπορεί να οδηγήσει σε τοξικότητα αργιλίου, ιδιαίτερα σε όξινα εδάφη (Hawkesford et al., 2012).

2.10 Πρωτεΐνη στο καρπό

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές η συγκέντρωση πρωτεΐνης στο καρπό είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας της ποιότητας του σκληρού σιταριού (Jenner et al., 1991; Johanson et al., 2001) που προσδίδει στα παραγόμενα προϊόντα σιταριού μοναδικές ιδιότητες και καθορίζει τις ιδιότητες της ζύμης. Η συνολική ζήτηση αζώτου από το φυτό είναι φυσική συνάρτηση της στοχευμένης απόδοσης παραγωγής, καθώς και της ποσότητας της πρωτεΐνης. Για την επίτευξη υψηλότερης περιεκτικότητας πρωτεΐνης στην παραγωγή, απαιτείται χορήγηση μεγαλύτερης ποσότητας αζώτου με σκοπό την κάλυψη της υψηλότερης ζήτησης. Η τιμή της πρωτεΐνης για σιτηρά που προορίζονται για ζωοτροφή ανέρχεται σταθερά σε 11%, ενώ αντίστοιχα για σιτάρι αρτοποιήσης η τιμή πρωτεΐνης κυμαίνεται στο 12%.



Διάγραμμα 2.10: Επίδραση του αζώτου στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης (Yara,2011).

Η συγκέντρωση της πρωτεΐνης στο καρπό καθορίζεται από το γενότυπο και από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το άζωτο, η εδαφική υγρασία και η θερμοκρασία (Johanson et. al., 2001). Σε έρευνα βρέθηκε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η αζωτούχος λίπανση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των αποθηκευμένων πρωτεϊνών, αρα και των συνολικών (Killen et. al., 1978). Γενικά, το πρωτεϊνικό περιεχόμενο αυξάνεται με την αζωτούχο λίπανση (Θεουλιάκης, 1992, Μπλαδενόπουλος και Γκατζιανάς, 2001). Επίσης, το θείο αποτελεί βασικό συστατικό των πρωτεϊνών και επομένως σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για την ποσότητα και για την ποιότητα της παραγόμενης πρωτεΐνης.

Επιπροσθέτως, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις διεργασίες των φυτών, ενώ συμβάλλουν θετικά στο μεταβολισμό και στην ανακατανομή του αζώτου στο φυτό. Η βελτίωση του μεταβολισμού του αζώτου αυξάνει και την ποσότητά του που ενσωματώνεται στις αναπτυσσόμενες πρωτεΐνες του κόκκου.

Το άζωτο είναι το βασικό δομικό συστατικό των πρωτεϊνών και έχει αποδειχθεί πως τα επίπεδα του διαθέσιμου εδαφικού αζώτου έχουν μεγάλη επίδραση στη συγκέντρωση της πρωτεΐνης στους σπόρους σιταριού. Ακόμα, έχει αποδειχθεί πως η αζωτούχος λίπανση συμβάλει στην αύξηση της απόδοσης σε καρπό αλλά και της συγκέντρωσης πρωτεΐνης στους σπόρους. Η συγκέντρωση πρωτεΐνης στο καρπό εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της μεταφοράς υδατανθράκων και αζώτου στον καρπό. Η συγκέντρωση πρωτεΐνης στους σπόρους δεν εξαρτάται μόνο από την ποσότητα του αζώτου στους σπόρους, αλλά και από το επίπεδο υδατανθράκων του φυτού.

Τέλος, οι απαιτήσεις σε άζωτο για τη σύνθεση πρωτεΐνης στους αναπτυσσόμενους σπόρους ικανοποιούνται από την κινητοποίηση του αζώτου που βρίσκεται στους

βλαστιτικούς ιστούς και έχει αφομοιωθεί πριν την άνθηση και από την απευθείας πρόσληψη και την αφομοίωση του αζώτου κατά την διάρκεια γεμίσματος των σπόρων. Η κινητοποίηση αζώτου που είχε αφομοιωθεί πριν την άνθηση έχει προταθεί ως κύρια πηγή αζώτου στους σπόρους. Σε κάποιες περιπτώσεις το συνολικό περιεχόμενο αζώτου στα φυτά κατά την άνθηση φτάνει το 90-100% του συνολικού αζώτου κατά την ωρίμανση (Heitholt et. al., 1990).

2.11 Αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου (nitrogen use efficiency - NUE)

2.11.1 Η σημασία αποτελεσματικότητας της χρήσης αζώτου (nitrogen use efficiency - NUE)

Η μέγιστη βελτιστοποίηση των λιπασμάτων και η βελτίωση της αποτελεσματικότητας της χρήσης αζώτου NUE για καλλιέργειες με υψηλές αποδόσεις, η μειωμένη λίπανση με άζωτο και η λιγότερη επιβάρυνση στο περιβάλλον εξαιτίας της απορρόφησης αζώτου ήταν αντικείμενο πολλών ερευνών. Η αποτελεσματικότητα της χρήσης του αζώτου εξαρτάται κυρίως από δύο στοιχεία: τη δυνατότητα πρόσληψης αζώτου όπου είναι η ικανότητα της καλλιέργειας να χρησιμοποιήσει το άζωτο που βρίσκεται στο έδαφος, καθώς και η δυνατότητα του αζώτου να απορροφηθεί από το φυτό. Αποτελέσματα έχουν δείξει πως οι αποτελεσματικότητες αυτές μπορεί να διαφέρουν μέσα στην ίδια καλλιέργεια, επειδή εξαρτώνται από διαφορετικά όργανα και μηχανισμούς του φυτού όπως και από περιβαλλοντικούς παράγοντες (Janssen, 1998; Schenk, 2006).

2.11.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του αζώτου

Ο γενότυπος επηρεάζεται από την πρόσληψη και τη χρήση του αζώτου που απορροφήθηκε, καθώς το είδος και η ποικιλία έχουν σημαντικό ρόλο και ο κάθε γενότυπος έχει δικά του λειτουργικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά όπως οι ρίζες και τα φύλλα κ.α. Παρόλα αυτά ο ίδιος γενότυπος μπορεί να δώσει διαφορετική αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου NUE όταν βρεθεί σε διαφορετικά επίπεδα διαθεσιμότητας αζώτου.

Ο δείκτης NUE μπορεί να επηρεαστεί από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση το έδαφος κ.α., γιατί επηρεάζουν το βιολογικό κύκλο της καλλιέργειας ή την διαθεσιμότητα του αζώτου από το έδαφος μέσω της ορυκτοποίησης της οργανικής ύλης και την απορρόφηση αυτών. Εξαιτίας, των παραπάνω γεγονότων, κάθε συμπέρασμα για τον δείκτη NUE στις καλλιέργειες θα πρέπει να περνάει από

πειράματα σε διαφορετικές χρονιές και τοποθεσίες, όπως επίσης και σε διαφορετικές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.

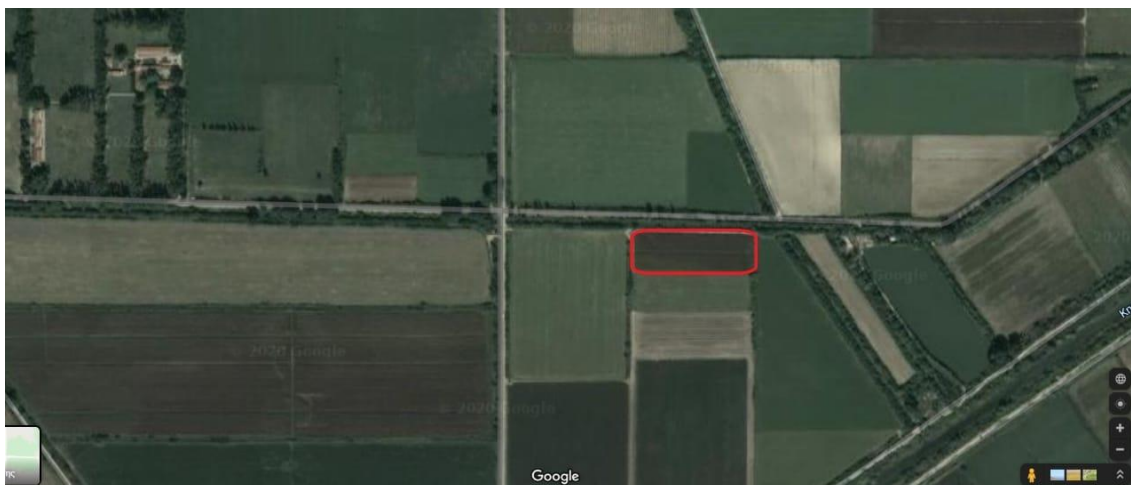
Η διαχείριση του αζώτου αποτελεί σημαντικό παράγοντα και περιλαμβάνει την πυκνότητα και την κατανομή των φυτών στο χώρο, την ποσότητα λίπανσης με άζωτο, τη μέθοδο εφαρμογής της, την διαχείριση του νερού, καθώς και την ταυτόχρονη διαχείριση του νερού και της λίπανσης. Επιπροσθέτως, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες και η σχέση διαχείρισης της καλλιέργειας, συμπεριλαμβανομένων των βιοτικών και αβιοτικών στρες μπορούν να αλλάξουν την κατανομή του αζώτου και την βιομάζα των φυτών (Neeteson et al., 1999).

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Περιοχή έρευνας

3.1.1 Θέση και ιστορικό πειραματικών τεμαχίων

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Αλιάρτου Βοιωτίας, σε αγροτεμάχιο παραγωγού στο σημερινό κάμπο της Κωπαΐδας. Οι συντεταγμένες του αγροτεμαχίου είναι $38^{\circ} 23' 53.4''\text{N}$ $23^{\circ} 06' 32.9''\text{E}$ (εικόνα 3.1.1.1). Στον περίγυρο του αγρού παρεμβάλλονται κι άλλες καλλιέργειες κι όχι δομικά έργα.



***Εικόνα 3.1.1.1:** Απεικόνιση αγροκτήματος σε earth map (Ιστοσελίδα [google.gr/maps](https://www.google.gr/maps)).*

Η συνολική επιφάνεια του πειραματικού αγρού ήταν 26m πλάτος, 42m μήκος, συνολικού εμβαδού 1.092 m^2 όπου εγκαταστάθηκε σκληρό σιτάρι, ποικιλία Simeto. Κάθε τεμάχιο είχε διαστάσεις 5x6 m, συνολικού εμβαδού 30 m^2 . Η βασική λίπανση πραγματοποιήθηκε 03/12/2019 και η σπορά έγινε στις 19/11/2020 με σπαρτική μηχανή (εικόνα 3.1.1.2) και συγκομίστηκε 19/06/2020. Η εφαρμογή της επιφανειακή λίπανσης έγινε στις 26/01/2020 με το λίπασμα ENTEC base 20-20 (20-20-0).



***Εικόνα 3.1.1.2:** Σπαρτική μηχανή παραγωγού.*

Η καλλιέργεια της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου ήταν βαμβάκι. Τα υπολείμματα από την καλλιέργεια δεν συλλέχθηκαν από τον αγρό αλλά ενσωματώθηκαν στο έδαφος μετά την συγκομιδή ώστε να επιταχυνθεί η αποδόμησή τους. Η περίοδος αναμονής για την φύτευση του σκληρού σιταριού ήταν 5 μήνες με θερμοκρασία εδάφους

μεγαλύτερη των 5°C –θερμοκρασία κατάλληλη που επιτρέπει στους οργανισμούς να «βοηθήσουν» στην αποδόμηση- (Κρομμύδας, 2005).

Το αντικείμενο της μελέτης ήταν η επίδραση της λίπανσης στην καλλιέργεια σκληρού σίτου με παρεμποδιστές ουρέασης στις αποδόσεις και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως στο βιολογικό κύκλο των φυτών, στη διακύμανση του βάρους των φυτών κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου, στο ποσοστό αζώτου στο φυτό κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου, στο ποσοστό πρωτεΐνης στο σπόρο, στο ξηρό βάρος των φυτών, στο βάρος χιλίων σπόρων, στο μήκος της ταξιανθίας με και χωρίς άγανα σε επτά διαφορετικούς τύπους λιπασμάτων (μάρτυρας, UREA 46, UTEC 46, UREA 40, UTEC 40, CAN 27, CAN 27+1A).

3.2 Διερεύνηση δεδομένων

3.2.1 Προσδιορισμός εδαφικών παραμέτρων

Έπειτα, από εδαφολογική ανάλυση προέκυψε πως το αγροτεμάχιο φέρει τα εξής φυσικοχημικά χαρακτηριστικά:

pH	7.84
EC	0.538 ms/cm
Οργανική ουσία	3,73% Ξ.Ο.
P	72.37 ppm
CaCO ₃	24.20%
K	380 ppm

3.2.2 Κλιματολογικές συνθήκες κατά την περίοδο του πειράματος

Με βάση τα στοιχεία από τον μετεωρολογικό σταθμό στην περιοχή της Κωπαΐδας, έγινε η περιγραφή του κλίματος της περιοχής έρευνας, όπου ο μετεωρολογικός σταθμός ανήκει στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και απέχει 25 χιλιόμετρα από τον πειραματικό αγρό.

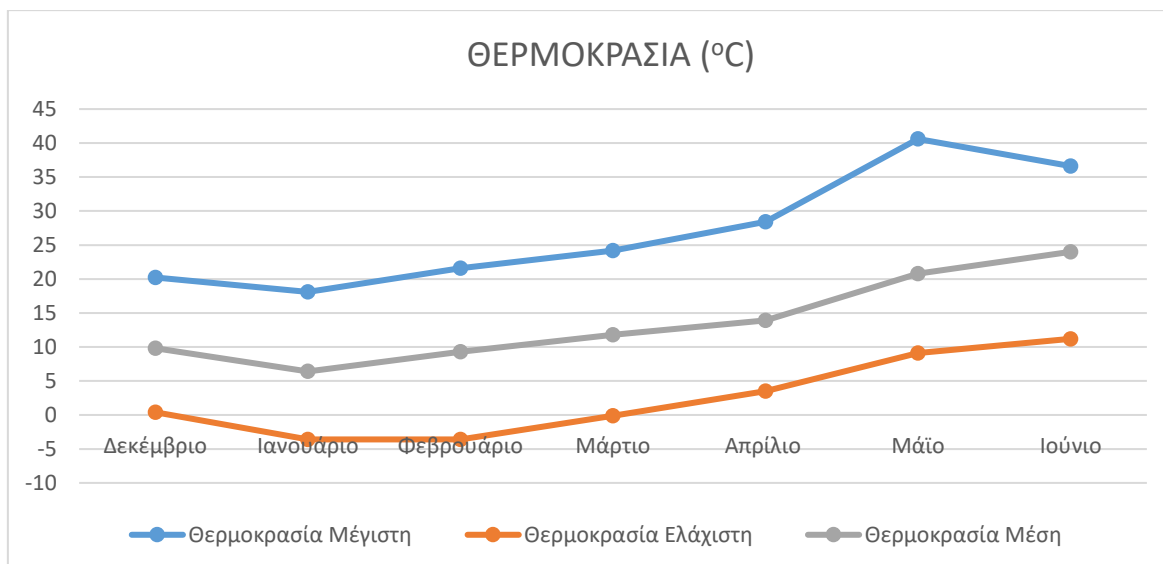
Κατά την περίοδο αυτή έγινε η συλλογή κάποιων μετεωρολογικών δεδομένων, από τον μετεωρολογικό σταθμό, για να γίνει έλεγχος περιβαλλοντικών συνθηκών του φυτρώματος και της ανάπτυξης των φυτών. Επίσης, επισημαίνεται η επίδραση της θερμοκρασίας και του ύψους βροχής.

Η θερμοκρασία του αέρα παίζει σημαντικό έως και καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη κάθε φυτικού οργανισμού, πρέπει να καλύπτει ένα εύρος τιμών, που είναι συνάρτηση του

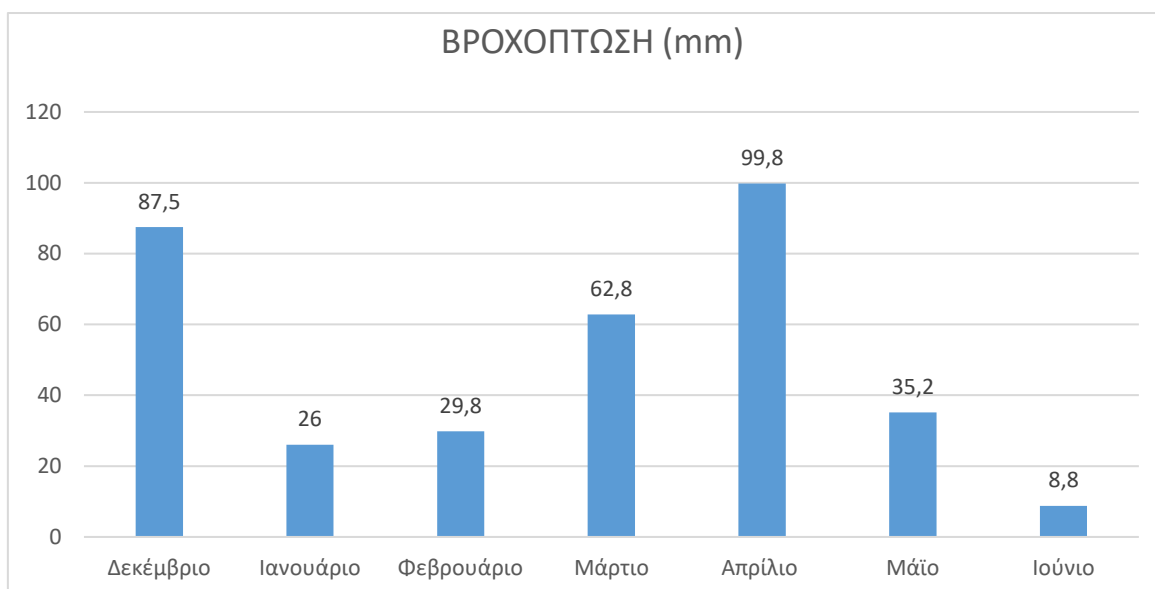
φυτικού είδους με την θερμοκρασία, έτσι ώστε ο φυτικός οργανισμός να φτάσει στην μέγιστη ανάπτυξη σύμφωνα με το γονότυπό του. Οι άριστες αλλά και οι ακραίες τιμές θερμοκρασίας του αέρα αποτελούν το εύρος των τιμών για τα διάφορα φαινολογικά στάδια στο κάθε φυτικό είδος. Ανάλογα το φυτικό είδος οι θερμοκρασίες ποικίλουν σημαντικά τόσο μεταξύ αυτοφυών και καλλιεργούμενων φυτικών ειδών όσο και μεταξύ των καλλιεργούμενων φυτών, ενώ η διαφοροποίηση των απαιτήσεων, σε θερμοκρασία φαινολογικού σταδίου μειώνεται σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών του ίδιου φυτικού είδους. Ευρεία είναι τα όρια των άριστων θερμοκρασιών για την επίτευξη της καλύτερης ποιότητας των βιολογικών δραστηριοτήτων των φυτών, όπου τα όρια εξαρτώνται σημαντικά από την γεωγραφική εξάπλωση του φυτού (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας, 2010).

Η καταγραφή των βροχοπτώσεων αποτελεί σημαντικό εργαλείο στα χέρια των παραγωγών. Μέσω των βροχοπτώσεων γίνεται ο εμπλουτισμός του εδάφους με νερό και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία της καλλιέργειας. Ιδιαίτερη σημασία έχει, να γνωρίζει ο παραγωγός τις απαιτήσεις των φυτών σε εδαφικό νερό σε συνάρτηση με στάδιο ανάπτυξής τους. Επιπροσθέτως, οι βροχοπτώσεις ανάλογα με την εποχή του έτους αλλά και με το φαινολογικό στάδιο ανάπτυξης, στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργεια, μπορούν να αποβούν και καταστροφικές π.χ. αποξύρανση καρπών λόγω απωλειών χυμού (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας, 2010).

Στα διαγράμματα που ακολουθούν απεικονίζεται η διακύμανση της μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας ανα μήνα (διάγραμμα 3.2.2.1) και του ύψους βροχής σε mm (διάγραμμα 3.2.2.2), κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Η συνολική βροχόπτωση από τον Δεκέμβριο 2019 έως τον Ιούνιο 2020 απεικονίζεται στα παρακάτω διαγράμματα:



Διάγραμμα 3.2.2.1: Απεικόνιση διακύμανσης θερμοκρασίας (πηγή: meteofarm.gr)



Διάγραμμα 3.2.2.2: Απεικόνιση μηνιαίας βροχόπτωσης για την καλλιεργητική περίοδο (πηγή: meteofarm.gr).

Μήνας		Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Σύνολο
Βροχόπτωση		87,5	26	29,8	62,8	99,8	35,2	8,8	349,9
Θερμοκρασία	Μέση	9,8	6,4	9,3	11,8	13,9	20,8	24	
	Μέγιστη	20,2	18,1	21,6	24,2	28,4	40,6	36,6	
	Ελάχιστη	0,4	-3,6	-3,6	-0,1	3,5	9,1	11,2	

Πίνακας 3.2.2.3: Μ.Ο. βροχοπτώσεων (mm) και θερμοκρασιών (°C), μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία ανά μήνα κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

3.2.3 Φυτικό υλικό

Η ποικιλία του σπόρου που χρησιμοποιήθηκε ήταν Simeto. Τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ποικιλίας είναι τα εξής:

Φυτικό είδος	<i>Triticum durum</i> , Poaceae	
Όνομα ποικιλίας	Simeto	
Χαρακτηριστικά ποικιλίας	Γενεαλογία :	Capeti8 X Valnova
	Ιδιοκτησία :	Greenco agribusiness
Χαρακτηριστικά φυτού	Εποχή ξεσταχυάσματος :	Μέση
	Πρωιμότητα:	Πρώιμη
	Αδέλφωμα	Μέτριο
	Ύψος Φυτού :	Μέτριο (80-85 cm)
	Στάχης:	Επιμήκης, μέτριο
	Χρώμα αγάνων :	Μαύρο
	Δυναμικό παραγωγής :	Πολύ υψηλό
	Λίπανση:	Μέχρι 16 μονάδες N
Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρου	Βάρος 1000 σπόρων :	36-39 γρ
	Σπόρος:	Επιμήκης, μεγάλος
	Περιεκτικότητα πρωτεΐνης :	Μέση- υψηλή (14- 14,8%)
	Ποιότητα γλουτένης :	Καλή
Αντοχή σε ασθένειες- συνθήκες	Σκωριάσεις, σελτόρια, ωίδιο: Μέτρια	
	Κρύο, πλάγιασμα : Πολύ καλή	
	Αντοχή σε ξηροθερμικές συνθήκες: μεγάλη	

Πίνακας 3.2.3: Χαρακτηριστικά ποικιλίας σκληρού σιταριού
(πηγή: <https://www.greenco.gr/simeto.htm>).



Εικόνα 3.2.3.1: Ο σάχχης της ποικιλίας Simeto.



Εικόνα 3.2.3.2: Ο σπόρος στην σπαρτική μηχανή.

3.3 Μεταχειρίσεις και πειραματικό σχέδιο

Αναλυτικά, τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε αγροτεμάχιο ήταν τα εξής:

- Το λίπασμα **ENTECH Base 20-20-0** χρησιμοποιήθηκε για βασική λίπανση και περιέχει 20 μονάδες αζώτου και 20 μονάδες φωσφόρου. Το συγκεκριμένο λίπασμα χαρακτηρίζεται από υψηλής ποιότητας κοκκοποίηση και άριστη κοκκομετρία ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής αποθήκευσή του αλλά και η ομοιόμορφη διασπορά του κατά την λίπανση. Ανήκει στην κατηγορία των NP λιπασμάτων που συνδυάζουν εξαιρετικά τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας ENTECH με το φώσφορο, στοιχείο που δυσκολεύονται να προσλάβουν τα φυτά, λόγω της ισχυρής δέσμευσης και της αδρανοποίησής του στο εδάφος.



Εικόνα 3.3.1: Εμπορική συσκευασία του ENTECH 20-20-0.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου λιπάσματος είναι:

- Εξοικονόμηση και μείωση του κόστους εργασίας μέσω του μειωμένου αριθμού εφαρμογών.
- Καλύτερη εκμετάλλευση του αζώτου λόγω ελάττωσης της απορροής του προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους.
- Βελτίωση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος και υψηλή ποιότητα διασποράς.
- Συμβάλλει στην καλύτερη εγκατάσταση της καλλιέργειας στα αρχικά στάδια ανάπτυξης και αποτελεί αναντικατάστατο εργαλείο για τη βασική λίπανση των χειμερινών και ανοιξιάτικων σιτηρών (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι) και των βιομηχανικών φυτών (βαμβάκι, ηλίανθος) αυξάνοντας καθοριστικά την παραγωγή.
- Ιδανικό τόσο για βασική όσο και για επιφανειακή λίπανση, ειδικά σε εδάφη φτωχά σε φώσφορο.

Για επιφανειακές λιπάνσεις χρησιμοποιήθηκαν τα λιπάσματα:

- **UREA 46 ή κοκκοποιημένη ουρία:** έχει την υψηλότερη συγκέντρωση θρεπτικών ουσιών με περιεκτικότητα αζώτου 46% σε σχέση με άλλα λιπάσματα αζώτου. Το άζωτο υπάρχει με τη μορφή αζώτου καρβαμιδίου. Μέσα από διεργασίες μετασχηματισμού στο έδαφος, το άζωτο μετατρέπεται μέσα σε λίγες μέρες πρώτα σε αμμώνιο και στη συνέχεια, σε μια δεύτερη διαδικασία μετασχηματισμού, μετατρέπεται σε νιτρικά. Το λίπασμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις γεωργικές καλλιέργειες με οποιαδήποτε ημερομηνία εφαρμογής.



Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου λίπασματος είναι:

- Ομοιογενείς, καθαροί λευκοί κόκκοι
- Συνεπής υψηλή ποιότητα και συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών
- Καθολικά εφαρμόσιμο, κατάλληλο για όλες τις γεωργικές και κηπευτικές καλλιέργειες
- Καλές ιδιότητες μεταφοράς και αποθήκευσης: ελεύθερη ροή χάρη στην επιφανειακή βελτίωση, χωρίς σκόνη
- Καλή συμπεριφορά διάδοσης στον αγρό χάρη σε ένα ισορροπημένο εύρος μεγέθους κόκκων
- Η εκλεπτυσμένη επιφάνεια αποτρέπει το σχηματισμό σβόλων.

Εικόνα 3.3.2: Εμπορική συσκευασία του λιπάσματος UREA 46 N.

- **UTEC 46:** Το UTEC 46 είναι ένα σταθεροποιημένο λίπασμα σχεδιασμένο να προάγει τις αποδόσεις των καλλιεργειών μειώνοντας σημαντικά τις απώλειες αζώτου στην ουρία. Το UTEC 46 περιέχει έναν αναστολέα ουρεάσης, ο οποίος επιβραδύνει τη μετατροπή της ουρίας σε αμμώνιο. Το αποτέλεσμα είναι οι καλύτερες αποδόσεις, χάρη στην υψηλότερη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών για πρόσληψη και ανάπτυξη φυτών, σε συνδυασμό με χαμηλότερες εκπομπές NH_3 . Περιέχει ουρία με αναστολέα ουρεάσης N-(n-βουτυλ)θειοφωσφορικό τριαμίδιο (NBPT) 46, για την βέλτιστη εκμετάλλευση



Εικόνα 3.3.3: Εμπορική συσκευασία του λιπάσματος UTEC 46 N.

αζώτου. Με σύνθεση ολικού αζώτου ουρικό $\text{NH}_2\text{-N}$ 46,0% Το UTEC 46 είναι λίπασμα ουρίας, που περιέχει αναστολέα ουρεάσης. Η ουρία που εφαρμόζεται στην καλλιέργεια έχει τις υψηλότερες απώλειες αμμωνίας από κάθε άλλο κοινό λίπασμα. Τα λιπάσματα UTEC 46 μειώνουν σημαντικά τις απώλειες αζώτου, εξασφαλίζοντας τη σωστή θρέψη του φυτού, παρέχοντας ταυτόχρονα ευελιξία στην εφαρμογή του λιπάσματος.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου λιπάσματος είναι:

- Νέα γενιά λιπασμάτων ουρίας
 - Μειωμένη εξάχνωση, υψηλότερη απόδοση της καλλιέργειας
 - Εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα του αζώτου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
 - Ευελιξία στην εφαρμογή
 - Φιλική προς το περιβάλλον χρήση της ουρίας
 - Διαθέσιμο σε σακιά των 25Kg και μεγαλύτερους σάκους
 - Αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας κατά 5% όταν χρησιμοποιήθηκε UTEC 46 σε σχέση με την απλή ουρία
 - Η αποτελεσματικότητα χρήσης του αζώτου, αυξήθηκε κατά 12% όταν χρησιμοποιήθηκε UTEC 46 σε σχέση με την απλή ουρία.
 - Η χρήση UTEC 46 μείωσε τις απώλειες αέριας αμμωνίας κατά 75% σε σχέση με την απλή ουρία.
- **UTEC 40:** Λίπασμα ουρίας με αναστολέα ουρεάσης, για βέλτιστη εκμετάλλευση του αζώτου. Η ουρία που εφαρμόζεται στην καλλιέργεια έχει τις υψηλότερες απώλειες αμμωνίας από κάθε άλλο κοινό λίπασμα. Τα λιπάσματα UTEC 40 μειώνουν σημαντικά τις απώλειες αζώτου, εξασφαλίζοντας τη σωστή θρέψη του φυτού, παρέχοντας ταυτόχρονα ευελιξία στην εφαρμογή του λιπάσματος. Η σύνθεση του λιπάσματος αποτελείται από ουρικό $\text{NH}_2\text{-N}$ 35,1% και από αμμωνιακό $\text{NH}_4\text{-N}$ 4,9%, καθώς και από ολικό θείο διαλυτό στο νερό 5,7%.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου λιπάσματος είναι:

- Νέα γενιά λιπασμάτων ουρίας
- Μειωμένη εξάχνωση, υψηλότερη απόδοση της καλλιέργειας



Εικόνα 3.3.4: Εμπορική συσκευασία του λιπάσματος UTEC 40 N.

- Εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα του αζώτου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
 - Ευελιξία στην εφαρμογή
 - Φιλική προς το περιβάλλον χρήση της ουρίας
 - Περιέχει Θείο (5,7%)
 - Διαθέσιμο σε σακιά των 40Kg και μεγαλύτερους σάκους.
- **CAN 27 (νιτρικό αμμώνιο ασβεστίου):** χαρακτηρίζεται ως λίπασμα με υψηλή απόδοση. Το νιτρικό αμμώνιο ασβεστίου (CAN), στο κοκκοποιημένο λίπασμα αζώτου, εγγυάται την ασφαλή παροχή φυτών με άζωτο. Ο συνδυασμός του αμμωνιακού και του νιτρικού αζώτου καθιστά το CAN ευρέως διαδεδομένο σε σύγκριση με άλλα λιπάσματα. Η εξαιρετική κοκκοποίηση και η ειδική επιφανειακή επίστρωση εγγυώνται ότι μπορεί να αποθηκευτεί βέλτιστα και έχει πολύ καλές ιδιότητες διασποράς με πλάτος άνω των 40 m. Η σύνθεση του αποτελείται από νιτρικό άζωτο $\text{NO}_3\text{-N}$ σε ποσοστό 13,5% και αμμωνιακό άζωτο $\text{NH}_4\text{-N}$ σε 13,5% αλλά και οξείδιο ασβεστίου CaO με ποσοστό 12,0%.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου λιπάσματος είναι:

- Γρήγορη και βασισμένη στις ανάγκες διατροφή των φυτών με νιτρικό άζωτο και άζωτο αμμωνίου
 - Μειώνει την ανάγκη για ασβέστη
 - Κοκκοποιημένη σε δοκιμασμένη ποιότητα για ασφαλή αποθήκευση
 - Ο συνδυασμός 50% αμμωνίου-αζώτου και 50% νιτρικού-αζώτου καθιστά το CAN ένα κατάλληλο λίπασμα για όλες τις καλλιέργειες
 - Ισορροπημένη σειρά μεγεθών κόκκων και υψηλό ειδικό βάρος για ασφαλή, ομοιόμορφη κατανομή σε πλάτος διάδοσης 40 μέτρων
 - Στοχευμένη διαχείριση αποθέματος μέσω διαχωρισμένων εφαρμογών λιπασμάτων.
- **CAN 27+1A ΚΑΙ UREA 40:** Τα συγκεκριμένα λιπάσματα αποτέλεσαν μέρος της έρευνα τους πειράματος για να ταυτοποιηθούν τα οφέλη που προσδίδουν στην ανάπτυξη της καλλιέργειας με απώτερο σκοπό την αύξηση της παραγωγής και κατά συνέπεια το κέδος του παραγωγού. Αποτέλεσαν πειραματικά σκευάσματα και για το λόγο αυτό δεν φέρουν εμπορική συσκευασία.



Εικόνα 3.3.5: Εμπορική συσκευασία του λιπάσματος CAN 27N.

Στο συγκεκριμένο πείραμα το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν αυτό των πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων (ΤΠΟ). Το πειραματικό αυτό σχέδιο χρησιμοποιείται εκτεταμένα στο γεωργικό πειραματισμό. Κύριος σκοπός του σχεδίου αυτού είναι η τοποθέτηση των επεμβάσεων κατά ομάδες, έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η παραλλακτικότητα μεταξύ των ομάδων και να ελαχιστοποιείται η παραλλακτικότητα μέσα σε αυτές (block).

Τα πλεονεκτήματα από το πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο ομάδων είναι η πιθανή μείωση του πειραματικού σφάλματος εάν η ομαδοποίηση είναι επιτυχής και η αύξηση της ευαισθησίας του πειράματος, η αύξηση του κύκλου εφαρμογών των αποτελεσμάτων όταν οι διάφορες ομάδες τοποθετούνται σε διαφορετικές τοποθεσίες σε διαφορετικές τοποθεσίες και η ανάλυση είναι σχετικά απλή.

Στο πειραματικό σχέδιο της συγκεκριμένης έρευνας χρησιμοποιήθηκαν 4 ομάδες (block)/επαναλήψεις. Η κάθε μία ομάδα περιείχε την επέμβαση, τα διάφορα επίπεδα λίπανσης. Κάθε επίπεδο λίπανσης (επέμβαση) είχε την ίδια πιθανότητα να καταλάβει ένα πειραματικό τεμάχιο μέσα σε μία ομάδα. Η τυχαιοποίηση έγινε ξεχωριστά μέσα σε κάθε ομάδα.

Ο πειραματικός αγρός χωρίστηκε σε 4 επαναλήψεις με 7 μεταχειρήσεις η κάθε επανάληψη, συνολικού πλάτους 26m μήκους 42m, με συνολικό εμβαδό 1092m², με μικρά πασαλάκια. Η κάθε ομάδα χωρίστηκε σε 7 τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν οι επεμβάσεις (επίπεδα λίπανσης) με διαστάσεις μήκους 5m και πλάτους 6m. Στον αγρό δεν είχε γίνει η τοποθέτηση σταλακτήρων, έτσι τα επίπεδα εφαιδικής υγρασίας ήταν ομοιόμορφα. Διαμορφώθηκαν 28 επεμβάσεις με έκταση 30 m² έκαστη.

	Treatments						
4. Replication	UREA 40	CAN 27+1A	CONTROL	UTEC 46	CAN 27	UREA 46	UTEC 40
3. Replication	UREA 46	CAN 27	UREA 40	UTEC 40	CAN 27+1A	CONTROL	UTEC 46
2. Replication	UTEC 46	UTEC 40	CAN 27+1A	CONTROL	UREA 46	UREA 40	CAN 27
1. Replication	CONTROL	UREA 46	UTEC 46	UREA 40	UTEC 40	CAN 27	CAN 27+1A

Εικόνα 3.3: Απεικόνιση πειραματικού σχεδίου των 28 διαφορετικών επεμβάσεων.

3.4 Καλλιεργητικές φροντίδες και ημερομηνίες εφαρμογής τους κατά τη διάρκεια του πειράματος.

3.4.1 Πριν από την σπορά

Η κατεργασία του εδάφους έγινε πριν την σπορά με μηχανήματα του παραγωγού. Τα οποία ήταν:

- Καλλιεργητής

Χρησιμοποιείται για να γίνει η πρωτογενής κατεργασία. Η πρωτογενής κατεργασία γίνεται αμέσως μετά την προηγούμενη καλλιέργεια και κύριο στόχο έχει να επαναδιαμορφώσει το πορώδες του εδάφους. Η χρήση του καλλιεργητή γίνεται για αναμόχλευση του εδάφους χωρίς όμως να γίνεται η αναστροφή του και αυτό επιτυγχάνεται μέσω του μικρού ινίος που βρίσκεται στο μπροστινό μέρος των κατακόρυφων στελεχών.

Πολλές φορές κρίνεται σκόπιμη η ισοπέδωση, μικρής κλίμακας αγροτεμαχίων από την δημιουργία μεγάλων ανωμαλιών που πραγματοποιούνται από την μετακίνηση βαρέων μηχανημάτων μέσα στα χωράφια στα πλαίσια χρήσης μίας άλλης καλλιεργητικής εργασίας.

- Δισκοσβάρνα

Χρησιμοποιείται κατά την δευτερογενή κατεργασία, δηλαδή για την κατεργασία που πραγματοποιεί ο παραγωγός για να προετοιμάσει το σχηματισμό της σποροκλίνης. Με την χρήση της δισκοσβάρνας επιτυγχάνεται η ισοπέδωση της επιφάνειας του χωραφιού, καταστροφή όλων των φυτών συμπεριλαμβανομένου και των ζιζανίων, ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων και των λιπασμάτων, αύξηση της ζώνης της ριζόσφαιρας, ταχύτερη αφομοίωση του νερού των βροχοπτώσεων, αποκατάσταση της συνοχής των αγροτεμαχιδίων μέσω της συμπίεσης του κατώτερου τμήματος της αρόσιμης ζώνης της σποροκλίνης σε βάθος 5-10 cm (Γέμτος, Μπουραζάνης, Φουντάς, 2009).

B) Λίπανση: πραγματοποιήθηκε βασική λίπανση με 22,5 kg N/ ha.

3.4.2 Σπορά (ημερομηνία και ποσότητα σπόρων)

Προκειμένου να επιτευχθεί η εξασφάλιση της ομοιομορφίας στις αποστάσεις επί της γραμμής και στο βάθος σποράς χρησιμοποιήθηκε σπαρτική μηχανή.

Πίνακας 3.4.2: Ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιήθηκε σε kg/ στρ.

Φυτικό είδος	Ποσότητα σποράς
<i>Triticum durum</i> , Poaceae (ποικιλία Simeto)	22 kg /στρέμμα

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 19/11/2019 σε όλη την έκταση του πειραματικού αγρού. Οι γραμμές φύτευσης ήταν 10 σε κάθε επέμβαση και χαρακτηρίστηκαν χειρωνακτικά. Οι αποστάσεις ανάμεσα στις γραμμές ήταν 15cm και επί των γραμμών ήταν 1-2cm.

3.4.3 Κατά την διάρκεια του πειράματος

Η μοναδική επέμβαση που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ήταν η λίπανση. Η επιφανειακή λίπανση έγινε στο στάδιο του καλαμώματος. Οι ποσότητες των λιπασμάτων που εφαρμόστηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

No.	Περιγραφή	Βασική λίπανση	Επιφανειακή λίπανση
		Προ βλάστηση	Καλάμωμα
		kg N/ha	kg N/ha
1	Control	225 ως 20-20-0	0
2	UREA 46	225 ως 20-20-0	250
3	UTEC 46	225 ως 20-20-0	250
4	UREA 40	225 ως 20-20-0	290
5	UTEC 40	225 ως 20-20-0	290
6	CAN 27	225 ως 20-20-0	430
7	CAN 27+IA	225 ως 20-20-0	430

Πίνακας 3.4.3: Οι ποσότητες λιπάσματος όπως προτάθηκαν από την εταιρεία Eurochem και εφαρμόστηκαν στον πειραματικό αγρό.

3.4.4 Συγκομιδή

Στις 19/06/2020 πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή των φυτών από την ερευνητική ομάδα του ΓΠΑ, για τις μετρήσεις και τις αναλύσεις στο εργαστήριο. Την επόμενη μέρα ο παραγωγός συγκόμισε την συνολική έκταση.



Εικόνα 3.4.4.1: Άποψη αγρού την ημέρα της συγκομιδής 213 ΗΑΣ (από το αρχείο του συγγραφέα).

3.5 Παρατηρήσεις και προσδιορισμοί

Οι παρατηρήσεις και οι προσδιορισμοί αφορούσαν αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά και ήταν ίδιες για όλες τις επεμβάσεις του πειραματικού αγρού και λήφθηκαν όσο το δυνατόν με την ίδια συχνότητα. Τελικός σκοπός του πειράματος ήταν η αξιολόγηση της απόδοσης κάθε επιπέδου λίπανσης όπου μετρήθηκε η ανάπτυξη και η αύξησή τους.

Η αύξηση των φυτών μπορεί να διαπιστωθεί με δύο τρόπους τον πολλαπλασιασμό και το μέγιστο των κυττάρων, τα οποία μπορούμε να μετρήσουμε με βάση το βάρος, το μήκος, την διάμετρο, τον όγκο, το νωπό βάρος, την ολική πρωτεΐνη, την ολική περιεκτικότητα διαλυτού αζώτου (DNS) ή μέσω μέτρησης του αριθμού των κυττάρων. Η πορεία της αύξησης μπορεί να παρασταθεί ως αθροιστική καμπύλη (σιγμοειδής καμπύλη) ή σε σχέση με το χρόνο όπου δημιουργείται απόλυτη καμπύλη με απόλυτα υψηλότερο σημείο). Η αύξηση δεν αποτελεί μία απλή συνάρτηση του χρόνου, αλλά εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως τα θρεπτικά στοιχεία, η θερμοκρασία κ.α.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- Ύψος φυτού – Height (cm)
- Νωπό βάρος φυτών - Aboveground Fresh Biomass (kg/ha)
- Ξηρό βάρος φυτών- Aboveground Dry Biomass (kg/ha)

- Περιεκτικότητα σε ολικό N (%)
- Απόδοση σε σπόρο- Grain Yield (kg/ha)
- Πρωτεΐνη σπόρων- Grain protein content (%)

Για το ύψος των φυτών λήφθηκε υπόψιν μόνο το υπέργειο τμήμα και συγκεκριμένα από το λαιμό έως το τελευταίο πλήρως ανεπτυγμένο φύλλο και στο στάδιο της καρποφορίας από το λαιμό έως την πλήρως ανεπτυγμένη ταξιανθία. Ο αριθμός των αδελφιών υπολογίστηκε με βάση τα αδέρφια που συγκομίστηκαν κατά τις ημέρες της δειγματοληψίας. Το νωπό βάρος φυτών προέκυψε έπειτα από ζύγιση με ζυγαριά ακριβείας λαμβάνοντας υπόψιν δύο δεκαδικά ψηφία. Το ξηρό βάρος προσδιορίστηκε σταθμικά, μετά από ξήρανση σε κλίβανο στους 65°C για 48 ώρες καθόλα τα στάδια ανάπτυξης των φυτών. Κατά την διάρκεια της ξήρανσης επήλθε η απώλεια του βάρους του δείγματος, η οποία εκφράζει την ποσότητα του νερού που περιείχε και η αναγωγή της τοις εκατό (%) εκφράζει την περιεκτικότητα σε νερό. Δηλαδή:

$$\frac{B1 - B2}{B1} \times 100 = \% \text{ υγρασία}$$

Όπου, B1: αρχικό βάρος δείγματος B2: Τελικό βάρος δείγματος.

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του ολικού αζώτου κατά το βιολογικό κύκλο των φυτών πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις περιεκτικότητας σε άζωτο. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν Kjeldahl. Ο σκοπός της μεθόδου αυτής ήταν να γίνει η αποσύνθεση του δείγματος ώστε να απελευθερωθεί το άζωτο. Η κατάλληλη ποσότητα για την προετοιμασία του δείγματος ήταν περίπου 0,5 για φυτικό ιστό όπου καθένα από αυτά υποβάλλονται σε υγρή καύση με πυκνό θειικό οξύ με την παρουσία θειϊκού καλίου και θειϊκού χαλκού. Η χημική αποσύνθεση τερματίζεται όταν το χρώμα μέσα στην φιάλη Kjeldahl από σκούρο καφέ γίνεται διαυγές πράσινο. Το οργανικό άζωτο που είναι δεσμευμένο μετατρέπεται σε αμμωνία η οποία δεσμεύεται από το οξύ που βρίσκεται σε περίσσεια ποσότητα. Στη συνέχεια, το μείγμα που προκύπτει αφήνεται να ψυχθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και μόλις συμβεί αυτό προσθέτουμε ορισμένη ποσότητα από πυκνό διάλυμα καυστικού νατρίου, με αυτό τον τρόπο απελευθερώνεται η αμμωνία που βρίσκονταν δεσμευμένη, και απομακρύνεται όντας δεσμευμένη σε καθορισμένο όγκο πρότυπου διαλύματος οξέος με την μορφή υδρατμών. Η περίσσεια του οξέος προσδιορίζεται αλκαλιμετρικώς και τελικά από την ποσότητα της αμμωνίας, υπολογίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα του δείγματος σε οργανικό άζωτο.

Για τον υπολογισμό του % αζώτου που υπάρχει στο δείγμα εφαρμόστηκε ο παρακάτω τύπος:

$$N(\%) = \frac{(\alpha - \beta) * 0,05 * 14 * 100}{B * 1000}$$

Όπου:

α: τα ml του υδροχλωρικού οξέος που καταναλώθηκαν κατά την τιτλοδότηση του δείγματος.

β: τα ml του υδροχλωρικού οξέος που καταναλώθηκαν κατά την τιτλοδότηση του μάρτυρα (λευκός προσδιορισμός).

B: το βάρος του αρχικού δείγματος.

Η απόδοση της καλλιέργειας υπολογίστηκε με τη συνήθη μέθοδο για το σκληρό σιτάρι, μετά από τη συγκομιδή όλων των τεμαχίων του πειραματικού αγρού, έγινε ξεχωριστή ζύγιση κάθε τεμαχίου και οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν kg/στρ.

Οι σπόροι που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των πρωτεϊνών προήλθαν από αλωνισμό. Έπειτα, αλέστηκαν σε ηλεκτρικό μύλο και πάρθηκε αλεύρι. Όπου το αλεύρι χρησιμοποιήθηκε στην μέθοδο Kjeldahl για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η ίδια με εκείνη του προσδιορισμού του ολικού αζώτου σε φυτικά δείγματα.

3.6 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα Statgraphics Centurion XVII Version statistical software (Statpoint Technologies Inc., The plains, VA, USA). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για τα δεδομένα του πειράματος και οι συγκρίσεις των μέσων όρων για στατιστικά σημαντικές διαφορές πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο LSD (Least Significant Difference). Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές εκτιμήθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($p < 0,05$).

3.7 Άποψη αγρού κατά τις ημέρες μετά την σπορά

3.7.1 Άποψη του αγρού στις 15 ΗΑΣ



Εικόνα 3.7.1.1: Η άποψη της καλλιέργειας στις 15 ΗΑΣ.



Εικόνα 3.7.1.2: Η άποψη της καλλιέργειας στις 15 ΗΑΣ.

3.7.2 Άποψη αγρού στις 69 ΗΑΣ



Εικόνα 3.7.2: Η άποψη της καλλιέργειας στις 69 ΗΑΣ.

3.7.3 Άποψη αγρού στις 108 ΗΑΣ



Εικόνα 3.7.3.1: Η άποψη της καλλιέργειας στις 108 ΗΑΣ.



Εικόνα 3.7.3.2: Η άποψη της καλλιέργειας στις 108 ΗΑΣ.

3.7.4 Άποψη αγρού κατά την ημέρα της συγκομιδής 213 ΗΑΣ



Εικόνα 3.7.4.1: Η άποψη της καλλιέργειας στις 213 ΗΑΣ.



Εικόνα 3.7.4.2: Η άποψη της καλλιέργειας στις 213 ΗΑΣ.

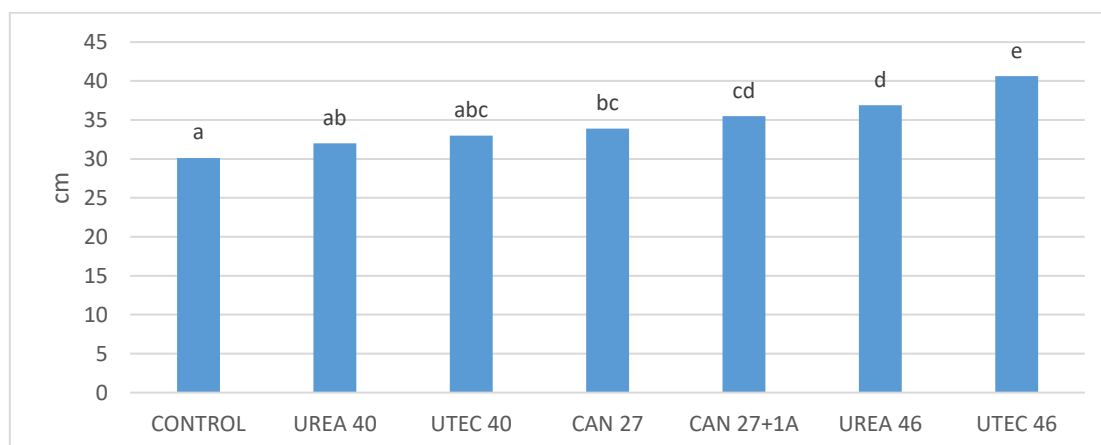
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Φαινολογία

4.1.1 Ύψος φυτών

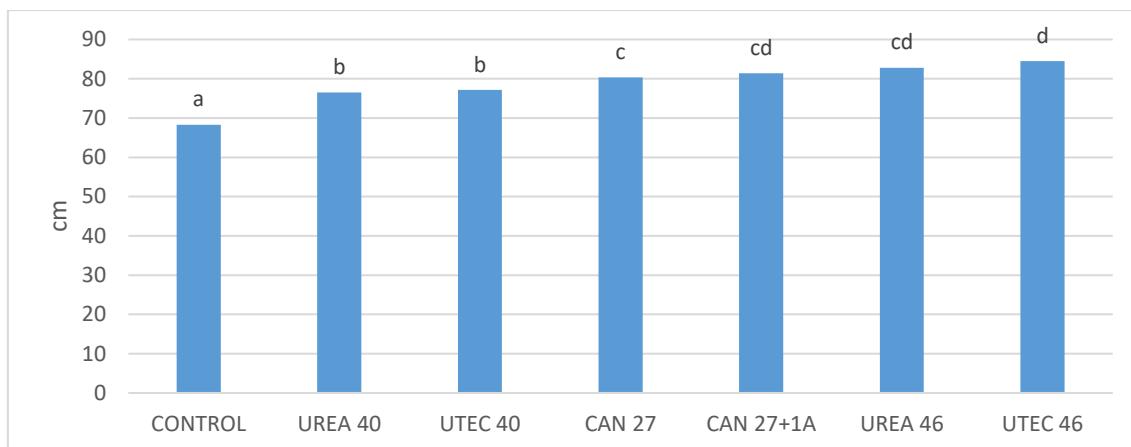
Το ύψος της καλλιέργειας υπολογίστηκε για κάθε μεταχείριση ξεχωριστά και αφορούσε τις δειγματοληψίες 108, 161 και 183 ημέρες από τη σπορά. Οι συγκεκριμένες ημέρες δειγματοληψίας επιλέχθηκαν έτσι ώστε να λάβουμε σαφή εικόνα της πορείας ανάπτυξης των φυτών στα πρώτα στάδια ανάπτυξης όπου θα φανούν και οι επιδράσεις της λίπανσης (108 ΗΑΣ), σε μεγαλύτερο στάδιο ανάπτυξης (161 ΗΑΣ) και στην έναρξη της καρπόδεσης (183 ΗΑΣ). Η ανάλυση διακύμανσης ANOVA έδειξε ότι ανάμεσα στις επαναλήψεις της κάθε μεταχείρισης υπήρχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, κάτι το οποίο αναδεικνύει τη παραλλακτικότητα του πειράματος σε επίπεδο αγρού.

Τα φυτά 108 ΗΑΣ παρουσίασαν μία διακύμανση στο ύψος 30-40 cm. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική ($Pvalue < 0.05$) και οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική διαφορές (Γράφημα 1).



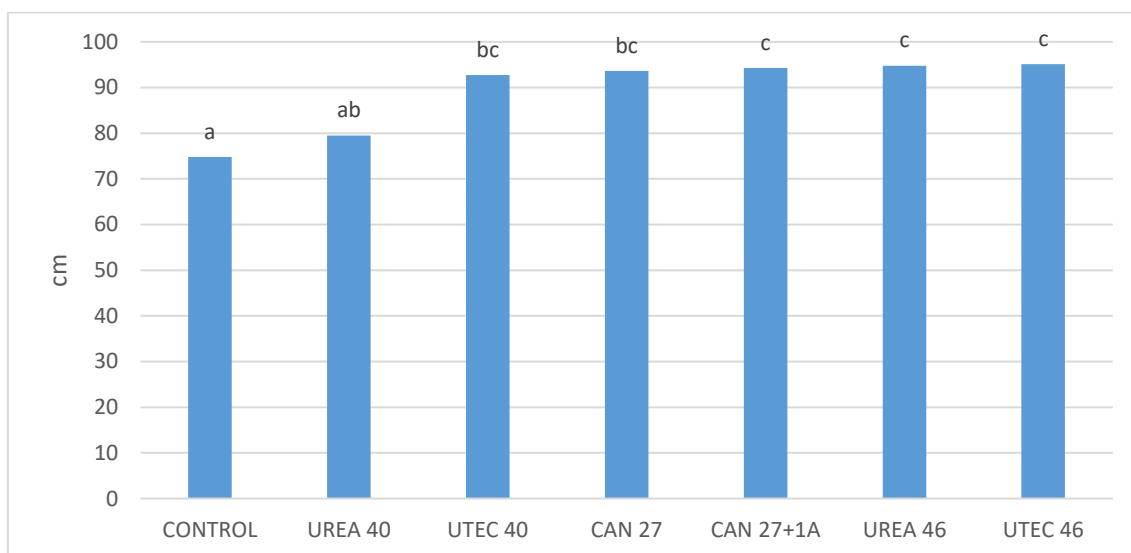
Γράφημα 1: Μ.Ο. ύψους φυτών 108 ΗΑΣ

Παρομοίως, όταν το ύψος μετρήθηκε σε φυτά μεγαλύτερου σταδίου ανάπτυξης (161 ΗΑΣ) παρουσιάστηκε ισχυρή επίδραση της λίπανσης ($Pvalue < 0.05$) για αυτή τη παράμετρο. Οι μεταχειρίσεις UREA 40 και UTEC 40 δεν είχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, ενώ το μέσο ύψος τους (76-77 cm) ήταν αισθητά μικρότερο από το μέσο ύψος των φυτών των υπόλοιπων μεταχειρίσεων (82-85 cm). Οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις παρουσίασαν το μεγαλύτερο μέσο ύψος (80-84,5 cm) με τα φυτά της μεταχείρισης UTEC 46 να εμφανίζουν το μεγαλύτερο ύψος 161 ΗΑΣ.



Γράφημα 2: *M.O. ύψους φυτών 161 ΗΑΣ*

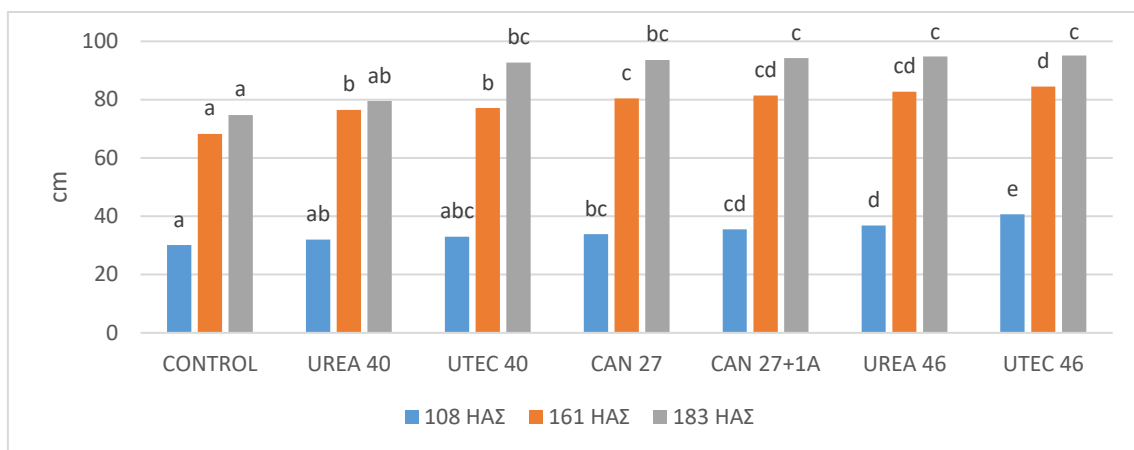
Το ίδιο μοτίβο εμφανίστηκε και στη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε 183 ΗΑΣ όταν η καλλιέργεια είχε φτάσει στο μέγιστο της βλαστητικής της ανάπτυξης (Γράφημα 3). Η διακύμανση του ύψους ήταν μεγάλη ανάμεσα στις μεταχειρίσεις (74-95 cm), με τον μάρτυρα να εμφανίζει το μικρότερο μέσο ύψος. Η μεταχείριση UTEC 46 έδειξε σε συμφωνία με την μέτρηση στις 161 ΗΑΣ να αποκτά παραπλήσιο ύψος με τις άλλες μεταχειρίσεις όπου εφαρμόστηκαν ειδικές λιπάνσεις, διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά μόνο με τη μεταχείριση UREA 40. Και σε αυτή τη δειγματοληψία το μέγιστο ύψος επιτεύχθηκε από τη μεταχείριση UTEC 46.



Γράφημα 3: *M.O. ύψους φυτών 183 ΗΑΣ*

Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται λεπτομερής καταγραφή του ύψους των φυτών 108, 161 και 183 ΗΑΣ για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Είναι ευκρινές ότι η διαφορετική επιφανειακή λίπανση επηρεάζει το μέγιστο ύψος που θα φτάσει η καλλιέργεια του

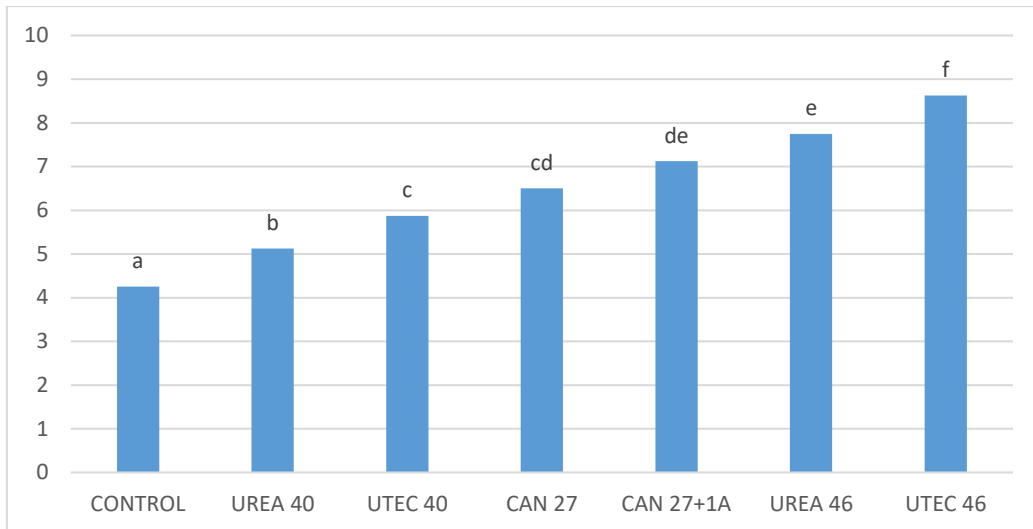
χειμερινού σιταριού με τις μεταχειρίσεις να παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους κυρίως 161 ΗΑΣ, οι οποίες παρέμειναν στις 183 ΗΑΣ. Συνολικά, ο παράγοντας μεταχείριση παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική επίδραση στον παράγοντα ύψος των φυτών ($P_{\text{value}}=0.00$), ενώ η αλληλεπίδραση της μεταχείρισης με την ημέρα δειγματοληψίας παρουσίασε και αυτή στατιστικώς σημαντική επίδραση στον παράγοντα ύψος ($P_{\text{value}}=0.00$). Η επανάληψη κάθε μεταχείρισης δεν είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στο ύψος των φυτών ($P_{\text{value}}=0.0749$). Συνολικά για το παράγοντα ύψος των φυτών η μεταχείριση UTEC 46 διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το μάρτυρα και από τις λιγότερο αποτελεσματικές μεταχειρίσεις με τις επιφανειακές λιπάνσεις UREA 40 και UTEC 40.



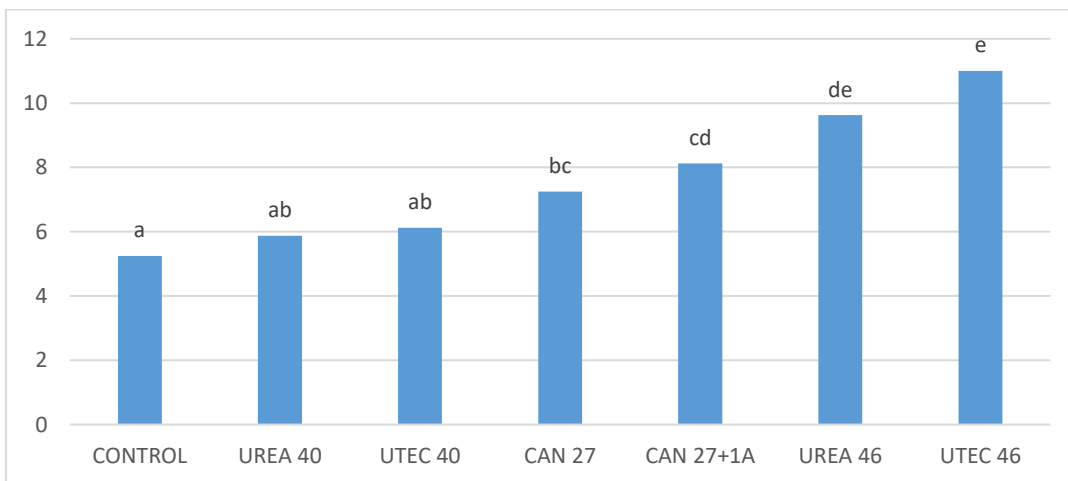
Γράφημα 4: Μ.Ο. ύψους φυτών στη πορεία του χρόνου.

4.1.2 Αριθμός φύλλων

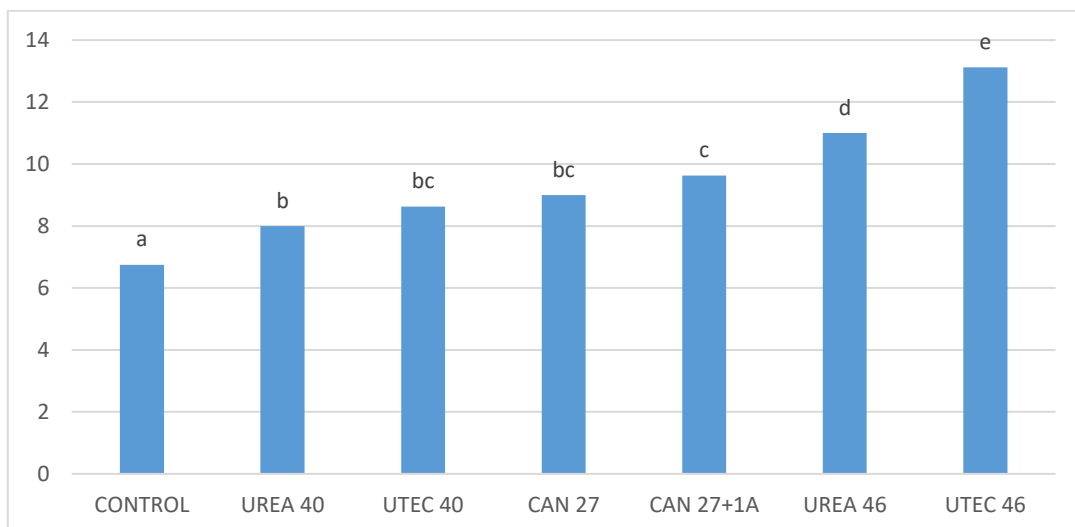
Για όλες τις ημέρες δειγματοληψίας ο παράγοντας μεταχείριση είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στο μέγιστο αριθμό φύλλων των φυτών ($P_{\text{value}} < 0.05$). Στις 108 ΗΑΣ (Γράφημα 5) η μεταχείριση UTEC 46 εμφάνισε το υψηλότερο μέσο όρο φύλλων, δείχνοντας ότι η συγκεκριμένη επιφανειακή λίπανση επίδρασε σημαντικά στην αύξηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών. Παρόμοια εικόνα εμφανίστηκε και στις δειγματοληψίες 161 και 183 ΗΑΣ (Γράφημα 6&7).



Γράφημα 5: Μ.Ο. αριθμού φύλλων 108 ΗΑΣ

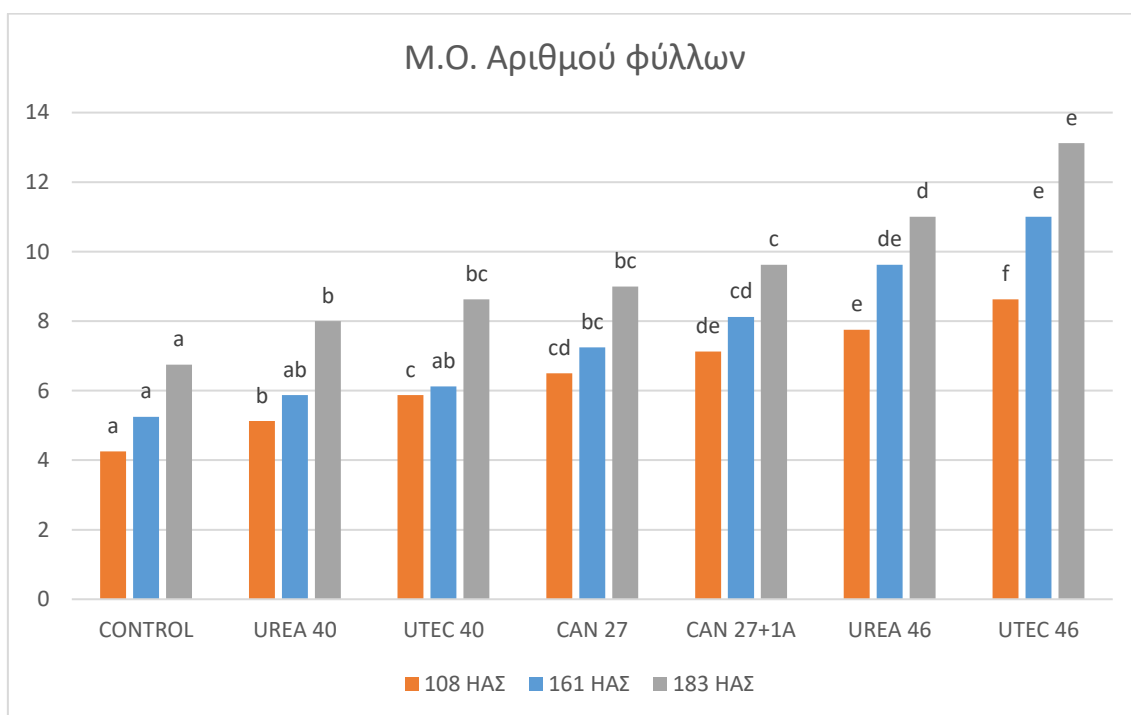


Γράφημα 6: Μ.Ο. αριθμού φύλλων 161 ΗΑΣ



Γράφημα 7: Μ.Ο. αριθμού φύλλων 183 ΗΑΣ.

Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται λεπτομερής καταγραφή του αριθμού των φύλλων φυτών στις 108, 161 και 183 ΗΑΣ για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Είναι ευκρινές ότι η διαφορετική επιφανειακή λίπανση επηρεάζει τον αριθμό των φύλλων που θα αναπτύξει η καλλιέργεια του χειμερινού σιταριού με τις μεταχειρίσεις να παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους κυρίως 161 ΗΑΣ, οι οποίες παρέμειναν στις 183 ΗΑΣ. Συνολικά, ο παράγοντας μεταχείριση παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική επίδραση στον παράγοντα αριθμός φύλλων των φυτών (Pvalue=0.00), ενώ η αλληλεπίδραση της μεταχείρισης με την ημέρα δειγματοληψίας παρουσίασε και αυτή στατιστικώς σημαντική επίδραση στον παράγοντα αριθμός φύλλων (Pvalue=0.00). Η επανάληψη κάθε μεταχείρισης είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στον αριθμό φύλλων των φυτών (Pvalue=0.00). Συνολικά για το παράγοντα αριθμός φύλλων φυτών η μεταχείριση UTEC 46 διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το μάρτυρα και από τις λιγότερο αποτελεσματικές μεταχειρίσεις με τις επιφανειακές λιπάνσεις UREA 40 και UTEC 40.



Γράφημα 8: Μ.Ο. αριθμού φύλλων ανά φυτό στη πορεία του χρόνου.

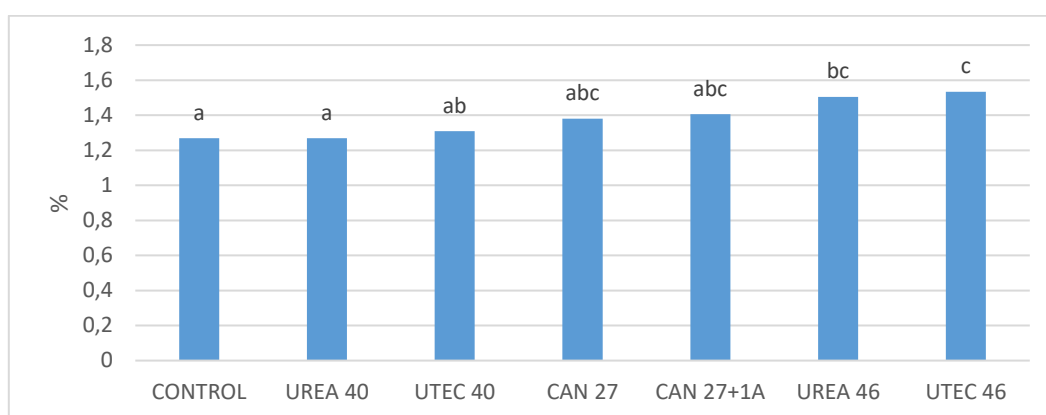
4.2 Φυσιολογικές παράμετροι

4.2.1 Ολικό άζωτο στα στελέχη

Το ολικό άζωτο υπολογίστηκε για κάθε μεταχείριση ξεχωριστά και αφορούσε τις δειγματοληψίες στις 161 και 183 ημέρες από τη σπορά. Οι συγκεκριμένες ημέρες δειγματοληψίας επιλέχθηκαν έτσι ώστε να λάβουμε σαφή εικόνα της πορείας του ολικού

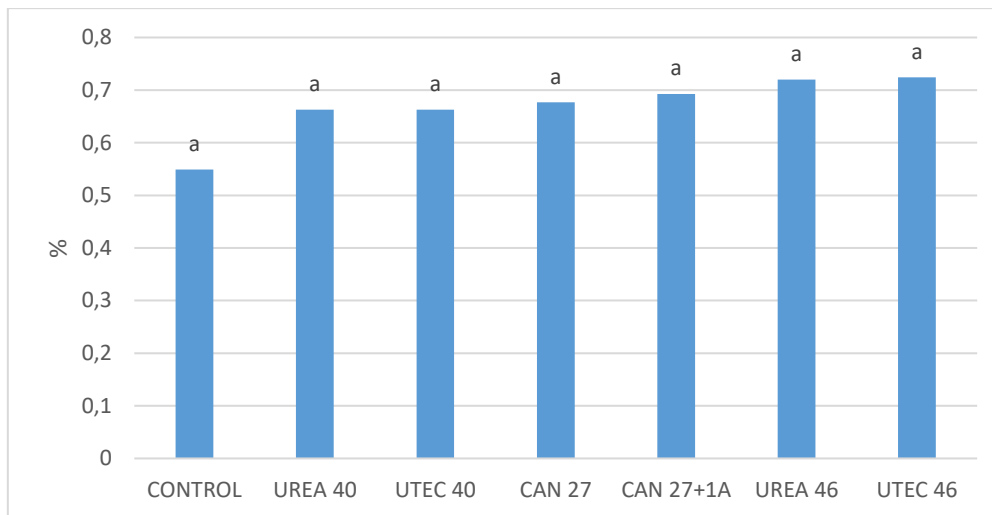
αζώτου στα φυτά κατά τη διάρκεια ανάπτυξής τους όπου θα φανούν και οι επιδράσεις της λίπανσης.

Το ολικό άζωτο που προήλθε από φυτά 161 ΗΑΣ παρουσίασε διακύμανση σε ποσοστό 1,26-1,53%. Η επίδραση της λίπανσης δεν ήταν στατιστικώς σημαντική (P value=0.0854) ενώ οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (Γράφημα 11). Το μικρότερο ποσοστό ολικού αζώτου κατέγραψαν ο μάρτυρας και UREA 40. Οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις κατέγραψαν σταδιακά αυξανόμενα ποσοστά με την μεταχείριση UTEC 46 να σημειώνει το μεγαλύτερο ποσοστό ολικού αζώτου %N=1.53324.



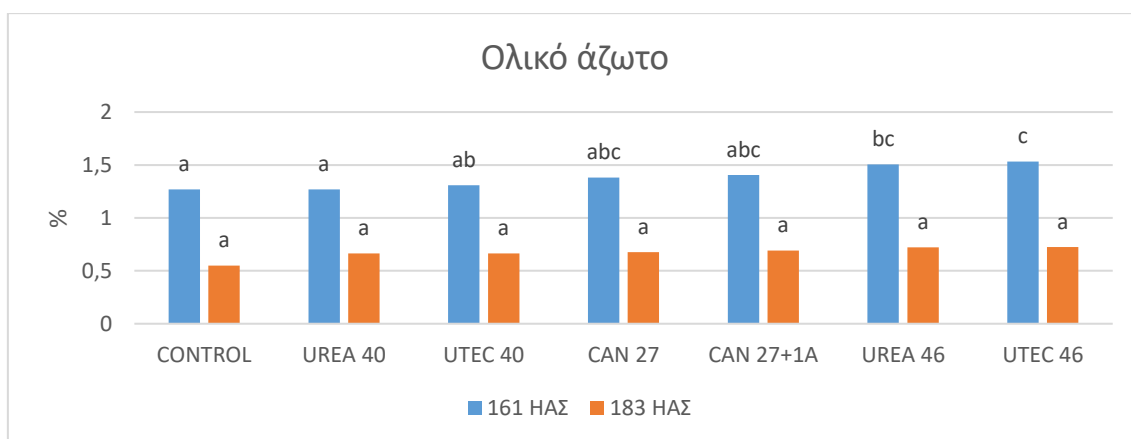
Γράφημα 9: Ολικό άζωτο στα στελέχη στις 161 ΗΑΣ.

Παρομοίως, από την δειγματοληψία που προέκυψε από τα φυτά των 183 ΗΑΣ διαπιστώθηκε πως δεν σημειώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά (P value=0.6362). Η διακύμανση των ποσοστών του ολικού αζώτου παρουσιάζει μικρές διαφορές ανάμεσα στις μεταχειρίσεις (0,54-0,73%), με τη μεταχείριση του μάρτυρα να εμφανίζει το μικρότερο ποσοστό ολικού αζώτου. Οι μεταχειρίσεις UREA 40, UTEC 40 και CAN 27 έδειξαν να καταγράφουν παρόμοιο ποσοστό ολικού αζώτου, σε αντίθεση με τα αυξημένα ποσοστά των υπόλοιπων μεταχειρίσεων. Τέλος, σε αυτή τη δειγματοληψία το μέγιστο ποσοστό ολικού αζώτου επιτεύχθηκε από τη μεταχείριση UTEC 46.



Γράφημα 10: Ολικό άζωτο στα στελέχη στις 183 ΗΑΣ.

Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται λεπτομερής καταγραφή του ολικού αζώτου στις 161 και 183 ΗΑΣ για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Είναι ευκρινές ότι η διαφορετική επιφανειακή λίπανση επηρεάζει το μέγιστο ποσοστό ολικού αζώτου που θα φτάσει η καλλιέργεια του χειμερινού σιταριού με τις μεταχειρίσεις να παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους κυρίως στις 161 ΗΑΣ, όπου οι ίδιες καταγράφηκαν μετριασμένες κατά την δειγματοληψία των 183 ΗΑΣ. Οι παράγοντες μεταχείριση ($P_{\text{value}}=0.0284$), ημέρα δειγματοληψίας ($P_{\text{value}}=0.00$) και επανάληψη ($P_{\text{value}}=0.00$) είχαν σημαντική επίδραση στο ολικό άζωτο των φυτών 161 και 183 ΗΑΣ.



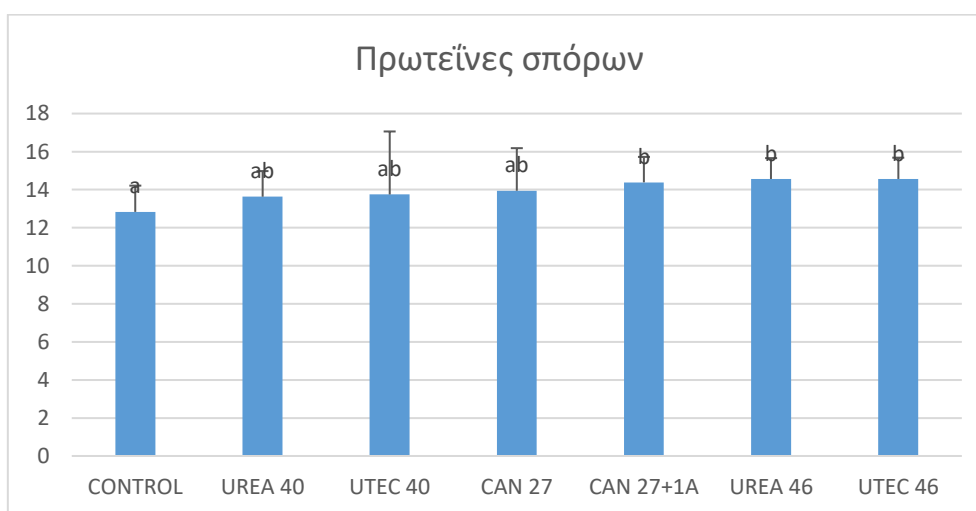
Γράφημα 11: Ολικό άζωτο στα στελέχη στη πορεία του χρόνου.

4.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

4.3.1 Περιεκτικότητα σπόρων σε πρωτεΐνη

Την ημέρα της συγκομιδής λήφθηκαν ταξιανθίες προκειμένου να συλλεχθεί ο σπόρος ώστε να γίνει αλεύρι και να καταγραφεί το ποσοστό πρωτεΐνης. Από τα δείγματα που πάρθηκαν έγινε προσπάθεια να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερα ώστε να διαπιστώσουμε τη τυχόν ύπαρξη διαφορών μεταξύ των διαφορετικών επιφανειακών λιπάνσεων στα πειραματικά αγροτεμάχια.

Το ποσοστό πρωτεϊνών που προήλθε από τους σπόρους του σκληρού σίτου παρουσίασε ισχυρή αλλά όχι στατιστικώς σημαντική επίδραση της λίπανσης ($P_{\text{value}}=0,1437$) για αυτή τη παράμετρο. Ο μάρτυρας είχε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις CAN 27+1A, UREA 46 και UTEC 46, οι οποίες δεν εμφάνισαν μεταξύ τους διαφορές. Το μέσο ποσοστό πρωτεΐνης του μάρτυρα ανήλθε στο 12,83% κι ήταν αισθητά μικρότερο από το μέσο ποσοστό της μεταχείρισης UTEC 46 με ποσοστό περίπου 14,56%. Οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις παρουσίασαν μεγαλύτερο μέσο ποσοστό πρωτεϊνών σε σχέση με το μάρτυρα με την μεταχείριση UTEC 46 να καταγράφει το μεγαλύτερο μέσο ποσοστό πρωτεΐνης σε σύγκριση με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις (Γράφημα 12).



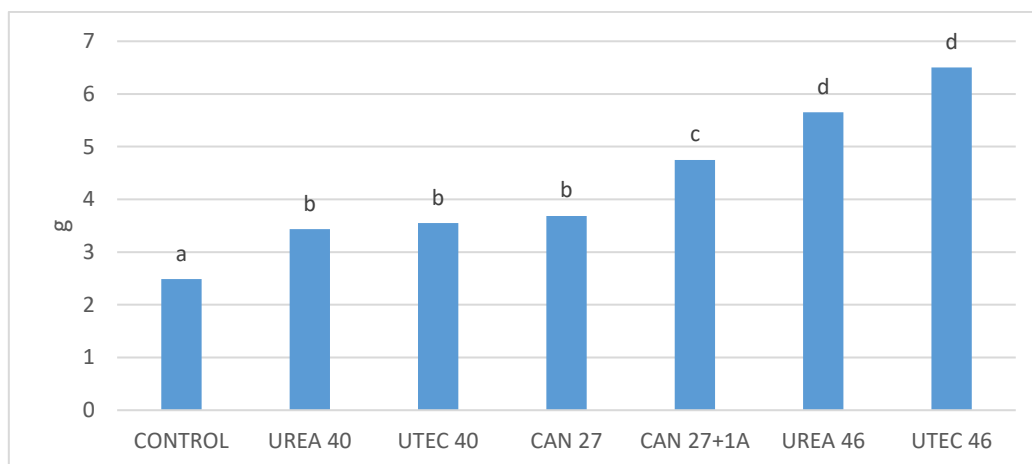
Γράφημα 12: Ποσοστά πρωτεϊνών από τους συγκομιζόμενους σπόρους.

4.4 Συστατικά απόδοσης

4.4.1 Νωπό βάρος φυτών

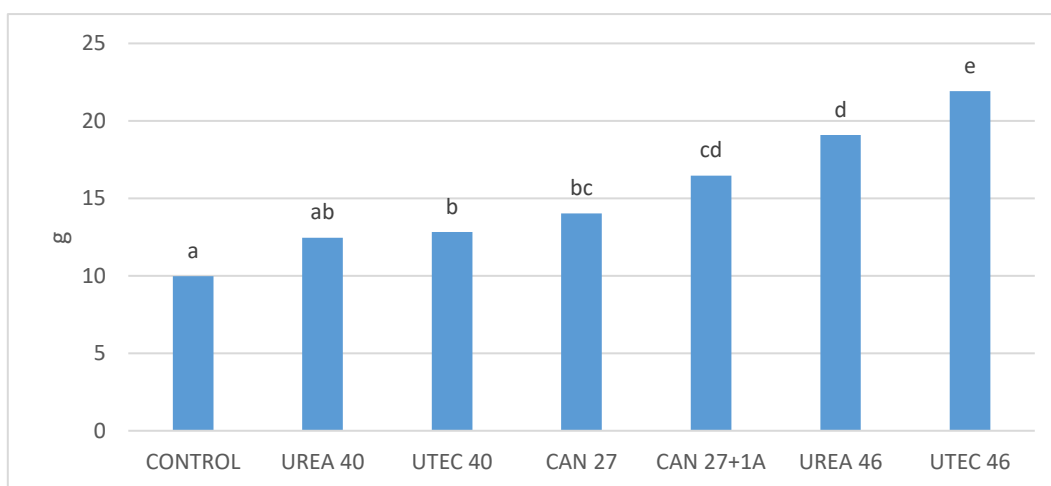
Τα φυτά στις 108 ΗΑΣ παρουσίασαν μία διακύμανση στο νωπό τους βάρος 2.48-6.5 gr. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική ($P_{\text{value}} < 0.00$) και οι

μεταχειρίσεις μεταξύ τους παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (Γράφημα 13).



Γράφημα 13: Μ.Ο νωπού βάρους φυτών 108 ΗΑΣ.

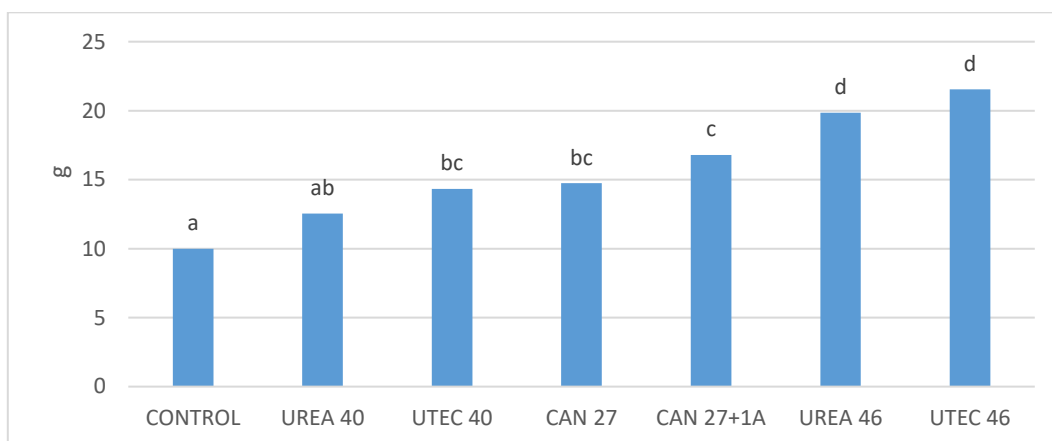
Παράλληλα όταν το νωπό βάρος των φυτών μετρήθηκε σε φυτά μεγαλύτερου σταδίου ανάπτυξης (161 ΗΑΣ) παρουσιάστηκε ισχυρή επίδραση της λίπανσης (P value<0.05) για αυτή τη παράμετρο. Οι μεταχειρίσεις UREA 40, UTEC 40, CAN 27 και CAN 27+1A είχαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές με τις μεταχειρίσεις UREA 46 και UTEC 46, ενώ το μέσο νωπό βάρος τους (12-16 gr) ήταν αισθητά μικρότερο από το μέσο νωπό βάρος των φυτών των υπόλοιπων μεταχειρίσεων (19-22 gr). Τα φυτά της μεταχείρισης UTEC 46 να εμφανίζουν το μεγαλύτερο νωπό βάρος στις 161 ΗΑΣ.



Γράφημα 14: Μ.Ο νωπού βάρους φυτών 161 ΗΑΣ.

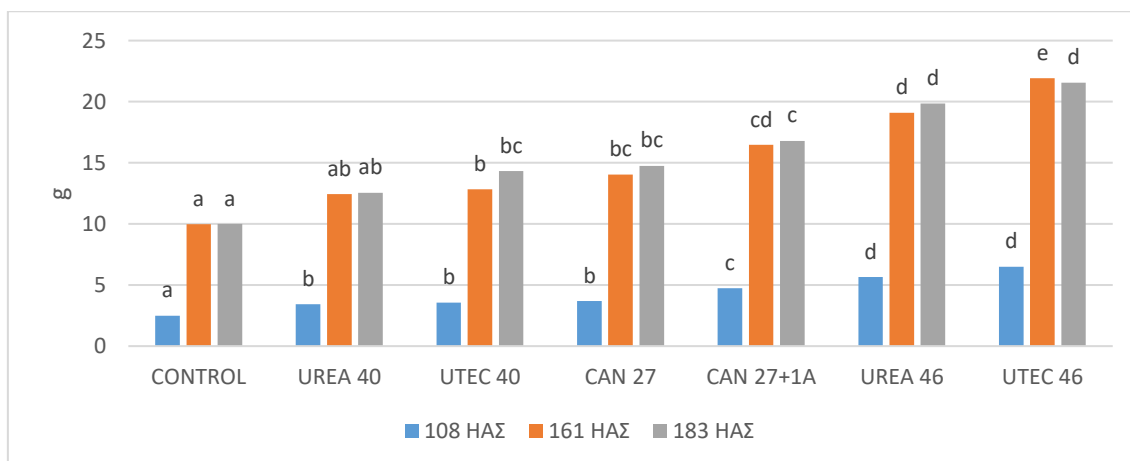
Κατά τη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στις 183 ΗΑΣ όταν η καλλιέργεια είχε φτάσει στο μέγιστο της βλαστητικής της ανάπτυξης η διακύμανση του νωπού βάρους ήταν μεγάλη ανάμεσα στις μεταχειρίσεις (10-21.5 gr), με τον μάρτυρα να εμφανίζει το

μικρότερο μέσο νωπό βάρος, με την επίδραση της λίπανσης να είναι στατιστικά σημαντική ($Pvalue=0.00$) (Γράφημα 15). Σε αυτή τη δειγματοληψία το μέγιστο ύψος επιτεύχθηκε από τη μεταχείριση UTEC 46, ενώ το νωπό βάρος των υπόλοιπων μεταχειρίσεων ανήλθε σε παραπλήσια επίπεδα.



Γράφημα 15: Μ.Ο νωπού βάρους φυτών 183 ΗΑΣ.

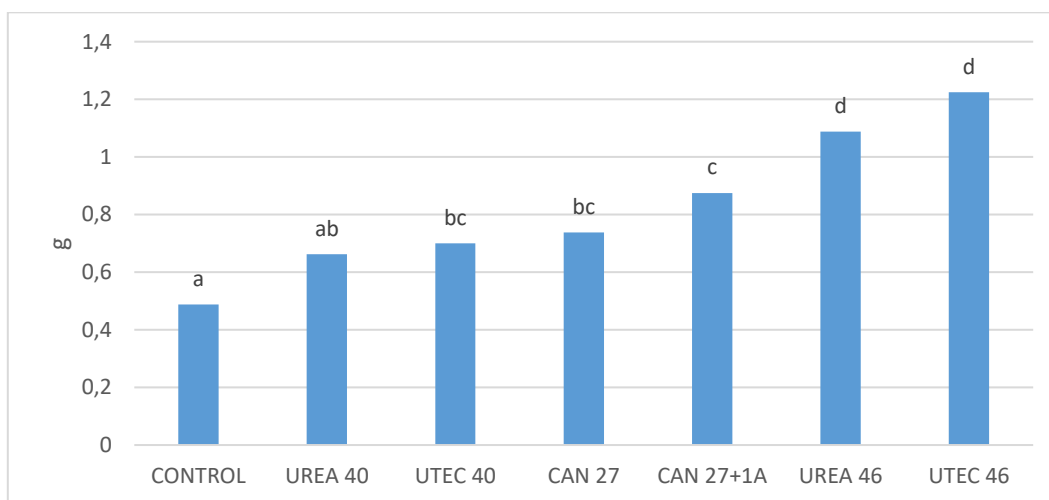
Στο επόμενο γράφημα παρουσιάζεται λεπτομερής καταγραφή του νωπού βάρους των φυτών 108, 161 και 183 ΗΑΣ για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Είναι ευκρινές ότι η διαφορετική επιφανειακή λίπανση επηρεάζει το μέγιστο νωπό βάρος που θα φτάσει η καλλιέργεια του χειμερινού σιταριού με τις μεταχειρίσεις να παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους κυρίως στις 161 ΗΑΣ, οι οποίες παρέμειναν ίδιες στις 183 ΗΑΣ με την μεταχείριση UTEC 46 να καταγράφει το μέγιστο νωπό βάρος από όλες τις μεταχειρίσεις στη πορεία του χρόνου. Οι παράγοντες μεταχείριση, ημέρα δειγματοληψίας και επανάληψη είχαν στατιστικώς σημαντική επίδραση στον παράγοντα νωπό βάρος των φυτών ($Pvalue<0.05$).



Γράφημα 16: Μ.Ο. νωπού βάρους φυτών στη πορεία του χρόνου.

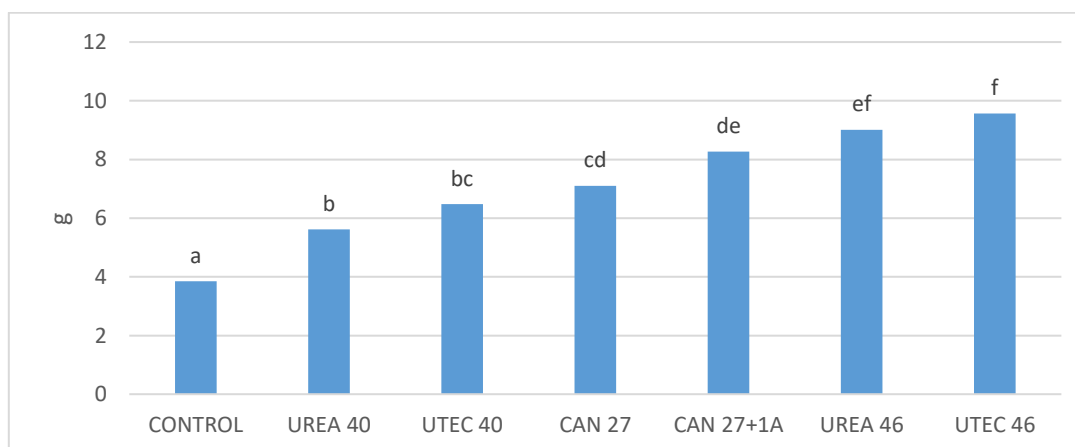
4.4.2 Ξηρό βάρος φυτών

Τα φυτά στις 108 ΗΑΣ παρουσίασαν διακύμανση στο ξηρό τους βάρος 0.48-1.22 gr. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική (P value=0.00) και οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους παρουσίασαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές (Γράφημα 17).



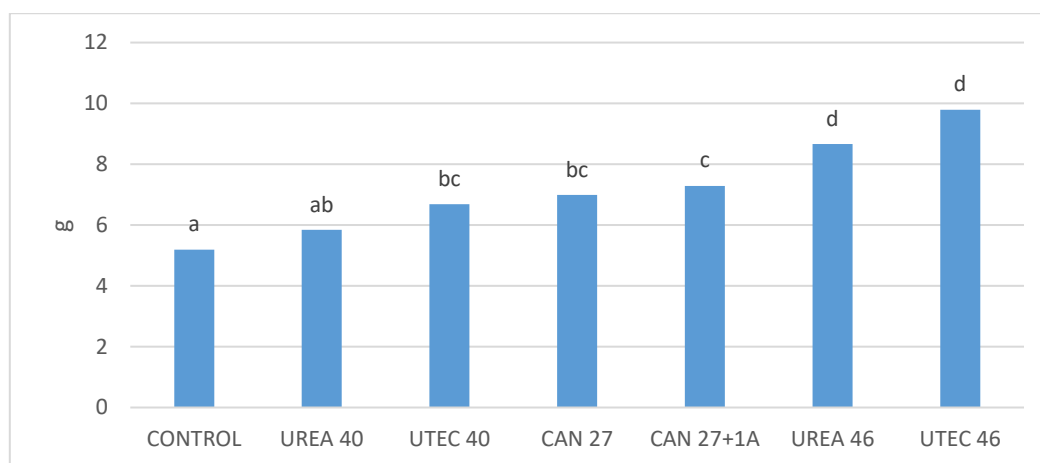
Γράφημα 17: Μ.Ο ξηρού βάρους φυτών 108 ΗΑΣ.

Παρόμοια όταν το ξηρό βάρος μετρήθηκε σε φυτά μεγαλύτερου σταδίου ανάπτυξης (161 ΗΑΣ) παρουσιάστηκε ισχυρή επίδραση της λίπανσης (P value<0.05) για αυτή την παράμετρο. Το μέσο ξηρό βάρος των μεταχειρίσεων UREA 40, UTEC 40, CAN 27 και CAN 27+1A (5,6-8,2 gr) ήταν αισθητά μικρότερο από το μέσο ξηρό βάρος των φυτών των υπόλοιπων μεταχειρίσεων που περίπου ανέρχονταν στα 9.3 g ανά φυτό. Η μεταχείριση UTEC 46 είχε στατιστικώς σημαντικές διαφορές με όλες τις μεταχειρίσεις εκτός από την UREA 46, ενώ τα φυτά της μεταχείρισης UTEC 46 εμφάνισαν το μεγαλύτερο ξηρό βάρος στις 161 ΗΑΣ.



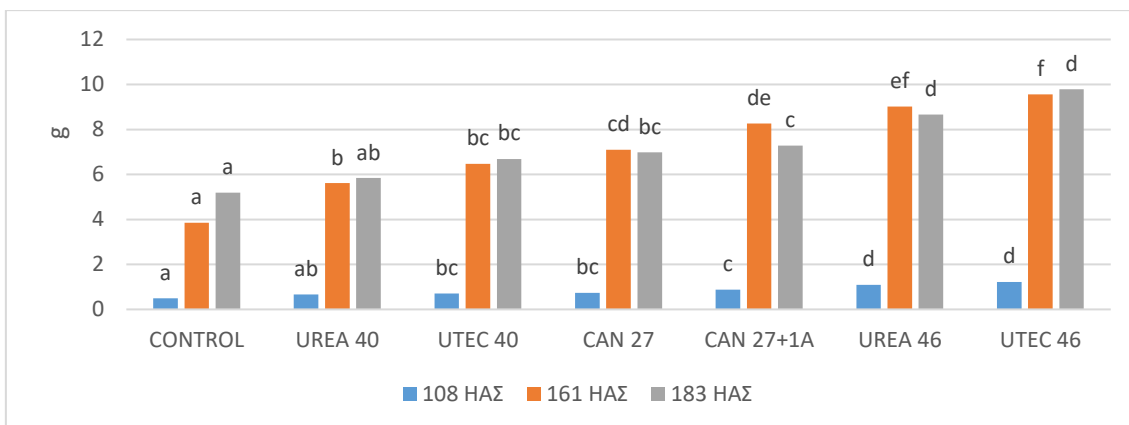
Γράφημα 18: Μ.Ο ξηρού βάρους φυτών 161 ΗΑΣ.

Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα που εμφανίστηκαν στη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στις 183 ΗΑΣ όταν η καλλιέργεια είχε φτάσει στο μέγιστο της βλαστητικής της ανάπτυξης (Γράφημα 19). Η διακύμανση του ξηρού βάρους ήταν μεγάλη ανάμεσα στις μεταχειρίσεις (5.2-9.78 g), με τον μάρτυρα να εμφανίζει το μικρότερο μέσο ξηρό βάρος. Η μεταχείριση UTEC 46 παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά και καταγράφει το μεγαλύτερο μέσο ξηρό βάρος σε σχέση τις άλλες μεταχειρίσεις όπου εφαρμόστηκαν ειδικές λιπάνσεις. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική για τον παράγοντα ξηρό βάρος στις 183 ΗΑΣ (Pvalue<0.05).



Γράφημα 19: Μ.Ο ξηρού βάρους φυτών 183 ΗΑΣ.

Στο ακόλουθο γράφημα παρουσιάζεται λεπτομερής καταγραφή του μέσου όρου του ξηρού βάρους των φυτών 108, 161 και 183 ΗΑΣ για το σύνολο των μεταχειρίσεων. Είναι ευκρινές ότι η διαφορετική επιφανειακή λίπανση επηρεάζει το μέγιστο ξηρό βάρος που θα συσσωρεύσει η καλλιέργεια του χειμερινού σιταριού με τις μεταχειρίσεις να παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους τόσο κατά τις 161 ΗΑΣ όσο και στις 183 ΗΑΣ, όπου στη τελευταία μέτρηση των 183 ΗΑΣ οι αποκλίσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων να είναι μικρότερες. Οι παράγοντες λίπανση, ημέρα δειγματοληψίας και επανάληψη είχαν στατιστικώς σημαντική επίδραση στον παράγοντα ξηρό βάρος (Pvalue<0.05).

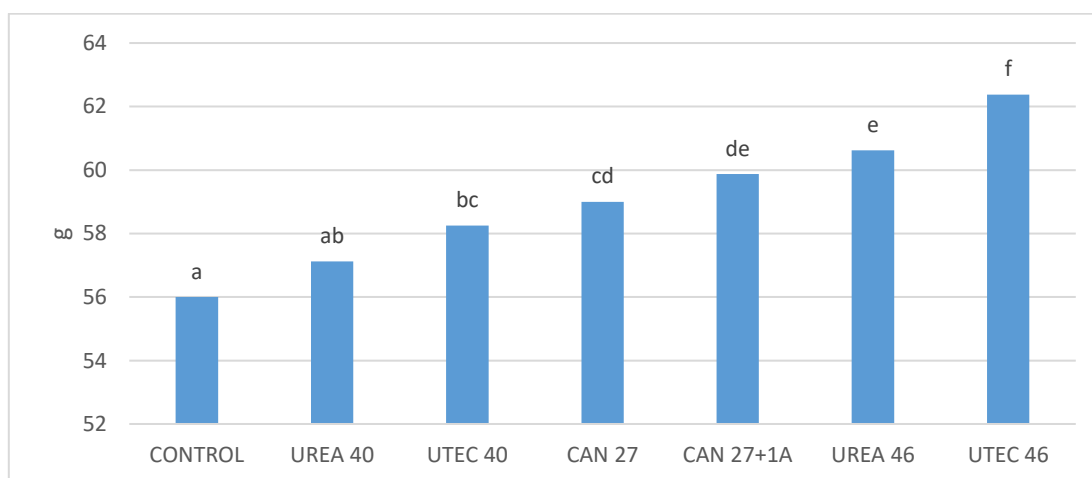


Γράφημα 20: Μ.Ο. ξηρού βάρους φυτών στη πορεία του χρόνου.

4.4.3 Βάρος 1000 σπόρων

Από το σύνολο των σπόρων που συγκομίστηκαν συλλέχθηκαν και μετρήθηκαν 1000. Από τα δείγματα που πάρθηκαν έγινε προσπάθεια να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερα ώστε να διαπιστώσουμε την τυχόν ύπαρξη διαφορών στο βάρος των 1000 σπόρων μεταξύ των διαφορετικών επιφανειακών λιπάνσεων στα πειραματικά αγροτεμάχια.

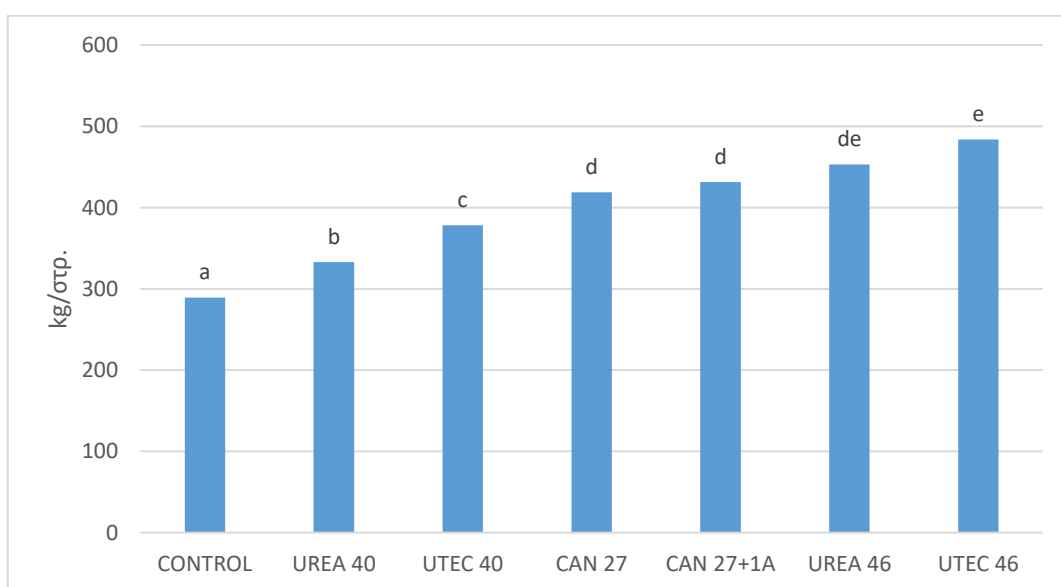
Η επέμβαση είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στο παράγοντα βάρους 1000 σπόρων ($P_{value} < 0.05$). Το μέσο βάρος των 1000 σπόρων του μάρτυρα ανήλθε στα 56 g κι ήταν αισθητά μικρότερο από το μέσο βάρος των υπόλοιπων μεταχειρίσεων. Οι διακυμάνσεις των υπόλοιπων μεταχειρίσεων κυμάνθηκαν μεταξύ 57.12-62.37 g στους 1000 σπόρους και παρουσίασαν μεγαλύτερο μέσο βάρος 1000 σπόρων σε σχέση με το μάρτυρα. Τέλος, η μεταχείριση με UTEC 46 κατέγραψε το μεγαλύτερο μέσο βάρος 1000 σπόρων σε σύγκριση με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις (Γράφημα 21).



Γράφημα 21: Βάρος 1000 σπόρων.

4.5 Απόδοση

Οι διαφορετικές επιφανειακές λιπάνσεις είχαν στατιστικώς σημαντική επίδραση στην τελική απόδοση των σπόρων του χειμερινού σιταριού ($P_{value} < 0.05$), με τη μεταχείριση UTEC 46 να αποδίδει περίπου 484 kg/στρ, μία τιμή 1.67 φορές μεγαλύτερη από την απόδοση του μάρτυρα. Οι μεταχειρίσεις CAN 27, CAN 27+1A και UREA 46 δεν εμφάνισαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, ενώ οι επεμβάσεις με τις επιφανειακές λιπάνσεις UREA 40 και UTEC 40 κρίθηκαν μη αποδοτικές αποδίδοντας 333 και 378 kg/στρ. αντίστοιχα.



***Γράφημα 22:** Απόδοση σε σπόρο.*

4.6 Δείκτες εκτίμησης στη γεωργική παραγωγή

4.6.1 Γενικά περί των δεικτών

Όρος με τον οποίο εννοείται συνήθως η ποσοστιαία σύγκριση ενός μεγέθους με κάποιο άλλο αντίστοιχο μέγεθος. Η χρησιμοποίηση δεικτών ως μέσων συγκριτικής παρουσίασης στοιχείων, σε συνδυασμό με τη γραφική παρουσίαση της διαχρονικής εξέλιξής τους, διευκολύνει τη συγκριτική αξιολόγηση μεγάλου όγκου στοιχείων.

Διακρίνονται διάφορες κατηγορίες δεικτών, όπως:

1. Προγραμματικοί δείκτες,
2. Δείκτες παρακολούθησης και
3. Δείκτες αξιολόγησης.

Επίσης μπορούν να διακριθούν σε δείκτες εισροών και εκροών. Οι δείκτες εισροών μπορεί να είναι (ποσότητες λιπάσματος/στρέμμα).

Οι γεωργικοί δείκτες μπορεί να εσωκλείουν σφάλματα τριών κυρίως κατηγοριών:

- Ανθρώπινο: Όλοι οι δείκτες είναι αποτέλεσμα μαθηματικού υπολογισμού. Όμως, επειδή βασίζονται στα πρωτογενή δεδομένα (υπολογισμένα από τον άνθρωπο ή εξαρτώμενα από το περιβάλλον) τα οποία δεν είναι σταθερά και εσωκλείουν το απρόβλεπτο ή τον ανθρώπινο λάθος παρουσιάζουν σφάλματα.
- Μαθηματικό: Πολλές φορές το σφάλμα είναι αμιγώς της μαθηματικής προσέγγισης (π.χ. τα δεδομένα που συνθέτουν το δείκτη δεν ακολουθούν κανονική κατανομή) σύνηθες αιτία η ανάμειξη δεδομένων από διαφορετικές και ανόμοιες δεξαμενές (π.χ. περιβαλλοντικά δεδομένα από Μεσόγειο και Σκανδιναβία).
- Ερμηνείας: Μη σωστή κατανόηση του δείκτη μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη χρήση του.

4.6.1.1 Δείκτες αξιολόγησης N-ουχου λίπανσης

Οι δείκτες αξιολόγησης λίπανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση διαφορετικών ειδών λίπανσης (Κακαμπούκη, 2016) καθώς και για τον προσδιορισμό της κατάλληλης ποσότητας λίπανσης και της μείωσης των απωλειών (Kakabouki *et al.*, 2018).

α) Αποδοτική Χρήση του Αζώτου (Nitrogen Use Efficiency - NUE)

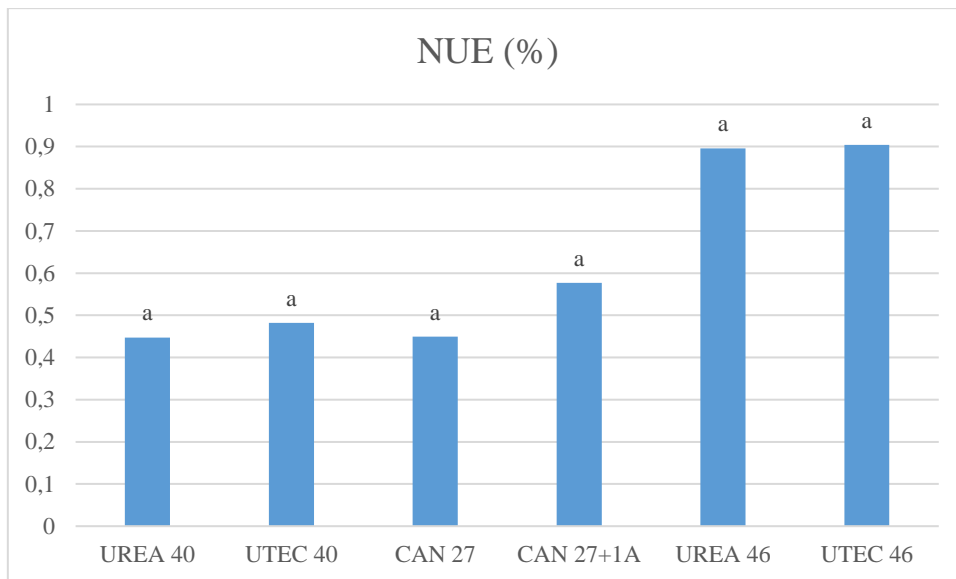
Ο λόγος αυτός δείχνει την απόδοση σε σπόρο (Kg) ανά μονάδα λιπασματικού N (kg) και είναι καθαρός αριθμός (Goulding *et al.*, 2008; Schulte-auf'm-Erley *et al.*, 2005). Δίνεται λοιπόν από την εξίσωση :

$$NUE = (Nuptake_{fert} - Nuptake_{control}) / \text{ποσότητα λιπασματικού N}$$

Όπου:

Nuptake_{fert}: συνολική ποσότητα N (βλαστοί + σπόροι) σε επέμβαση με λίπανση

Nuptake_{control}: συνολική ποσότητα N (βλαστοί + σπόροι) σε επέμβαση χωρίς λίπανση.



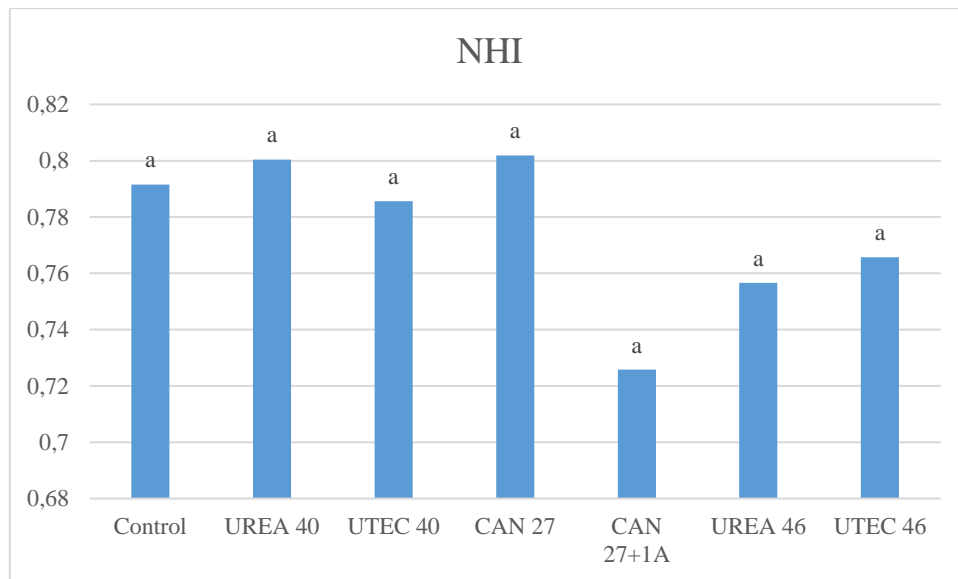
Γράφημα 23: Δείκτης απόδοσης αζώτου (%).

Ο δείκτης αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου για τις μεταχειρίσεις αυτής της έρευνας ανέδειξαν ως καλύτερη μεταχείριση τη λίπανση με UTEC 46. Παρότι δεν εμφανίστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, οι τιμές των μεταχειρίσεων με UREA 46 και UTEC 46 ήταν εμφανώς μεγαλύτερες από τις υπόλοιπες λιπάνσεις. Συνολικά σε αυτές τις δύο μεταχειρίσεις τα φυτά τροφοδοτήθηκαν με 50 kg N/στρ., από τα οποία τα 25 προέκυψαν από τη βασική λίπανση και τα υπόλοιπα 25 από την επιφανειακή λίπανση.

β) Δείκτης Συγκομιδής Αζώτου (Nitrogen Harvest Index – NHI)

Ο δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI) ορίζεται ως ο λόγος της συγκεντρωμένης ποσότητας N στο σπόρο (N_{seed}) προς το συνολικό συγκεντρωμένο N στο φυτό (υπέργειο και σπόρο) (N_{uptake}) (Goulding *et al.*, 2008). Δίνεται λοιπόν από την εξίσωση :

$$NHI = N_{seed} / N_{uptake}$$



Γράφημα 24: Δείκτης συγκομιδής αζώτου.

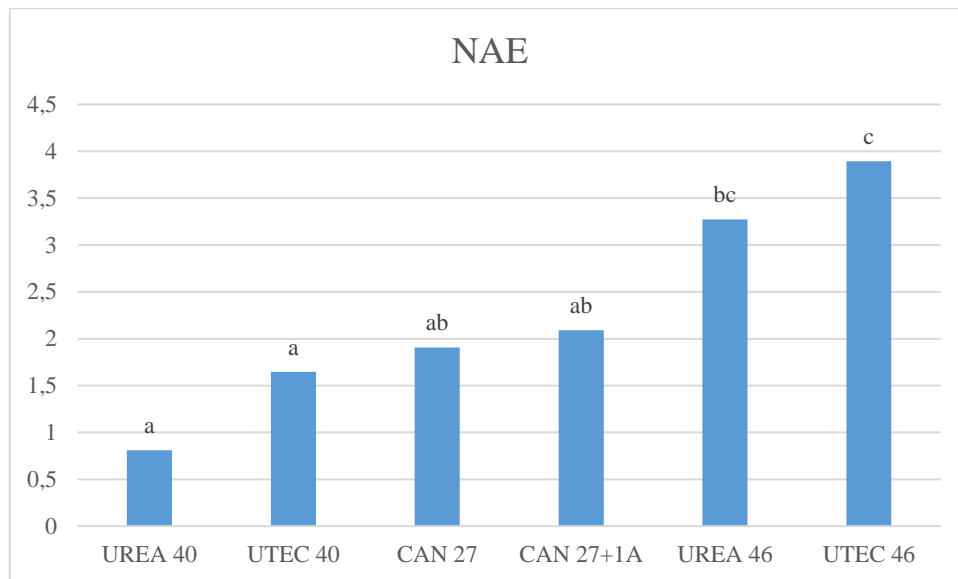
Ο δείκτης συγκομιδής αζώτου, για όλες τις μεταχειρίσεις συμπεριλαμβανομένου του μάρτυρα, εμφάνισε και αυτός διακύμανση στις τιμές αλλά δεν εμφανίστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

στ) Αζωτούχος Γεωργική Αποτελεσματικότητα (Nitrogen Agronomic efficiency - NAE)

Ο δείκτης Γεωργικής αποτελεσματικότητας (Nitrogen Agronomic Efficiency) εκφράζει τη παραγόμενη ποσότητα σπόρου ανά κιλό N λίπανσης (Craswell & Godwin, 1984) και δίνεται από τον παρακάτω λόγο:

$$NAE = (Απόδοση \text{ σε σπόρο}_{fert} - Απόδοση \text{ σε σπόρο}_{control}) / Ποσότητα \text{ λιπασματικού } N$$

Μονάδα: **Kg σπόρου/ Kg N λιπάσματος**



Γράφημα 25: Δείκτης αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας.

Αντιθέτως, ο δείκτης της αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας ανέδειξε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, με τη μεταχείριση UTEC 46 να εμφανίζει τη μεγαλύτερη τιμή.

4.7 ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

	CON STA NT	Height 108 DAS	Height 161 DAS	Height 183 DAS	FW 108 DAS	FW 161 DAS	FW 183 DAS	DW 108 DAS	DW 161 DAS	DW 183 DAS	Leave s 108 DAS	Leave s 161 DAS	Leave s 183 DAS	Infl with 183 DAS	Infl with 183 DAS	1000 seed weight	Yield	Protein s	Nitrog en 161 DAS	Nitrog en 183 DAS	NUE -	NHI_ -	NAE_ -
CONSTANT	1	-0,736	0,001	0,1334	0,277	0,7602	0,321	-0,763	-0,682	-0,655	0,557	0,198	0,339	-0,067	0,585	-0,866	0,521	0,3394	0,404	0,2959	0,142	-0,083	-0,243
Height 108 DAS	-0,74	1	-0,061	0,4587	0,241	-0,763	0,041	0,5259	0,734	0,44	-0,73	0,326	-0,802	0,279	-0,86	0,7722	-0,438	-0,807	-0,855	-0,728	-0,61	0,274	-0,282
Height 161 DAS	0,001	-0,061	1	0,1126	-0,332	0,3478	-0,14	0,0417	-0,444	-0,297	0,524	0,199	-0,042	-0,777	0,422	-0,367	-0,547	-0,148	0,297	-0,069	0,301	0,588	0,3472
Height 183 DAS	0,133	0,459	0,113	1	0,694	-0,001	0,634	-0,284	0,049	-0,415	-0,27	0,608	-0,79	0,136	-0,37	-0,062	0,014	-0,66	-0,567	-0,679	-0,64	0,429	-0,656
FW 108 DAS	0,277	0,241	-0,332	0,6935	1	-0,042	0,767	-0,618	0,154	-0,356	-0,36	0,326	-0,53	0,596	-0,47	-0,029	0,544	-0,342	-0,498	-0,59	-0,82	-0,024	-0,868
FW 161 DAS	0,76	-0,763	0,348	-0,001	-0,042	1	0,145	-0,658	-0,981	-0,818	0,791	0,154	0,437	-0,433	0,857	-0,949	0,335	0,4299	0,675	0,4775	0,427	0,169	0,0074
FW 183 DAS	0,321	0,041	-0,141	0,6337	0,767	0,145	1	-0,537	-0,048	-0,548	-0,22	0,06	-0,395	0,368	-0,22	-0,156	0,505	-0,183	-0,26	-0,444	-0,66	-0,009	-0,657
DW 108 DAS	-0,76	0,526	0,042	-0,284	-0,618	-0,658	-0,54	1	0,578	0,713	-0,41	-0,13	-0,167	-0,155	-0,35	0,7192	-0,713	-0,319	-0,315	-0,055	0,18	0,131	0,4668
DW 161 DAS	-0,68	0,734	-0,444	0,0489	0,154	-0,981	-0,05	0,5777	1	0,762	-0,82	-0,15	-0,466	0,535	-0,88	0,9267	-0,236	-0,432	-0,722	-0,512	-0,5	-0,181	-0,122
DW 183 DAS	-0,66	0,44	-0,297	-0,415	-0,356	-0,818	-0,55	0,7128	0,762	1	-0,53	-0,37	-0,027	0,253	-0,53	0,7679	-0,349	-0,077	-0,294	-9E-04	0,012	-0,326	0,4048
Leaves 108 DAS	0,557	-0,733	0,524	-0,275	-0,364	0,7911	-0,22	-0,407	-0,821	-0,531	1	0,109	0,574	-0,6	0,877	-0,805	-0,023	0,4769	0,755	0,4399	0,607	0,171	0,2741
Leaves 161 DAS	0,198	0,326	0,199	0,6082	0,326	0,1539	0,06	-0,127	-0,152	-0,369	0,109	1	-0,526	-0,113	-0,1	-0,19	-0,234	-0,656	-0,437	-0,427	-0,27	0,598	-0,521
Leaves 183 DAS	0,339	-0,802	-0,042	-0,79	-0,53	0,4374	-0,39	-0,167	-0,466	-0,027	0,574	-0,53	1	-0,222	0,68	-0,419	0,291	0,8556	0,805	0,8053	0,673	-0,478	0,5095
Infl with 183 DAS	-0,07	0,279	-0,777	0,1362	0,596	-0,433	0,368	-0,155	0,535	0,253	-0,6	-0,11	-0,222	1	-0,67	0,3723	0,551	-0,09	-0,517	-0,286	-0,64	-0,474	-0,571
Infl without 183 DAS	0,585	-0,862	0,422	-0,367	-0,47	0,8572	-0,22	-0,346	-0,884	-0,526	0,877	-0,1	0,68	-0,669	1	-0,817	0,064	0,625	0,885	0,6915	0,788	0,081	0,4436
1000 seed weight	-0,87	0,772	-0,367	-0,062	-0,029	-0,949	-0,16	0,7192	0,927	0,768	-0,8	-0,19	-0,419	0,372	-0,82	1	-0,33	-0,419	-0,633	-0,401	-0,37	-0,132	0,021
Yield	0,521	-0,438	-0,547	0,0142	0,544	0,3347	0,505	-0,713	-0,236	-0,349	-0,02	-0,23	0,291	0,551	0,064	-0,33	1	0,4339	0,175	0,2078	-0,26	-0,573	-0,495
Proteins	0,339	-0,807	-0,148	-0,66	-0,342	0,4299	-0,18	-0,319	-0,432	-0,077	0,477	-0,66	0,856	-0,09	0,625	-0,419	0,434	1	0,82	0,725	0,573	-0,553	0,4407
Nitrogen 161 DAS	0,404	-0,855	0,297	-0,567	-0,498	0,6748	-0,26	-0,315	-0,722	-0,294	0,755	-0,44	0,805	-0,517	0,885	-0,633	0,175	0,8196	1	0,7404	0,744	-0,24	0,5675
Nitrogen 183 DAS	0,296	-0,728	-0,069	-0,679	-0,59	0,4775	-0,44	-0,055	-0,512	-9E-04	0,44	-0,43	0,805	-0,286	0,692	-0,401	0,208	0,725	0,74	1	0,783	-0,277	0,6095
NUE_	0,142	-0,614	0,301	-0,644	-0,824	0,427	-0,66	0,1798	-0,497	0,012	0,607	-0,27	0,673	-0,637	0,788	-0,374	-0,257	0,5731	0,744	0,783	1	0,032	0,782
NHI_	-0,08	0,274	0,588	0,4289	-0,024	0,1693	-0,01	0,1311	-0,181	-0,326	0,171	0,598	-0,478	-0,474	0,081	-0,132	-0,573	-0,553	-0,24	-0,277	0,032	1	-0,048
NAE_	-0,24	-0,282	0,347	-0,656	-0,868	0,0074	-0,66	0,4668	-0,122	0,405	0,274	-0,52	0,51	-0,571	0,444	0,021	-0,495	0,4407	0,568	0,6095	0,782	-0,048	1

Πίνακας 4.7.1: Correlation matrix.

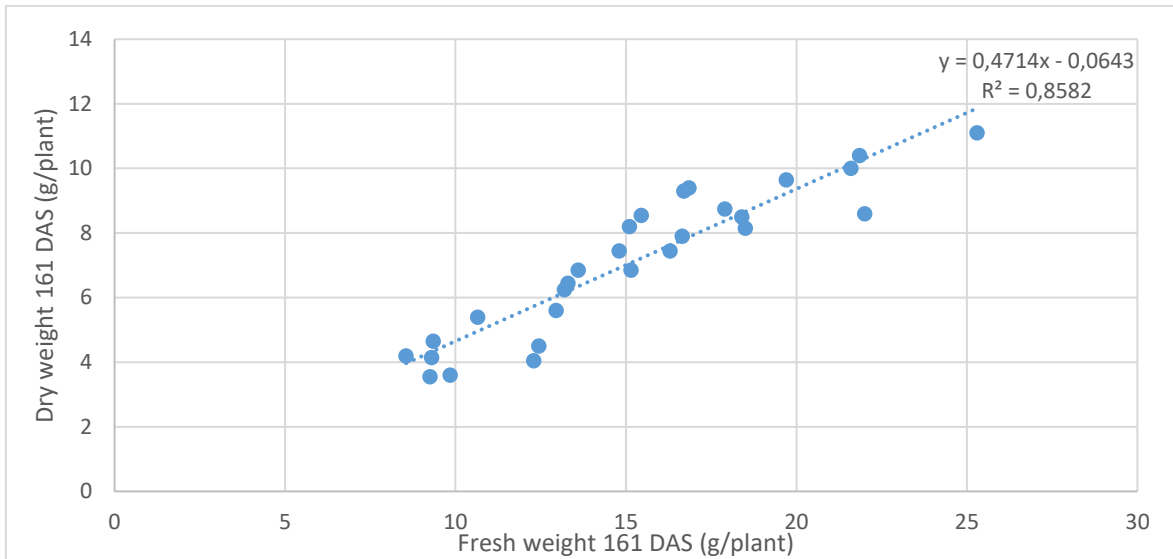
Ο παραπάνω πίνακας αφορά τις συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων παραγόντων οι οποίες προέκυψαν από πολλαπλή παλινδρόμηση και μελετήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα. Όπως, γίνεται φανερό από τον πίνακα υπάρχει θετική συσχέτιση ανάμεσα στο παράγοντα ύψος στις 108 ΗΑΣ και στο παράγοντα ξηρό βάρος σε αντίθεση με τον αριθμό των φύλλων στις 108 ΗΑΣ που παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση. Στη συνέχεια, ο παράγοντας ύψος φυτών στις 183 ΗΑΣ παρουσιάζει θετική συσχέτιση με το νωπό βάρος στις 183 ΗΑΣ ενώ δείχνει αρνητικές συσχετίσεις με τον αριθμό των φύλλων στις 183 ΗΑΣ, με το ποσοστό πρωτεϊνών, με το ποσοστό αζώτου βλαστών και φύλλων στις 183 ΗΑΣ, με το δείκτη αξιολόγησης αζωτούχο λίπανσης (NUE), αλλά και με το δείκτη αζωτούχο γεωργικής αποτελεσματικότητας (NAE). Στη συνέχεια, ο παράγοντας νωπό βάρος στις 108 ΗΑΣ εμφανίζει αρνητική συσχέτιση με το ξηρό βάρος στις 108 ΗΑΣ. Επίσης, ο παράγοντας νωπό βάρος στις 161 ΗΑΣ εμφανίζει αρνητική συσχέτιση με το ξηρό βάρος των ίδιων ημερών από την ημέρα σποράς, σε αντίθεση με το άζωτο καρπών και φύλλων στις 161 ΗΑΣ. Ακόμα, παρατηρείται αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στο νωπό βάρος στις 183 ΗΑΣ σε σχέση με το δείκτη αξιολόγησης αζωτούχο λίπανσης και το δείκτη αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας, σε αντίθεση με την θετική συσχέτιση που προκύπτει ανάμεσα στο νωπό βάρος στις 183 ΗΑΣ και την απόδοση. Εν συνεχεία, το ξηρό βάρος στις 161 ΗΑΣ εμφανίζει αρνητική συσχέτιση με το άζωτο βλαστών και φύλλων στις 161 ΗΑΣ.

Όσο αφορά στο ξηρό βάρος στις 183 ΗΑΣ, εμφανίζεται αρνητική συσχέτιση με το μήκος της ταξιανθίας με άγανα, αλλά θετική συσχέτιση με το μήκος της ταξιανθίας χωρίς άγανα. Ο παράγοντας φύλλα στις 183 ΗΑΣ εμφανίζει θετικές συσχετίσεις με το μήκος της ταξιανθίας με άγανα στις 183 ΗΑΣ, το ποσοστό πρωτεϊνών και το άζωτο βλαστών και φύλλων στις 183 ΗΑΣ. Επιπρόσθετα, η απόδοση φαίνεται να εμφανίζει αρνητική συσχέτιση με το δείκτη αξιολόγησης αζωτούχου λίπανσης.

Παράλληλα, το ποσοστό των πρωτεϊνών εμφανίζει θετική συσχέτιση με το ποσοστό των πρωτεϊνών, το άζωτο των βλαστών και των σπόρων στις 161 και 183

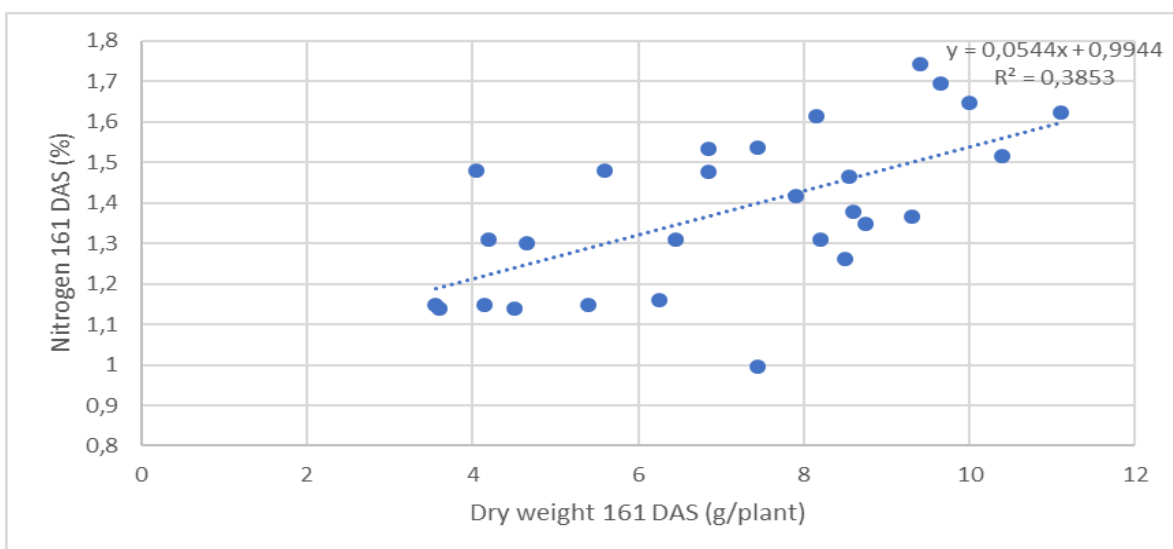
ΗΑΣ, σε αντίθεση με την αρνητική συσχέτιση του ποσοστού πρωτεϊνών με το δείκτη συγκομιδής αζώτου (NHI). Τέλος, ο δείκτης αξιολόγησης αζωτούχου λίπανσης (NUE) εμφανίζει θετική συσχέτιση με το δείκτη αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας (NAE).

Το παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ των παραγόντων ξηρό βάρος και νωπό βάρος 161 ημέρες μετά την σπορά.



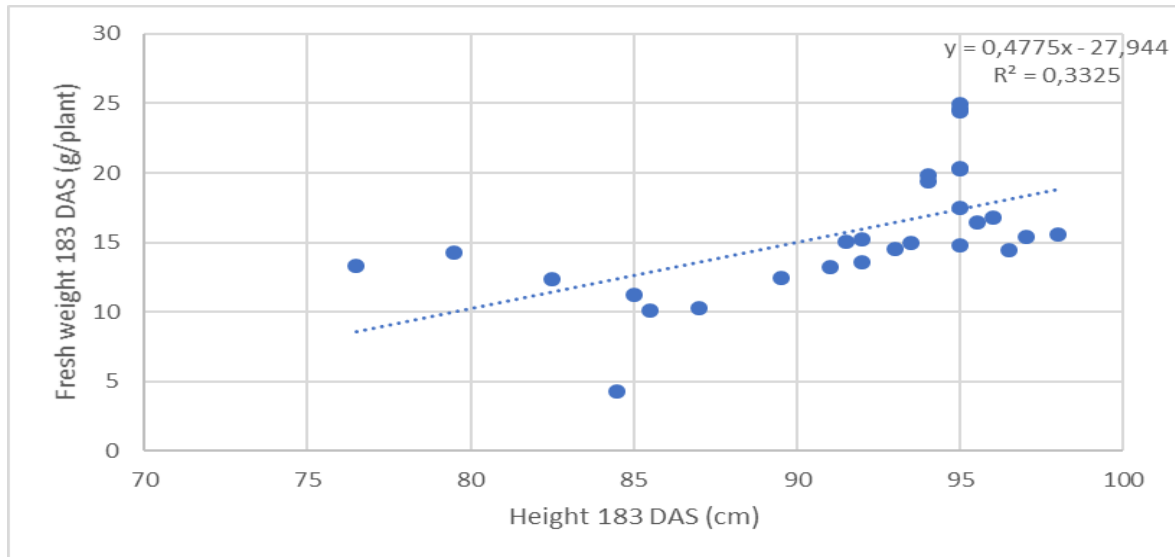
Γράφημα 26: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ νωπού βάρους (g/plant) (161 ΗΑΣ) και ξηρού βάρους (g/plant) (161 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Παρομοίως, θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε ανάμεσα στο ποσοστό αζώτου των βλαστών και των φύλλων αλλά και το ξηρό βάρος.



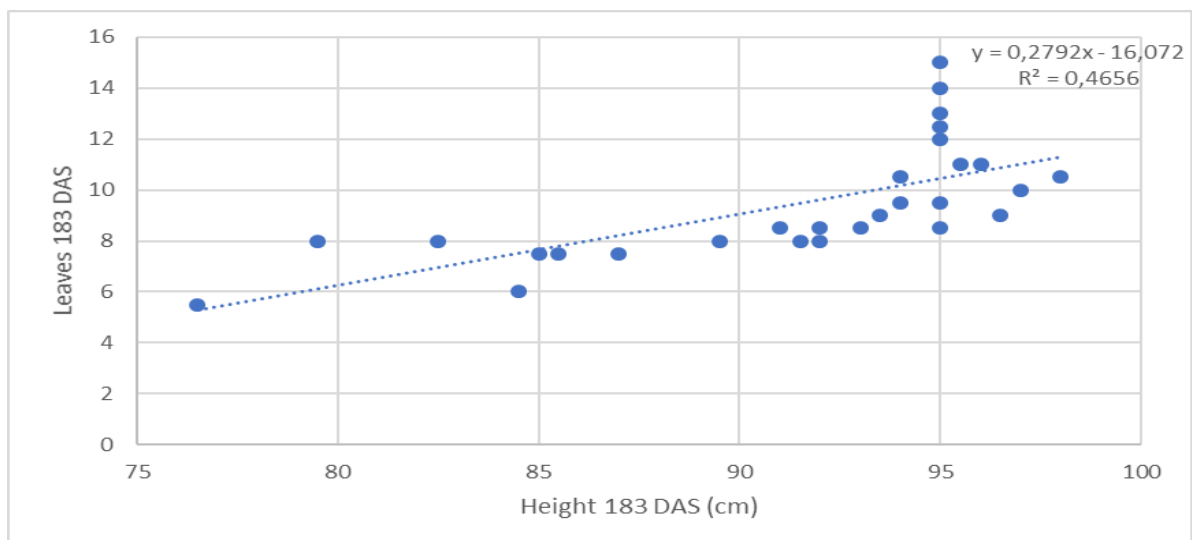
Γράφημα 27: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηρού βάρους (g/plant) (161 ΗΑΣ) και ποσοστού πρωτεϊνών (%) (161 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Ακόμα, θετική ήταν η συσχέτιση ανάμεσα στο νωπό βάρος στις 183 ημέρες από την σπορά και στο νωπό βάρος την ίδια ημέρα.



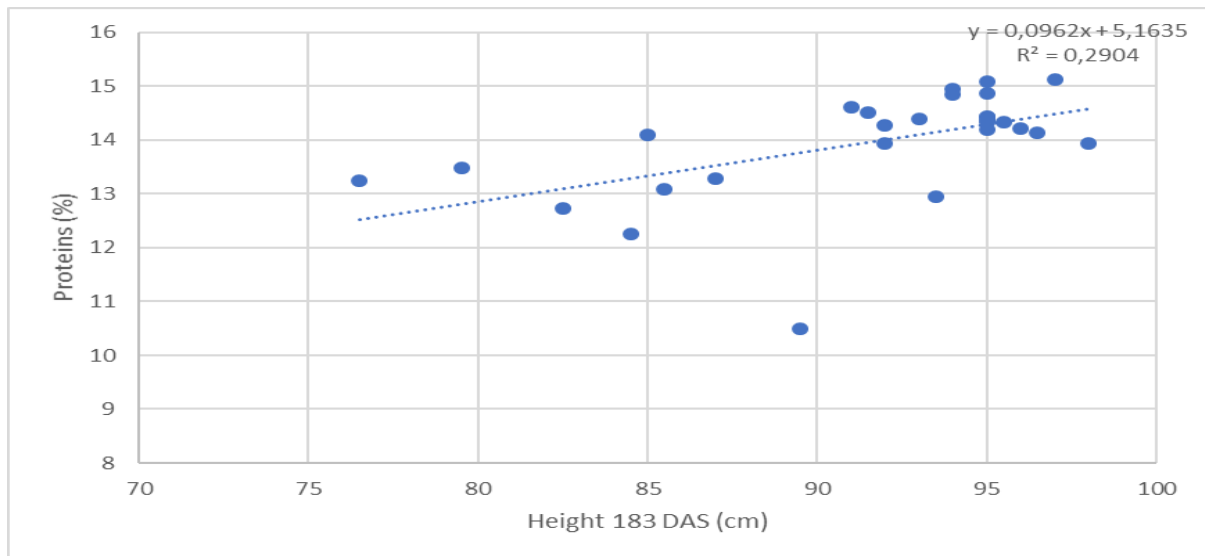
Γράφημα 28: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ύψους (cm) (183 ΗΑΣ) και νωπού βάρους (g/plant) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Όσον αναφορά τον αριθμό των φύλλων και το ύψος των φυτών στις 183 ημέρες παρουσιάζεται θετική συσχέτιση κατά την ημέρα αυτή, όπως παρουσιάζεται και στο παρακάτω γράφημα.



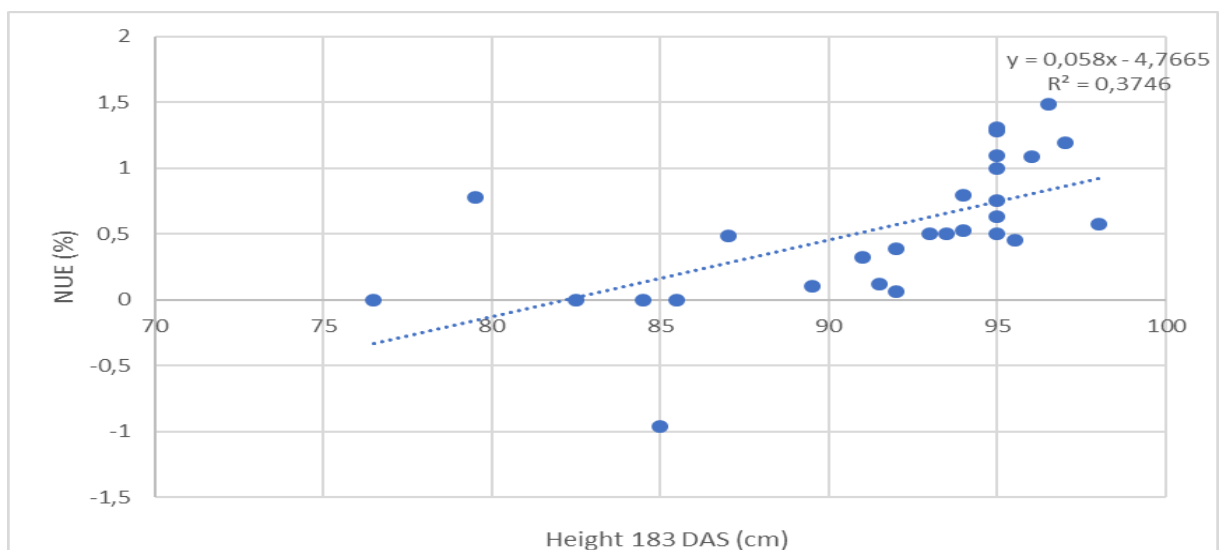
Γράφημα 29: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του ύψους (cm) (183 ΗΑΣ) και του αριθμού των φύλλων (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Στη συνέχεια, όπως γίνεται αντιληπτό από το παρακάτω γράφημα παρατηρείται θετική συσχέτιση ανάμεσα στο ποσοστό των πρωτεϊνών και το ύψος στις 183 ημέρες από την σπορά.



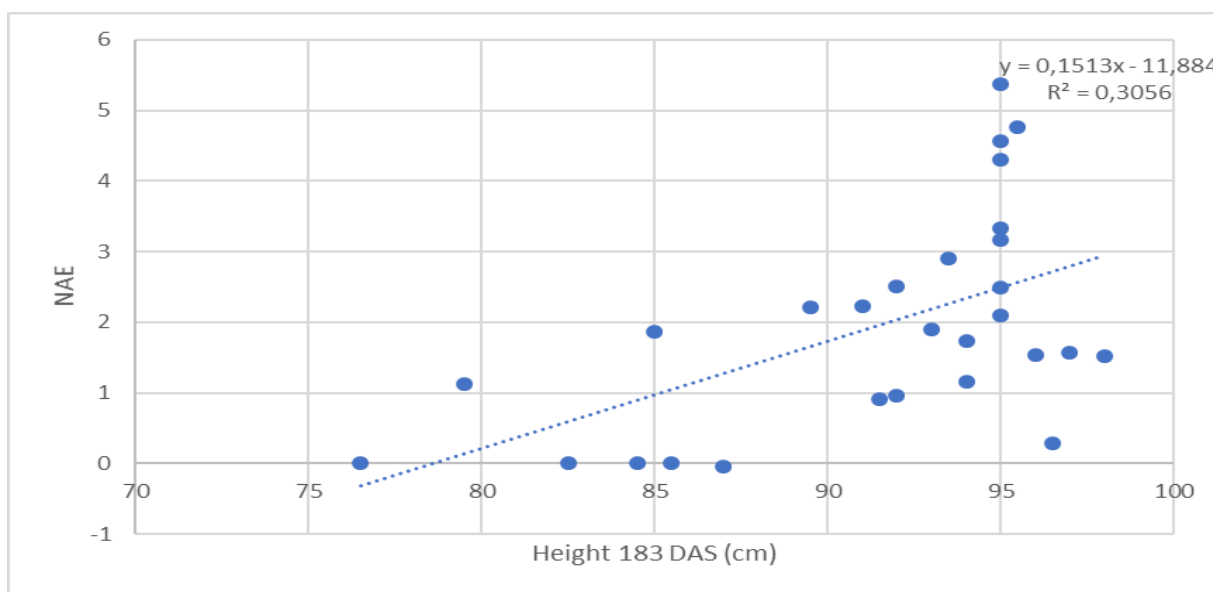
Γράφημα 30: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ύψους (cm) (183 ΗΑΣ) και ποσοστού πρωτεϊνών (%) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Επιπροσθέτως, το ύψος των φυτών στις 183 ΗΑΣ έδειξε να επηρεάζει ποσοστό αποτελεσματικότητας χρήσης αζώτου, όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.



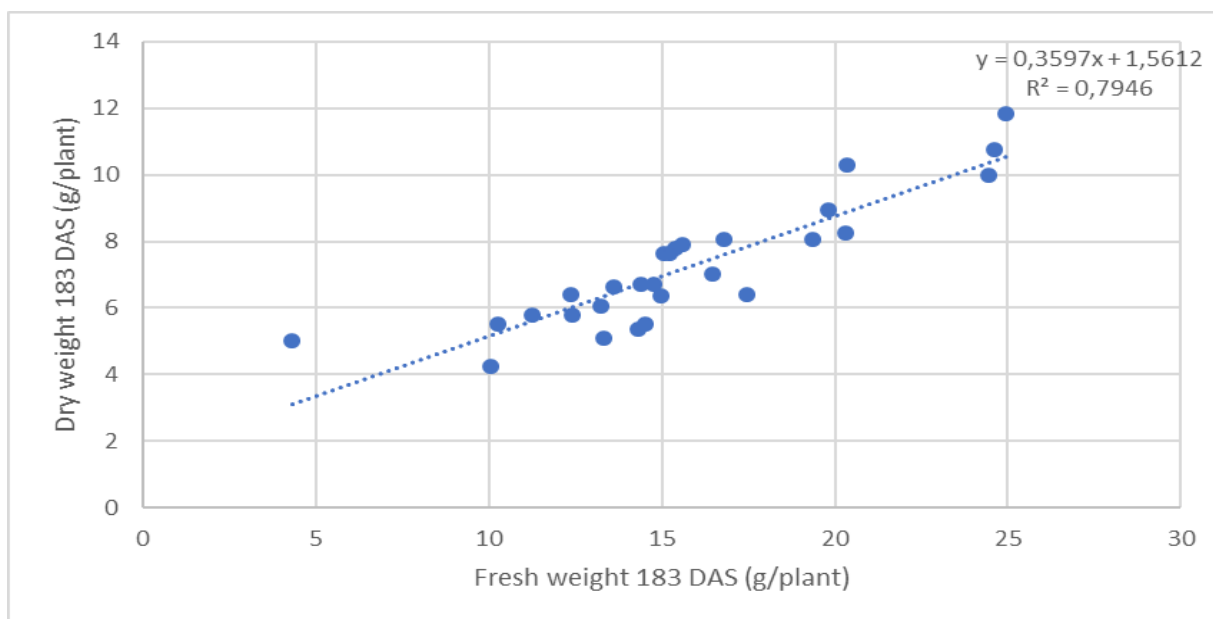
Γράφημα 31: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ύψους (cm) (183 ΗΑΣ) και δείκτη αξιολόγησης αζωτούχου λίπανσης (%) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Επίσης, το ύψος φυτών δείχνει να συνδέεται θετικά με την αγρονομική αποτελεσματικότητα αζώτου (NAE).



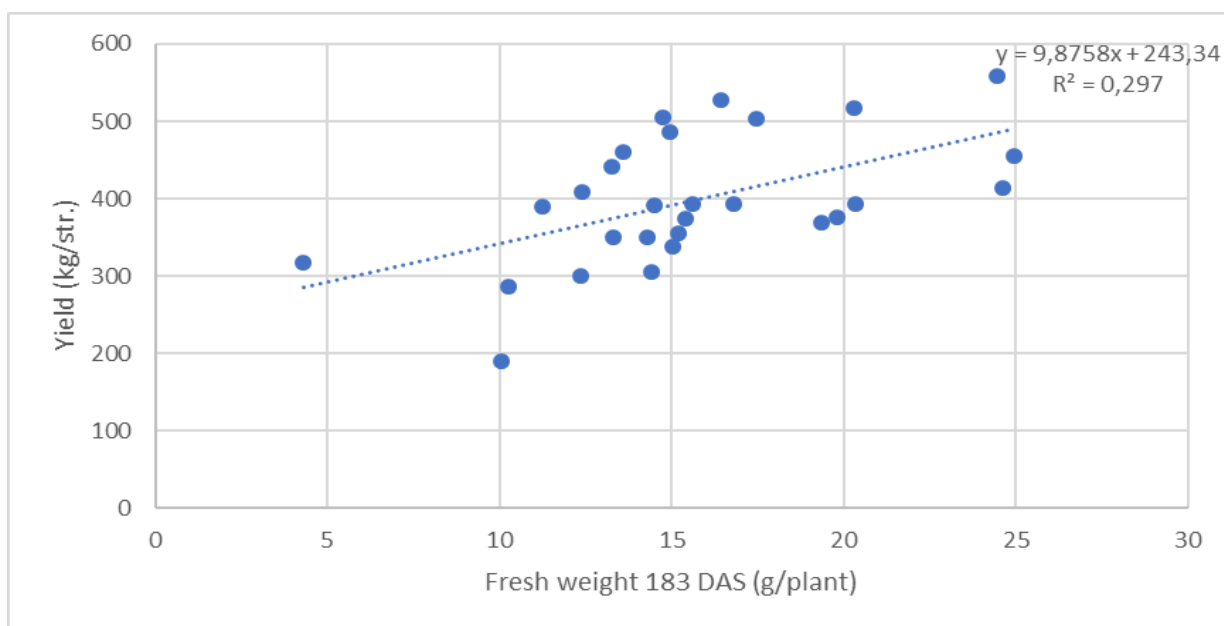
Γράφημα 32: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ύψους (cm) (183 ΗΑΣ) και δείκτη αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Θετική είναι συσχέτιση που παρουσιάζει το νωπό βάρος με το ξηρό στις 183 ΗΑΣ.



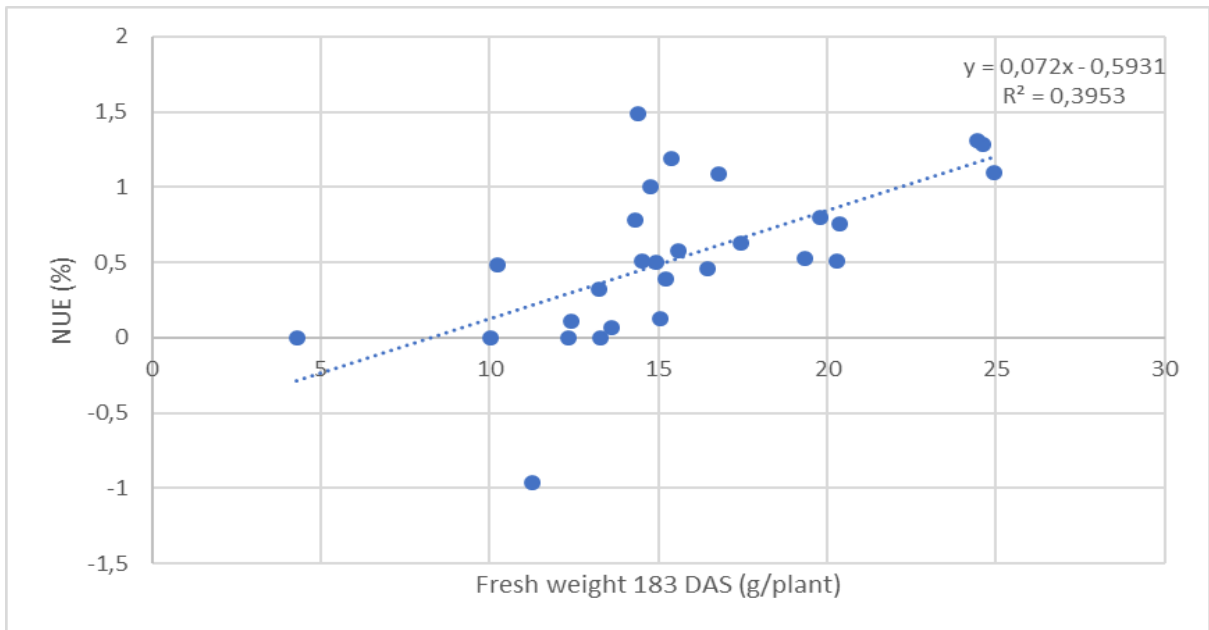
Γράφημα 33: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ νωπού βάρους (g/plant) (183 ΗΑΣ) και ξηρού βάρους (g/plant) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Το νωπό βάρος είναι εκείνο που παρουσιάζει θετική γραμμική συσχέτιση με την απόδοση όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



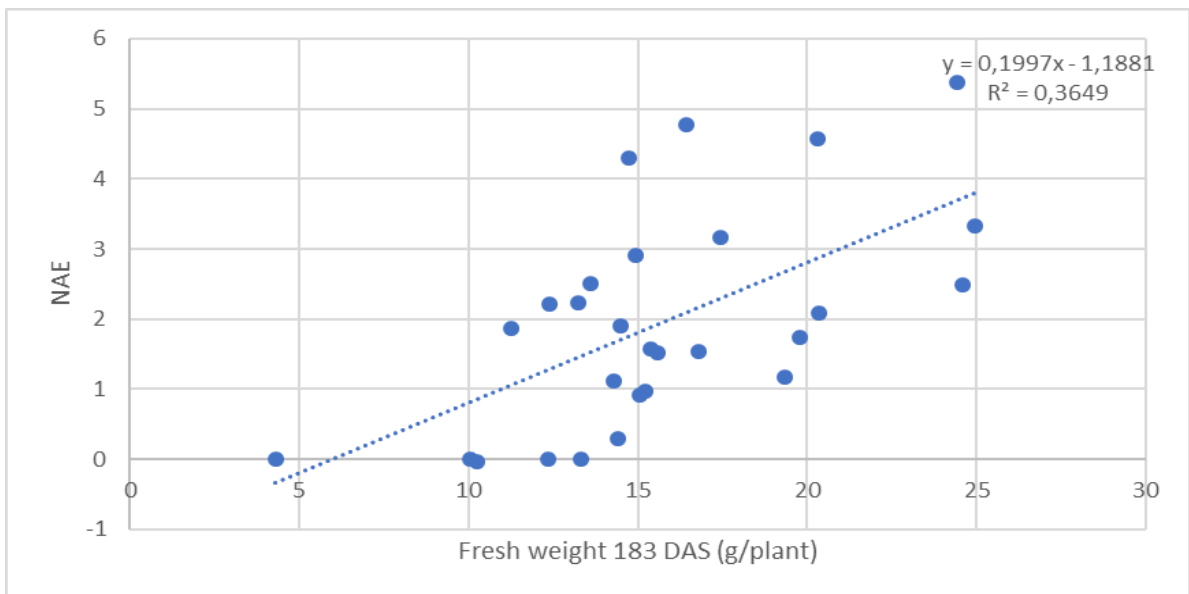
Γράφημα 34: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ νωπού βάρους (g/plant) (183 ΗΑΣ) και απόδοσης (kg/str.) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Παράλληλα, θετική είναι η συσχέτιση που παρουσιάζεται κατά τις 183 ΗΑΣ ανάμεσα στο νωπό βάρος και στο ποσοστό της αποτελεσματικότητας του αζώτου.



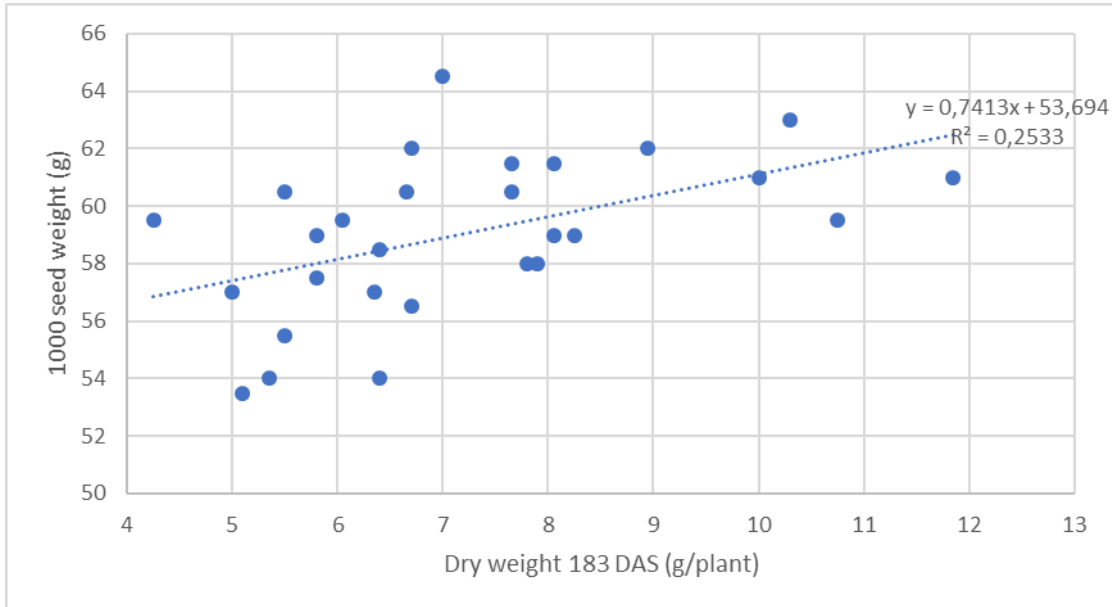
Γράφημα 35: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ νωπού βάρους (g/plant) (183 ΗΑΣ) και δείκτη αξιολόγησης αζωτούχου λίπανσης (%) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Παρατηρώντας, το παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε την θετική συσχέτιση ανάμεσα στο νωπό βάρος και στην αγρονομική αποτελεσματικότητα αζώτου.



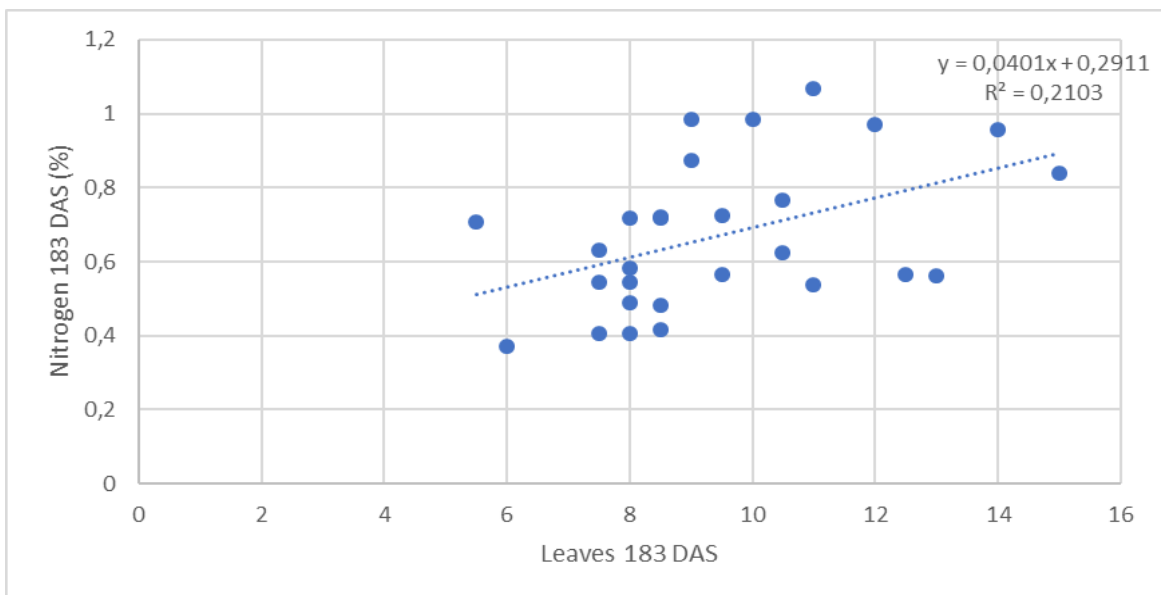
Γράφημα 36: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ νωπού βάρους (g/plant) (183 ΗΑΣ) και δείκτη αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Δύο ακόμα παράγοντες που εμφανίζουν θετική γραμμική συσχέτιση είναι το ξηρό βάρος με το βάρος 1000 σπόρων κατά τις 183 ΗΑΣ. Όπως, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



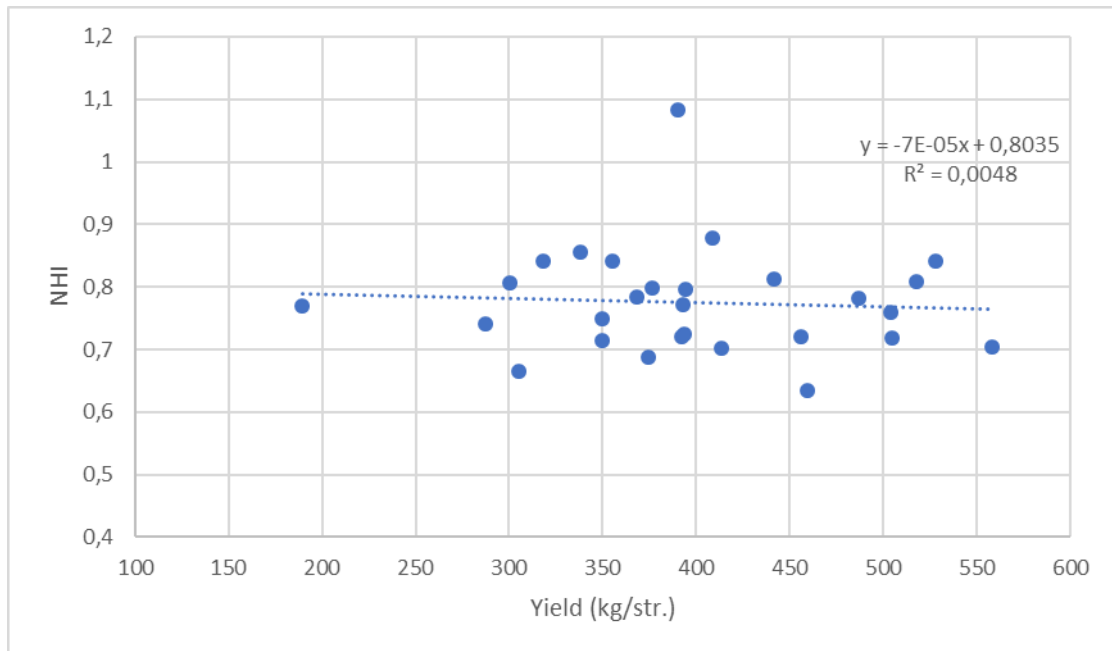
Γράφημα 37: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηρού βάρους (g/plant) (183 ΗΑΣ) και βάρους 1000 σπόρων (g) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Ακόμα, θετική είναι η συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό των φύλλων και το άζωτο βλαστών και φύλλων κατά τις 183 ΗΑΣ.



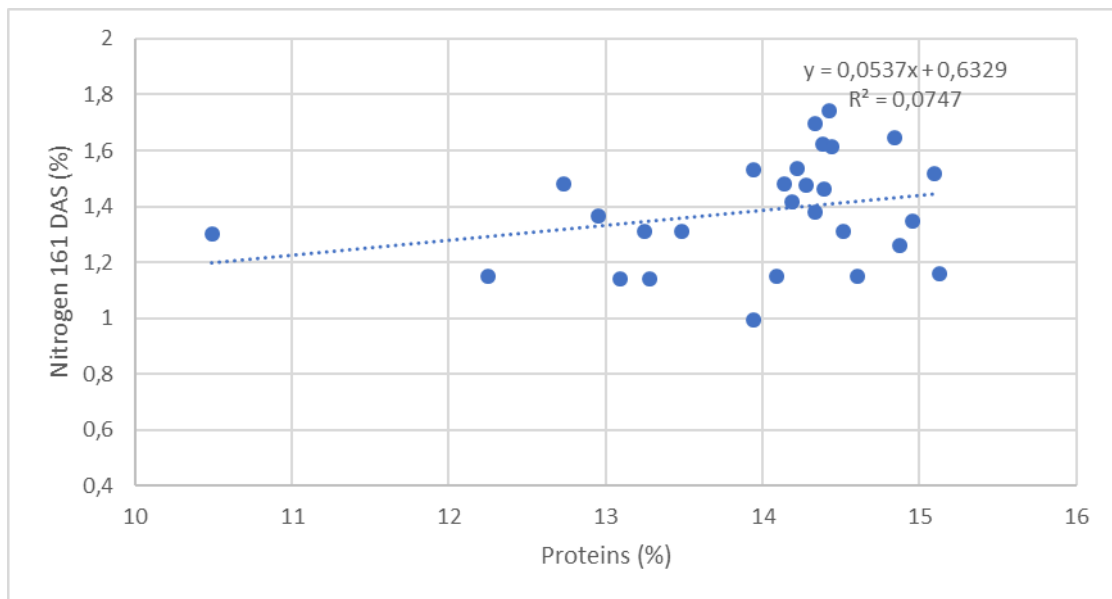
Γράφημα 38: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των φύλλων (183 ΗΑΣ) και του ποσοστού αζώτου βλαστών και φύλλων (%) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Παράλληλα, σύμφωνα με το παρακάτω γράφημα θετική συσχέτιση παρουσιάστηκε ανάμεσα στην απόδοση και στο δείκτη συγκομιδής αζώτου.



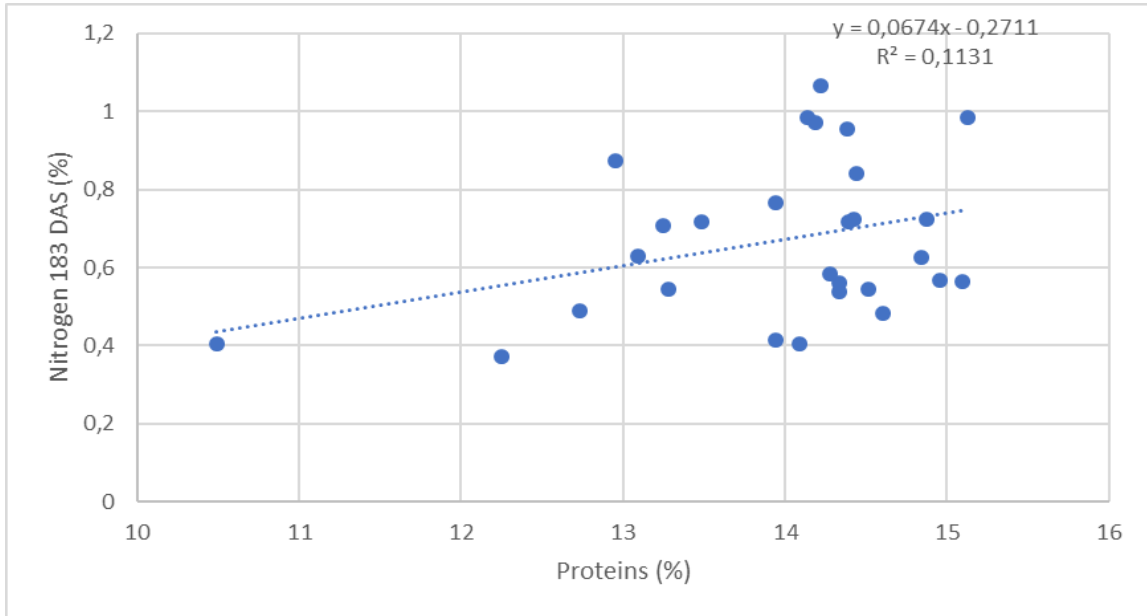
Γράφημα 39: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ απόδοσης (kg/str) και δείκτη συγκομιδής αζώτου σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Το ποσοστό πρωτεϊνών συσχετίστηκε γραμμικά θετικά με το άζωτο βλαστών και φύλλων κατά τις 161 ΗΑΣ, όπως γίνεται φανερό από το παρακάτω διάγραμμα.



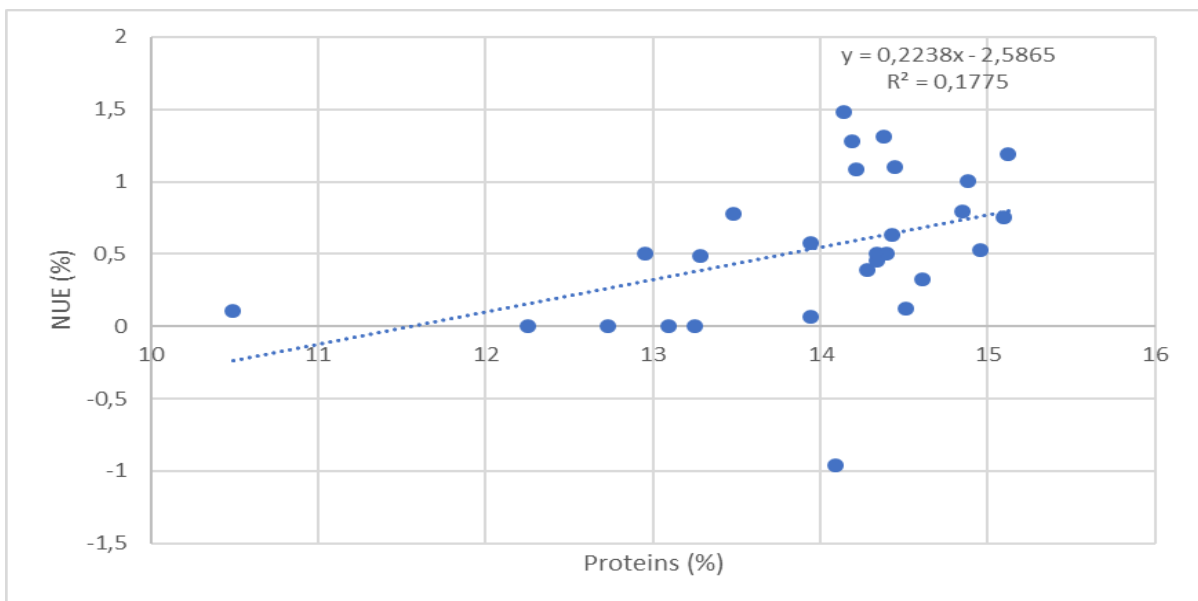
Γράφημα 40: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού πρωτεϊνών (%) και ποσοστού αζώτου βλαστών και φύλλων στις 161 ΗΑΣ (%) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Το ίδιο ακριβώς συνέβη και με το ποσοστό πρωτεϊνών το οποίο παρουσίασε γραμμική θετική συσχέτιση με το ποσοστό αζώτου βλαστών και φύλλων στις 183 ημέρες μετά την σπορά.



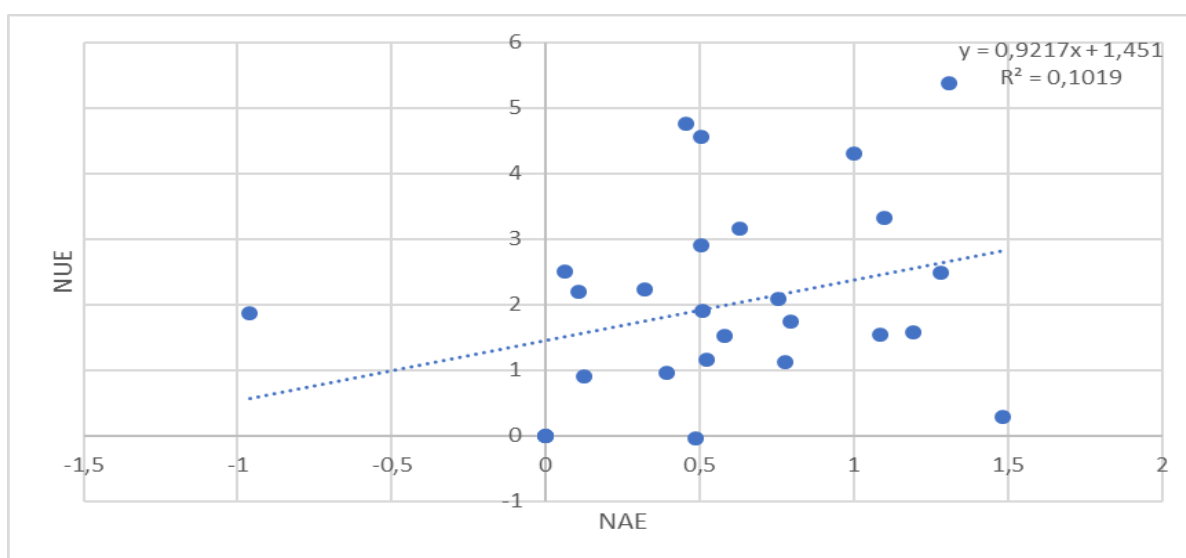
Γράφημα 41: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού πρωτεϊνών (%) (183 ΗΑΣ) και ποσοστού αζώτου βλαστών και φύλλων (%) (183 ΗΑΣ) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Ταυτόχρονα, το ποσοστό πρωτεϊνών παρουσίασε γραμμική θετική συσχέτιση με το δείκτη αξιολόγησης αζωτούχου λίπανσης, όπως παρουσιάζεται παρακάτω διαγραμματικά.



Γράφημα 42: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ποσοστού πρωτεϊνών (%) και δείκτη αξιολόγησης αζωτούχου λίπανσης (%) σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

Τέλος, γραμμική θετική ήταν και η συσχέτιση δύο δεικτών, της αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας (NAE) και του δείκτη αξιολόγησης αζωτούχου λίπανσης (NUE), και παρουσιάζεται παρακάτω διαγραμματικά.



Γράφημα 43: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ δείκτη αζωτούχου γεωργικής αποτελεσματικότητας και δείκτη αζωτούχου λίπανσης σε καλλιέργεια σκληρού σιταριού.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται η ερμηνεία, τα σχόλια και τα συμπεράσματα ανά κατηγορία χαρακτηριστικών καθώς και οι διάφοροι παράμετροι που μελετήθηκαν και αξίζει να σημειωθούν. Όπως έχει αναφερθεί σκοπός της εργασίας αυτής είναι η επίδραση της λίπανσης στην καλλιέργεια σκληρού σιταριού με παρεμποδιστή ουρέασης στις αποδόσεις και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τα έξι διαφορετικά λιπάσματα συγκρίνονται όσον αφορά στην απόδοση, στο ύψος φυτών, στον αριθμό των φύλλων, στην ποσότητα ολικού αζώτου, στην απόδοση του σπόρου σε πρωτεΐνη, στο ξηρό και νωπό βάρος των φυτών.

Ωστόσο, με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν όσον αφορά στην απόδοση, στο ύψος φυτών, στον αριθμό των φύλλων, στη ποσότητα ολικού αζώτου, στην απόδοση του σπόρου σε πρωτεΐνη, στο ξηρό και νωπό βάρος των φυτών, καθώς και στη στατιστική ανάλυση που προέκυψε από αυτές, παρατηρούμε πως η επέμβαση της λίπανσης επέδρασε σημαντικά στο σύνολο της καλλιέργειας συγκριτικά τόσο με το τεμάχιο του πειράματος

που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας και δεν δέχτηκε λίπανση όσο και μεταξύ των τεμαχίων που δέχτηκαν διαφορετικές λιπάνσεις. **Τέλος, σημειώνεται πως η εφαρμογή του σωστού επιπέδου αζώτου και στο σωστό στάδιο ανάπτυξης στη καλλιέργεια σκληρού σιταριού αποφέρει σημαντικά οφέλη τόσο στην απόδοση όσο και στην ποιότητα των κόκκων.**

Η λίπανση με άζωτο κρίνεται ως ιδιαίτερα σημαντική για τη παραγωγικότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, καθώς η έλλειψη του οδηγεί συνήθως σε μικρότερη συσσώρευση βιομάζας, μειωμένη φωτοσυνθετική ικανότητα και ευθύνεται για τις χαμηλές αποδόσεις και τις χαμηλές συγκεντρώσεις σε πρωτεΐνες (Basso et al., 2013). Το άζωτο βελτιώνει το ύψος του φυτού, το ξηρό βάρος, την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, και την απόδοση σε σπόρο. Αυξάνει επίσης την περιεκτικότητα των φυτών σε πρωτεΐνες και την ποιότητα των παραγόμενων σπόρων (Salim & Raza, 2020). Επί του παρόντος, στις σύγχρονες ποικιλίες σίτου, η συγκέντρωση πρωτεΐνης στους σπόρους απαιτείται να είναι πάνω από 12% επί της ξηρής ουσίας, το οποίο σημαίνει ότι τα αμινοξέα πρέπει να συντίθενται σε υψηλές ποσότητες στους φυτικούς ιστούς και να μεταφέρονται στους αναπτυσσόμενους σπόρους. Αυτή η διαδικασία επηρεάζεται κυρίως από την όψιμη εφαρμογή υψηλών ποσοτήτων λιπάσματος N (έως 15 kg N/στρ.), καθώς η δραστηριότητα του ριζικού συστήματος μειώνεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και μπορεί αυτό να είναι υπεύθυνο για το περιβαλλοντικό πρόβλημα των απωλειών αζώτου (Zörb et al., 2018). Η υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι υψηλής διατροφικής αξίας, ιδιαίτερα αν συνδυαστεί με την παρουσία υψηλής περιεκτικότητας απαραίτητων αμινοξέων. Η ανάγκη για μείωση των εισροών θα οδηγούσε σε μείωση των απαιτήσεων των σπόρων σε άζωτο κάτι το οποίο θα ήταν σε βάρος της πρωτεΐνης των σπόρων (Hawkesford, 2014).

Χρόνος εφαρμογής και επαρκείς ποσότητες αζώτου

Σύμφωνα με τους Zörb et al. (2018) για να επιτευχθεί υψηλή απόδοση σιτηρών προτείνονται δύο εφαρμογές λιπασμάτων με άζωτο. Η πρώτη θεωρείται απαραίτητο να γίνεται στο τέλος του χειμώνα ως βασική λίπανση με έως 6 kg N/στρ., ενώ η δεύτερη εφαρμογή να γίνεται στο στάδιο του αδελφώματος πάλι με έως 6 kg N/στρ. Μία τρίτη εφαρμογή μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν το στάδιο 37 κατά Zadoks (Zadoks, 1974) και την πλήρη έκπτυξη του φύλλου σημαία με σκοπό την κινητοποίηση των θρεπτικών στοιχείων προς τα αναπαραγωγικά μέρη του φυτού και τη συσσώρευση πρωτεϊνών στους

σπόρους (Barneix, 2007). Η ποσότητα του αζώτου που θα χορηγηθεί στη καλλιέργεια έχει σημαντικό ρόλο στο καθορισμό των τελικών αποδόσεων σε σπόρο αλλά και στη περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη. Στην έρευνα των Ali et al. (2012) αναφέρθηκε ότι ο μέγιστος αριθμός αδελφιών ανά τετραγωνικό, η απόδοση σε σπόρο και ο δείκτης συγκομιδής του χειμερινού σιταριού επιτυγχάνονται με την χορήγηση 17 kg N /στρ.. Επίσης η εφαρμογή αζώτου σε χειμερινό σιτάρι κατά την σπορά, στο στάδιο του αδελφώματος και στο στάδιο του γεμίσματος είχε ως αποτέλεσμα οι αποδόσεις να κυμαίνονται στα 328, 555 και 633 kg/στρ. όταν η καλλιέργεια δεν δέχτηκε άρδευση, δέχτηκε άρδευση στο 50% και στο 100% αντίστοιχα. Οι αποδόσεις των σπόρων αυξάνονται μέσω της αύξησης του N σε ποσοστό από 237 kg με 3.7 kg N έως 280 kg με 12 kg N ανά στρέμμα (Ali et al., 2012).

Η επιλογή της παρούσας έρευνας να εφαρμοστεί μία φορά επιφανειακή λίπανση και όχι δύο σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας συνάδει με τη πρόταση των Singh et al. (2017) οι οποίοι ισχυρίστηκαν ότι η εφαρμογή 3 και όχι 2 δόσεων αζώτου δεν αυξάνει την αποδοτικότητα χρήσης αζώτου σε διάφορους γονοτύπους μαλακού και σκληρού σιταριού.

Σε έρευνα τους σε μαλακό σιτάρι οι McKenzie et al. (2001) κατέληξαν ότι οι ξεχωριστές εφαρμογές αζώτου κατά τη βασική και επιφανειακή λίπανση, τόσο υπό τη μορφή αμμωνιακού αζώτου αλλά και ως ουρία, σε δόσεις 3 και 6 kg N/στρ. είχαν ως αποτέλεσμα την επίτευξη των υψηλότερων αποδόσεων. Ωστόσο, η υψηλότερη περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη παρατηρήθηκε με την εφαρμογή 9 kg N/στρ. Οι Gao et al. (2009) προτείνουν έπειτα από πειραματισμό με μεταβαλλόμενες δόσεις αζωτούχου λίπανσης σε καλλιέργεια χειμερινού σιταριού ότι για τις ιδιαίτερες συνθήκες των Μεσογειακών εδαφών, η αποτελεσματικότητα της χρήσης αζώτου (NUE) αυξάνεται με εφαρμογή αζώτου τόσο κατά τη βασική λίπανση αλλά επίσης και επιφανειακά πριν την επιμήκυνση των βλαστών. Στο πείραμα τους η εφαρμογή 24 kg N/στρ. μπορεί να είχε ως αποτέλεσμα τις υψηλότερες αποδόσεις σε σπόρο σε σχέση με την εφαρμογή 12 kg N/στρ. αλλά η τιμή του δείκτη NUE δεν μπορούσε να δικαιολογήσει τις αυξανόμενες δόσεις του λιπάσματος. Ο δείκτης NUE μπορεί να παραμείνει χαμηλός σε περιπτώσεις όπου η λίπανση είναι υψηλή (Bogard et al., 2010). Μία μελέτη από το Ηνωμένο Βασίλειο έδειξε πως ο θετικός αντίκτυπος των αυξανόμενων αποδόσεων σε συνδυασμό με το πρόσθετο όφελος που προκύπτει από την αύξηση της περιεκτικότητας της καλλιέργειας σε άζωτο οφείλεται στη χορήγηση αυξανόμενων δόσεων αζώτου (Hawkesford, 2014). Με την εφαρμογή

λιπάσματος αζώτου μεταξύ 0 και 20 kg N/στρ., τόσο η απόδοση όσο και η πρόσληψη N αυξάνονται σημαντικά. Στο υψηλότερο ποσοστό εφαρμογής N (35 k/στρ.), δεν παρατηρήθηκε περαιτέρω αύξηση της απόδοσης, αν και η περαιτέρω πρόσληψη N ήταν εμφανής.

Οι Liu et al. (2016) σε μελέτη τους στην αποτελεσματικότητα της χρήσης αζωτούχου λιπάσματος αργής αποδέσμευσης σε χειμερινό σιτάρι βρήκαν ότι η εφαρμογή ενός τέτοιου λιπάσματος σε δόση περίπου στο 75% της προτεινόμενης συμβατικής λίπανσης για τη συγκεκριμένη περιοχή της Κίνας (δηλαδή 18 kg N/στρ.) εξασφαλίζει ικανοποιητικές αποδόσεις, ενώ παράλληλα μειώνονται και οι ποσότητες λιπάσματος που χορηγούνται στη καλλιέργεια. Οι Litke et al. (2017) έδειξαν ότι σε καλλιέργεια χειμερινού σιταριού η απόδοση σε σπόρο αυξάνει στατιστικώς σημαντικά με την αύξηση της δόσης της αζωτούχου λίπανσης έως τα 18 kg/στρ. Μεγαλύτερες από αυτήν δόσεις δεν αυξάνουν στατιστικώς σημαντικά την απόδοση και επομένως δεν προτείνεται η εφαρμογή τους εφόσον δεν αυξάνουν τη παραγωγικότητα της καλλιέργειας σε σημείο που να δικαιολογεί τη χρήση τους. Οι Salim & Raza (2020) αναφέρουν ότι έπειτα από πειραματισμό με διαφορετικές συγκεντρώσεις αζώτου στην απόδοση του σίτου και με εφαρμοζόμενες δόσεις τα 0, 2.5, 5, 7.5, 10 και 12.5 kg/στρ., προέκυψε το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή αζώτου N στη ποσότητα των 12.5 kg/στρ. αύξησε τη συσσώρευση ξηρού βάρους, τον αριθμό των φύλλων, το ύψος των φυτών, τις αποδόσεις αχύρου, τον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ, το βάρος χιλίων σπόρων και την πρόσληψη αζώτου. Η υπερβολική χρήση λιπάσματος αζώτου N με συνολικό μέσο όρο ποσοστών εφαρμογής έως 50 kg N το στρέμμα για το χειμερινό σιτάρι γίνεται σπάνια, ακόμη και στην Κίνα (Cui et al., 2018). Τέτοια υψηλά ποσοστά αζώτου θα οδηγήσουν αναπόφευκτα σε μεγάλες απώλειες αζώτου (Liu et al., 2013). Ωστόσο, εάν τα ποσοστά αζώτου N μειώνονται μαζικά, η καλλιέργεια σιταριού δεν θα μπορέσει να εκμεταλλευτεί το γενετικό δυναμικό επαρκώς και να συσσωρεύσει το κατάλληλο ποσοστό πρωτεϊνών και βάρους στους σπόρους (Yu et al., 2017).

Οι Stephen et al. (2005) προτείνουν ότι το βέλτιστο χρονικό σημείο εφαρμογής αζώτου στη καλλιέργεια μαλακού σιταριού *Triticum aestivum* είναι στο στάδιο του αδελφώματος και όχι νωρίτερα ή αργότερα από αυτό. Η έρευνα των συγκεκριμένων ερευνητών έδειξε ότι η εφαρμογή μικρών δόσεων αζώτου της τάξης των 6-7 kg/στρ. είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο αντίκτυπο στην απόδοση σε σπόρο της καλλιέργειας (περίπου 134 kg/στρ.) από μία δεύτερη εφαρμογή αζώτου σε μεγαλύτερες δόσεις (της τάξης των 12-14 kg/στρ.),

η οποία συγκριτικά με την προηγούμενη δεν προσδίδει μεγάλη αύξηση των αποδόσεων (περίπου 34 kg/στρ.). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Linina & Ruza (2018) ότι η εφαρμογή μεγαλύτερων δόσεων αζώτου από αυτές που χρειάζονται για τη βέλτιστη παραγωγή δεν αυξάνουν την αποδοτικότητα χρήσης αζώτου.

Οι López-Bellido et al. (2006) σε πειραματισμό τους για τη βέλτιστη χρονική στιγμή χορήγησης αζώτου στη καλλιέργεια χειμερινού σιταριού σε Μεσογειακά εδάφη, πρότειναν ότι η εφαρμογή 15 kg αζώτου το στρέμμα στο στάδιο ανάμεσα στο αδελφωμα και στην επιμήκυνση του βλαστού αυξάνουν την αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου (NUE) και μειώνουν τις απώλειες αζώτου από έκπλυση. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ιταλία το διάστημα 2008-2010 και αφορούσε την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση χειμερινού σιταριού *Triticum durum* παρατηρήθηκε ότι σε δύο διαδοχικές χρονιές, στις οποίες επικράτησαν διαφορετικές βροχοπτώσεις, η απόδοση σε σπόρο στις επεμβάσεις με 3 και 7 kg N το στρέμμα κυμάνθηκαν ανάμεσα στα 215 και 320 kg το στρέμμα. Αντίθετα όταν αυξήθηκε η δόση στα 9 kg N/στρ. οι αποδόσεις κυμάνθηκαν στα 265-340 kg/στρ. (Basso et al., 2013). Τα αποτελέσματα της έρευνας των Liu & Shi (2013) έδειξαν ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σιταριού, η συσσώρευση βάρους των σπόρων και οι αποδόσεις της καλλιέργειας σε σπόρο αυξάνονται και βελτιώνονται σταδιακά με την αυξανόμενη εφαρμογή αζώτου με τη μορφή ουρίας ως βασική λίπανση από τα 0 στα 25 kg/στρ. Οι ίδιοι συγγραφείς έδειξαν ότι η λίπανση με 30 kg/στρ. είχε ως συνέπεια χαμηλότερες αποδόσεις και μικρότερη συσσώρευση βάρους στο στάδιο του γεμίσματος των σπόρων. Ως εκ τούτου, πρότειναν ότι για τις ιδιαίτερες συνθήκες του πειράματος που πραγματοποίησαν, το ιδανικό επίπεδο λίπανσης με άζωτο είναι στα 25 kg/στρ. λαμβάνοντας ως παράγοντες την απόδοση της καλλιέργειας και τη ποιότητα. Αυτό το αποτέλεσμα έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας η οποία έδειξε ότι εφαρμογή 25 kg N/στρ. με την επιφανειακή λίπανση με UTEC 46 απέδωσε τις υψηλότερες αποδόσεις, ενώ παράλληλα αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των σπόρων.

Επιπρόσθετα, σε χειμερινό σιτάρι οι Shi & Yu (2008) σε έρευνα που πραγματοποίησαν στη Κίνα προτείνουν ότι η εφαρμογή αυξανόμενων δόσεων αζώτου στο στάδιο της αύξησης των μεσογονατίων (κατά Zadoks 30-39) προωθεί τη κινητοποίηση το αζώτου από τα βλαστητικά μέρη του φυτού προς το σπόρο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη αλλά και οι αποδόσεις.

Οι Basso et al. (2013) πρότειναν ότι η απαιτούμενη ποσότητα αζώτου για τη λήψη υψηλών αποδόσεων σε σπόρο χειμερινού σιταριού δεν είναι εξαρτώμενη μόνο από χωρικές παραμέτρους, αλλά επίσης από τη ποσότητα και τη κατανομή των βροχοπτώσεων στον αγρό καθώς και από την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους, ιδίως κατά την εποχή εφαρμογών αζωτούχων λιπάνσεων την άνοιξη. Η εφαρμογή της αζωτούχου λίπανσης δεν μπορεί να αναλυθεί ως μοναδική παράμετρος της ευρωστίας της καλλιέργειας, αλλά πρέπει να συνδυάζεται με διάφορες άλλες καλλιεργητικές εργασίες και εδαφολογικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους. Οι ίδιοι συγγραφείς βρήκαν ότι δεν υπήρχε σημαντική συσχέτιση των επίπεδων αζώτου με τις αποδόσεις της καλλιέργειας, κάτι το οποίο έρχεται σε συμφωνία με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας για τη συσχέτιση της απόδοσης με τα επίπεδα αζώτου των βλαστών 183 ΗΑΣ, αλλά σε αντίθεση με τη συσχέτιση των επιπέδων αζώτου με τη συγκέντρωση πρωτεϊνών όπου παρουσιάζεται σημαντική θετική συσχέτιση (Γράφημα 41). Οι López-Bellido et al. (2007) επισήμαναν τη σημασία του εδαφικού ορίζοντα σε βάθος 30-60 εκ. για τη πρόσληψη νερού από τη καλλιέργεια, η οποία είναι σε άμεση συνάφεια με τις αυξανόμενες δόσεις αζώτου. Προσοχή πρέπει να αποδίδεται στο τρόπο εφαρμογής αζώτου καθώς έχειδειχθεί ότι συστήματα που περιέχουν ως καλλιέργεια το σιτάρι και δεν γίνεται κατεργασία ή όταν αυτή είναι μειωμένη, μία επιφανειακή λίπανση μπορεί να λειτουργήσει προς όφελος της ανάπτυξης ζιζανίων (όπως η αγριοβρώμη και ο βρώμος) και σε βάρος του δείκτη NUE και των αποδόσεων σε σπόρο της καλλιέργειας (Blackshaw, 2004). Προσοχή χρειάζεται να αποδίδεται επίσης στη μακροχρόνια χρήση και τις επαναλαμβανόμενες εφαρμογές αζωτούχων λιπάνσεων (ακόμα και διαφορετικών τύπων όπως ουρίας ή αμμωνιακές) καθώς έχει βρεθεί ότι συσχετίζονται με την οξίνιση των εδαφών (μείωση του εδαφικού pH) επηρεάζοντας με αυτό το τρόπο τις φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών και ακολούθως τη παραγωγικότητα και βιωσιμότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων (Schroder et al., 2011).

Συμπεράσματα

Γενικά, η αναποτελεσματική χρήση λιπασμάτων μπορεί να συμβάλει στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος, σε εντατικά γεωργικά συστήματα όπου εφαρμόζονται πολλά λιπάσματα και η αποκατάσταση και η αποδοτικότητα της χρήσης θρεπτικών συστατικών από τις καλλιέργειες είναι σχετικά χαμηλή. Ένα τμήμα του αζώτου που δεν χρησιμοποιείται από την καλλιέργεια θεωρείται ότι έχει χαθεί στο περιβάλλον μέσω της απονιτροποίησης, της απορροής, της πτητικοποίησης, της έκπλυσης και των εκπομπών

αερίων από τα φυτά. Οι απώλειες αυτές προκαλούν ανησυχίες σχετικά με τη μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Ως εκ τούτου, τα λιπάσματα αργής αποδέσμευσης είναι λιπάσματα σχεδιασμένα για να απελευθερώνουν αργά τα θρεπτικά συστατικά. Τέτοια προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μεγιστοποιήσουν την αποδοτικότητα χρήσης λιπάσματος και να ελαχιστοποιήσουν τις πιθανές απώλειες στο περιβάλλον. Η αυξημένη αποδοτικότητα της χρήσης θρεπτικών συστατικών μπορεί επίσης να αυξήσει την απόδοση και την ποιότητα των καλλιεργειών, καθώς και τα οικονομικά οφέλη για τους καλλιεργητές (Giday, 2019). Πολλά πειράματα αποδεικνύουν ότι η καλύτερη αγρονομική τεχνική στην εφαρμογή αζώτου είναι οι ξεχωριστές εφαρμογές στα στάδια της σποράς, του αδελφώματος, της επιμήκυνσης του στελέχους και, εάν είναι απαραίτητο στο γέμισμα των σπόρων. Οι ξεχωριστές εφαρμογές αζώτου φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικές από την εφαρμογή της συνολικής ποσότητας κατά τη βασική λίπανση, κάτι το οποίο προσδίδει περίπου 15% αύξηση στην αποτελεσματικότητα χρήσης του αζώτου. Αυτή η στρατηγική φαίνεται να είναι αποτελεσματική στη μείωση της απώλειας νιτρικών αλάτων μέσω της έκπλυσης και της απονιτροποίησης, κάτι που διατρέχει μεγαλύτερο κίνδυνο κατά τη χειμερινή περίοδο, όταν συγκεντρώνονται οι βροχοπτώσεις στο μεσογειακό κλίμα. Στην πραγματικότητα, διάφοροι τύποι απόδοσης αζώτου και αποτελεσματικότητας της λίπανση N, αυξάνονται όταν το λίπασμα εφαρμόζεται κατά τη φάση επιμήκυνσης του στελέχους, ενώ σε υψηλότερα επίπεδα N κατά το χρόνο σποράς και κατά το αδελφωμα οδηγούν σε χαμηλή αποτελεσματικότητα. Η ξεχωριστή εφαρμογή του αζώτου φαίνεται να είναι μια αποτελεσματική μέθοδος αποφυγής περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με την πιθανή απώλεια αυτού του στοιχείου. Παράλληλα, αυτή η επιλογή θα μπορούσε να μεγιστοποιήσει την αποτελεσματικότητα της γονιμοποίησης του σίτου, αυξάνοντας την απόδοσή του στην περιοχή της Μεσογείου, παρέχοντας ορθολογική στρατηγική διαχείρισης της καλλιέργειας στην περιοχή (Tedone et al., 2017).

Μειώνοντας τις ανάγκες των σιτηρών σε N εξασφαλίζεται η αύξηση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής N στην καλλιέργεια σιταριού. Οι υψηλότερες αποδόσεις με παράλληλα χαμηλότερες εισροές θα ήταν ένα επιθυμητό σενάριο, ωστόσο υπάρχουν σοβαροί περιορισμοί για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος. Επομένως, για τον καθορισμό του NUE πρέπει να λαμβάνουμε υπόψιν διάφορες φυσιολογικές και μορφολογικές παραμέτρους. Η αποδοτικότητα χρήσης αυξάνεται όταν αυξάνονται οι αποδόσεις ενώ παραμένουν σταθερές οι εισροές, κάτι το οποίο μπορεί να λειτουργήσει

σε βάρος των ποιοτικών χαρακτηριστικών (Hawkesford, 2014). Η πολύ όψιμη αζωτούχος λίπανση κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, δεν έχει τόσο σημαντικές επιπτώσεις στην απόδοση, αλλά μπορεί να αυξήσει την περιεκτικότητα των πρωτεϊνών των σπόρων (Tedone et al., 2017). Η επιλογή στη παρούσα έρευνα να εφαρμοστεί η επιφανειακή λίπανση νωρίς την άνοιξη έρχεται σε συμφωνία με τη πρόταση των López-Bellido et al. (2006) ότι η εφαρμογή σε αυτό το χρονικό σημείο αυξάνει την πρόσληψη αζώτου από τα φυτά, ενώ αυξάνεται και η αποτελεσματικότητα χρήσης αζώτου (NUE). Η έρευνα των συγκεκριμένων ερευνητών ανέδειξε ότι ο δείκτης συγκομιδής αζώτου (NHI) στο μάρτυρα ήταν 0.82, μία τιμή παραπλήσια με τη τιμή του μάρτυρα σε αυτή την έρευνα (0.79). Η τιμή NHI για τη μεταχείριση UTEC 46 ήταν περίπου 0.75, μία τιμή που επιτεύχθηκε όταν οι ερευνητές χρησιμοποίησαν 10 kg N/στρ. ως βασική λίπανση και άλλα 5 kg N/στρ. ως επιφανειακή στο στάδιο της επιμήκυνσης των βλαστών.

Στην Ισπανία μία μελέτη για την οικονομικότητα της εφαρμογής αζώτου έδειξε ότι οι υψηλότερες αποδόσεις επιτυγχάνονταν με εφαρμογή 18,2 kg N/στρ. Ωστόσο, έπειτα από τον υπολογισμό των εσόδων που προκύπτουν από τη καλλιέργεια χειμερινού σίτου αλλά και τις απαραίτητες εισροές, οι βέλτιστες δόσεις αζώτου κυμάνθηκαν στα 14,4-17,4 kg/στρ. για να αποδώσουν στους παραγωγούς 46-167 €/στρ. Αντίστοιχα, η βέλτιστη δόση αζώτου το στρέμμα για να επιτευχθεί η βέλτιστη συγκέντρωση πρωτεΐνης των σπόρων, λαμβάνοντας υπόψιν και οικονομικούς παράγοντες, είναι 17,6 kg N/στρ. Το άζωτο στη προηγούμενη μελέτη εφαρμόστηκε ως νιτρικό αμμώνιο.

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε κάτω από τις ιδιαίτερες συνθήκες της περιοχής της Κωπαΐδας, όπου το ύψος βροχοπτώσεων, τα γόνιμα εδάφη και οι διαχρονικά υψηλές εισροές, έχουν καταστήσει τη καλλιέργεια του σκληρού σιταριού ιδιαίτερα κερδοφόρα για τη περιοχή. Οι διαφορετικές επιφανειακές λιπάνσεις που ελέγχθηκαν παρουσίασαν διαφορετικές επιδράσεις στη βλαστητική ανάπτυξη των φυτών και στα στοιχεία της απόδοσης. Συνοπτικά, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας ήταν σε συμφωνία με τα ερευνητικά δεδομένα για τη καλλιέργεια του σκληρού σιταριού σε άλλες χώρες και καταγράφονται παρακάτω:

- Η ξεχωριστή εφαρμογή αζώτου κατά τη βασική λίπανση με 22.5 kg/στρ. με τη μορφή 20-20-0 και κατά την επιφανειακή λίπανση στο στάδιο του καλαμώματος με 25 kg/στρ. ως UTEC 46 ήταν η βέλτιστη εφαρμογή, αποδίδοντας 6,8-45% υψηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις και 13,49% υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες από το μάρτυρα.

- Η αποδοτικότητα χρήσης αζώτου παραμένει υψηλή με την εφαρμογή αζώτου στη καλλιέργεια του σκληρού σιταριού σε δύο δόσεις, με τη πρώτη να εφαρμόζεται κατά τη σπορά και τη δεύτερη μετά το στάδιο του αδελφώματος.
- Η επίτευξη υψηλών συγκεντρώσεων πρωτεϊνών στους σπόρους μπορεί να επιτευχθεί με εφαρμογή αζωτούχων λιπάνσεων αργής αποδέσμευσης μετά το στάδιο του αδελφώματος, ώστε τα φυτά να διατηρήσουν την ικανότητα τροφοδοσίας των σπόρων με θρεπτικά συστατικά καθ' όλη τη διάρκεια του γεμίσματος των σπόρων. Αυτό το χαρακτηριστικό θα μπορούσε να αποτελέσει πλεονέκτημα για την αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας των παραγόμενων σπόρων, προσδίδοντας υψηλή προστιθέμενη αξία στα τελικά προϊόντα. Σύμφωνα με τους Zorb et al. (2018) η σωστή επιλογή του τύπου του λιπάσματος και ο καθορισμός της σωστής δόσης αζώτου είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την αύξηση της πρωτεΐνης των σπόρων και των αποδόσεων καθώς το άζωτο συσσωρεύεται στους σπόρους με δύο τρόπους: (i) είτε με επανακινητοποίηση του αζώτου από τα φύλλα και τους βλαστούς προς τους σπόρους, (ii) είτε από το έδαφος μετά την άνθηση.
- Αναλύοντας τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό των δεικτών NUE, NHI, NAE μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μεταχείριση UTEC 46 στη δόση των 25 kg /στρ. αυξάνει τις αποδόσεις της καλλιέργειας, βελτιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σπόρων, ενώ παράλληλα αποτελεί τη πλέον αποτελεσματική επιφανειακή λίπανση για τη καλλιέργεια του σκληρού σιταριού για τις ιδιαίτερες συνθήκες του συγκεκριμένου πειράματος που πραγματοποιήθηκε στη Κοπαΐδα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

1. Aizpurua, A., Estavillo, J. M., Castellón, A., Alonso, A., Besga, G., & Ortuzar-Iragorri, M. A. (2010). Estimation of optimum nitrogen fertilizer rates in winter wheat in humid Mediterranean conditions, II: Economically optimal dose of nitrogen. *Communications in soil science and plant analysis*, 41(3), 301-307.
2. Ali, A., Khaliq, T., Ahmad, A., Ahmad, S., Malik, A. U., & Rasul, F. (2012). How wheat responses to nitrogen in the field. A review. *Crop and Environment*, 3(1-2), 71-76.
3. Barker, A.V. & Bryson, G.M. (2012). Nitrogen, In: Books in Soils, Plants, and the Environment, Vol. 117- Handbook of Plant Nutrition (Baker, A.V., Pilbeam, D.J. eds. CRC Press, Boca Raton, pp. 21-50.
4. Barneix, A. J. (2007). Physiology and biochemistry of source-regulated protein accumulation in the wheat grain. *Journal of plant physiology*, 164(5), 581-590.
5. Basso, B., Cammarano, D., Fiorentino, C., & Ritchie, J. T. (2013). Wheat yield response to spatially variable nitrogen fertilizer in Mediterranean environment. *European journal of Agronomy*, 51, 65-70.
6. Blackshaw, R. E. (2004). Application method of nitrogen fertilizer affects weed growth and competition with winter wheat. *Weed Biology and Management*, 4(2), 103-113.
7. Bogard, M., Allard, V., Brancourt-Hulmel, M., Heumez, E., Machet, J. M., Jeuffroy, M. H., ... & Le Gouis, J. (2010). Deviation from the grain protein concentration–grain yield negative relationship is highly correlated to post-anthesis N uptake in winter wheat. *Journal of Experimental Botany*, 61(15), 4303-4312.
8. Cox, M.C., C.O. Qualset and D.W. Rains. (1986). Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop Science* 25: 435-440.
9. Cui, Z., Zhang, H., Chen, X., Zhang, C., Ma, W., Huang, C., ... & Gao, Q. (2018). Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers. *Nature*, 555(7696), 363-366.
10. Curtis, 2002. Wheat in the World, *Plant Production and Protection* 30: 1 – 18.
11. Delorit R.J., L.J. Greub and H.L. Ahlgren. (1984). *Crop production*, fifth edition. Prentice-Hall, Inc, New Jersey. 768 pp.

12. Dubetz, S., & Wells, S. A. (1968). Reaction of barley varieties to nitrogen fertilizer. *The Journal of Agricultural Science*, 70(3), 253-256.
13. Dvorak, J., Luo, M. C., & Akhunov, E. D. (2011). NI Vavilov's theory of centres of diversity in the light of current understanding of wheat diversity, domestication and evolution. *Czech J Genet Plant Breed*, 47, S20-S27.
14. Fageria, N. K., & Prabhu, A. S. (2003). Response of lowland rice to nitrogen application and seed treatment with fungicide doses to blast control. *Pesq. Agropec. Brasileira*, 39, 123-129.
15. Fatima S., Arshad M., Khalil S., Ali A., Amjad M. S., & Kausar R., (2014). Utilization of synthetics for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum*), *International journal of Biosciences* 5(1): 104-112.
16. Gaines, C. S., Finney, P. L., & Rubenthaler, G. O. R. D. O. N. (1996). Milling and baking qualities of some wheats developed for eastern or northwestern regions of the United States and grown at both locations. *Cereal Chemistry*, 73(5), 521-525.
17. Gao, Y., Li, Y., Zhang, J., Liu, W., Dang, Z., Cao, W., & Qiang, Q. (2009). Effects of mulch, N fertilizer, and plant density on wheat yield, wheat nitrogen uptake, and residual soil nitrate in a dryland area of China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 85(2), 109-121.
18. Giday, O. (2019). Effect of type and rate of urea fertilizers on nitrogen use efficiencies and yield of wheat (*Triticum aestivum*) in Northern Ethiopia. *Cogent Environmental Science*, 5(1), 1655980.
19. Hawkesford, M. J. (2014). Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of cereal science*, 59(3), 276-283.
20. Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager Moller, I., White, P. (2012). Functions of macronutrients, In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Marschner, P. ed.). Academic Press, London, pp. 135-189.
21. Heitholt, J. J., Croy, L. I., Maness, N. O., & Nguyen, H. T. (1990). Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in grain N concentration. *Field crops research*, 23(2), 133-144.
22. Herdel, K., Schmidt, P., Feil, R., Mohr, A., & Schurr, U. (2001). Dynamics of concentrations and nutrient fluxes in the xylem of *Ricinus communis*—diurnal course, impact of nutrient availability and nutrient uptake. *Plant, Cell & Environment*, 24(1), 41-52.

23. Janssen, B. H. (1998). Efficient use of nutrients: an art of balancing. *Field Crops Research*, 56(1-2), 197-201.
24. Jenner, C. F., Ugalde, T. D., & Aspinall, D. (1991). The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Functional Plant Biology*, 18(3), 211-226.
25. Johanson E., Prieto- Linde M.L. & Jonsson, J.O. (2001). Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chemistry* 78: 19-25.
26. Killen G. J., Newman C.W., Eslick R.F. & El-Negoumy A.M. (1978). The effect of nitrogen fertilizer on the nutritional quality of barley. *Proc. West. Sec. Am. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.* 29: 169-171.
27. Linina, A., & Ruza, A. (2018). The influence of cultivar, weather conditions and nitrogen fertilizer on winter wheat grain yield. *Agronomy Research*, 16(1), 147-156.
28. Litke, L., Gaile, Z., & Ruža, A. (2017). Nitrogen fertilizer influence on winter wheat yield and yield components depending on soil tillage and forecrop. *Res. Rural Dev*, 23, 54-61.
29. Liu, D., & Shi, Y. (2013). Effects of different nitrogen fertilizer on quality and yield in winter wheat. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(5), 646-649.
30. Liu, R., Kang, Y., Pei, L., Wan, S., Liu, S., & Liu, S. (2016). Use of a new controlled-loss-fertilizer to reduce nitrogen losses during winter wheat cultivation in the Danjiangkou reservoir area of China. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(9), 1137-1147.
31. Liu, X., Zhang, Y., Han, W., Tang, A., Shen, J., Cui, Z., ... & Fangmeier, A. (2013). Enhanced nitrogen deposition over China. *Nature*, 494(7438), 459-462.
32. López-Bellido, L., López-Bellido, R. J., & López-Bellido, F. J. (2006). Fertilizer nitrogen efficiency in durum wheat under rainfed Mediterranean conditions: Effect of split application. *Agronomy journal*, 98(1), 55-62.
33. López-Bellido, R. J., López-Bellido, L., Benítez-Vega, J., & López-Bellido, F. J. (2007). Tillage system, preceding crop, and nitrogen fertilizer in wheat crop: I. Soil water content. *Agronomy journal*, 99(1), 59-65.
34. Marschner, H., Kirkby, E., Cakmak, I. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *Journal of Experimental Botany*, 47: 1255-1263.

35. McKenzie, R. H., Middleton, A. B., & Zhang, M. (2001). Optimal time and placement of nitrogen fertilizer with direct and conventionally seeded winter wheat. *Canadian Journal of Soil Science*, 81(5), 613-622.
36. Nasholm, T., Kielland, K. & Ganeteg, U. (2009). Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytologist*, 182, 31-48.
37. Neeteson, J. J., Booij, R., & Whitmore, A. P. (1998). A review on sustainable nitrogen management in intensive vegetable production systems. In *International Workshop on Ecological Aspects of Vegetable Fertilization in Integrated Crop Production 506* (pp. 17-28).
38. Pomeranz, Y. (1988). Wheat chemistry and technology. Vols. 1 and 2, St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, pp. 1-514 and pp. 1-562.
39. Porter J., Gawith M., (1999), Temperatures and the growth and development of wheat: a review, *European Journal of Agronomy*, 10(1): 23 – 26.
40. Rawson, H. M., & Bagga, A. K. (1979). Influence of temperature between floral initiation and flag leaf emergence on grain number in wheat. *Functional Plant Biology*, 6(3), 391-400.
41. Salim, N., & Raza, A. (2020). Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 43(2), 297-315.
42. Schenk, M.K. 2006. Nutrient efficiency of vegetable crops. *Acta Hort.* 700: 25-38.
43. Schroder, J. L., Zhang, H., Girma, K., Raun, W. R., Penn, C. J., & Payton, M. E. (2011). Soil acidification from long-term use of nitrogen fertilizers on winter wheat. *Soil Science Society of America Journal*, 75(3), 957-964.
44. Shi, Y., & Yu, Z. (2008). Effects of nitrogen fertilizer rates and ratios of base and topdressing on wheat yield, soil nitrate content and nitrogen balance. *Frontiers of Agriculture in China*, 2(2), 181-189.
45. Siddiqi, M.Y., Glass, A.D.M., Ruth, T.J. & Rufty Jr., T.W. (1990). Studies of the uptake of nitrate in barley: I. Kinetics of $^{13}\text{NO}_3^-$ influx. *Plant Physiology*, 93:1426-1432.
46. Singh, V., Singh, B., Singh, Y., Thind, H. S., Buttar, G. S., Kaur, S., Kaur, S., & Bhowmik, A. (2017). Site-specific fertilizer nitrogen management for timely sown irrigated wheat (*Triticum aestivum* L. and *Triticum turgidum* L. ssp. durum) genotypes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 109(1), 1-16.
47. Smith, C. W. (1995). Crop production: Evolution, history and technology. John Wiley and Sons, Inc. New York. 460 pp.

48. Solfield, I., L.T. Evans, M.G. Cook & I.F. Wardlaw, (1977). Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Australian Journal Plant Physiology* 4, 785-797.
49. Stephen, R. C., Saville, D. J., & Drewitt, E. G. (2005). Effects of wheat seed rate and fertiliser nitrogen application practices on populations, grain yield components and grain yields of wheat (*Triticum aestivum*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(2), 125-138.
50. Sud, Y.K., Arora & D.L. Deb. (1990). Nitrogen uptake and its utilization by wheat. *Annual Agriculture Science*, 11, 139-148.
51. Tedone, L., Ali, S. A., & De Mastro, G. (2017). Optimization of nitrogen in durum wheat in the Mediterranean climate: the agronomical aspect and greenhouse gas (GHG) emissions. *Nitrogen in Agriculture—Updates*, 131-162.
52. Van Alphen B. J. & Stoorvogel J.J. (2000). A methodology for precision nitrogen fertilization in high-input farming systems. *Precision Agriculture*, 2, 319-332.
53. Watson, A. (2006). Agricultural innovation in the early Islamic world. Cambridge University Press 20-23 p
54. Yu, X., Chen, X., Wang, L., Yang, Y., Zhu, X., Shao, S., ... & Xiong, F. (2017). Novel insights into the effect of nitrogen on storage protein biosynthesis and protein body development in wheat caryopsis. *Journal of Experimental Botany*, 68(9), 2259-2274.
55. Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6), 415-421.
56. Zörb, C., Ludewig, U., & Hawkesford, M. J. (2018). Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. *Trends in plant science*, 23(11), 1029-1037.

Ελληνική βιβλιογραφία

1. Taiz, L., Zeiger, E. 2012. Φυσιολογία φυτών Taiz, L., Zeiger, E (πρωτότυπο), Θάνος, Κ. (Ελληνική μετάφραση) eds.). Utopia Publishing.
2. Βαχαμίδης Α. Πέτρος, 2013, Μελέτη της επίδρασης διαφορετικού βαθμού υδατικής καταπόνησης στην αναπαραγωγική ανάπτυξη εγχώριων πληθυσμών και ποικιλιών σκληρού σιταριού *Triticum turgidum* ssp. *durum*.

3. Γκόγκας Δ., Μπλαδενόπουλος Κ. & Κοτζαμανίδης Σ. Τεχνική της καλλιέργειας των χειμερινών σιτηρών . Γεωργία-Κτηνοτροφία 10/2005,σελ 42-48
4. Δαμαλάς Χ.Α. & Κουτρούμπας Σ.Δ 2012.Η λίπανση των χειμερινών σιτηρών. Γεωργία-Κτηνοτροφία 6/2012,σελ 34-39
5. Δημόπουλος, Ι.Σ. 1987. Τεχνολογία Σιτηρών Ι. ΥΠΕΠΘ, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων, ΟΕΔΒ, Αθήνα, pp. 1-123.
6. Θεουλιάκης, Ν., Ε. Οικονόμου, και Κ. Μπλαδενόπουλος. 1992. Δείκτης συγκομιδής και απόδοσης στο κριθάρι (H. Vulgare). 4^ο Συνέδριο Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Γενετικής και Βελτίωσης των φυτών, Θεσσαλονίκη. Πρακτικά σελ: 52.
7. Καραμάνος Α.Ι., 1987. Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων. Αθήνα 1987.
8. Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ.(2013)«Βιομηχανικά φυτά». Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις σύγχρονη παιδεία, Β΄έκδοση.
9. Πετσαγγουράκης, Π. Μ., 1980. Χειμερινά σιτηρά. Αγροτική Ασφαλιστική.
10. Φασούλας, Α.Κ. και Σενλόγλου, Ν., 1966. Η προσαρμοστικότητα των φυτών μεγάλης καλλιέργειας. Θεσσαλονίκη.
11. Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας. 2010. Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Αθήνα: Εκδόσεις Ζήτη.

Websites-links

1. AGER, Borsa Merci Bologna, 2020. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό ιστότοπο: <http://www.agerborsamerci.it/>.
2. Coceral, 2020. Crop forecasts. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό ιστότοπο: <http://www.coceral.com/web/march%202020/1011306087/list1187970814/f1.html>.
3. Elstat 2016, <https://www.statistics.gr/documents/20181/c1cd41b0-947d-86d7-a8a1-864ee2289bce>
4. European Commission, 2017. Short- term outlook for EU agricultural markets in 2017 and 2018. European Union. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό ιστότοπο:https://www.neapaseges.gr/UserFiles/current_en.pdf.
5. Eurostat,2019. Agriculture, forestry and fishery statistics. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό ιστότοπο: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/10317767/KS-FK-19-001-EN-N.pdf/742d3fd2-961e-68c1-47d0-11cf30b11489>.
6. FAO, 2013 <http://www.fao.org/faostat/en/#search/WHEAT>.

7. FAO, 2013. Food Crop Prospects and Food Situation., τεύχος Μαρτίου. Διασέσιμο στο διαδικτυακό ιστότοπο: <http://www.fao.org/3/ca8032en/ca8032en.pdf>
8. FAO, 2019. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>.
9. FAO, Global Information and Early Warning System (GIEWS), 11 Ιουλίου 2016. <http://www.fao.org/giews/english/shortnews/fpma201607.htm>.