



**-ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**



Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού  
Περιβάλλοντος

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

Επιστήμες και Συστήματα Αειφόρου Φυτικής Παραγωγής

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ  
ΦΥΤΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης σε έξι ποικιλίες σόργου με  
προηγούμενη καλλιέργεια κτηνοτροφικού μιζελιού.

**ΑΠΟΣΤΟΛΙΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2023**

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης σε έξι ποικιλίες σόργου με προηγούμενη  
καλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού.

Αποστολίνας Γεώργιος

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής, Επιβλέπων

Ουρανία Παυλή, Αν. Καθηγήτρια, Μέλος

Μπαρτζιάλης Δημήτριος, ΕΔΙΠ, Μέλος

### **Συγγραφή/Επιμέλεια:**

Copyright © ΑΠΟΣΤΟΛΙΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή (Μ.Δ.Ε) πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας στο πλαίσιο του προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Μ.Π.Σ ) με τίτλο «Επιστήμες και Συστήματα Αειφόρου Φυτικής Παραγωγής» του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος (Γ.Φ.Π.Α.Π), της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης σε έξι ποικιλίες σόργου με προηγούμενη καλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού. Η εργασία αυτή είναι αποτέλεσμα μιας ερευνητικής προσπάθειας που είναι ενταγμένη στο πλαίσιο της ερευνητικής δραστηριότητας του Γ.Φ.Π.Α.Π της σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά:

Τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής (Τ.Ε.Ε) μου, τον επιβλέποντα της εργασίας Καθηγητή κ. Δαναλάτο Νικόλαο, για την καθοδήγηση του. Την αναπληρώτρια καθηγήτρια κα. Ουρανία Παυλή για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές του στα διαφορετικά στάδια εκπόνησης της εργασίας, και τον κ. Μπαρτζιάλη Δημήτριο, Διδάκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την καθοδήγηση του σχετικά με το τεχνικό κομμάτι της εργασίας και τις επικοινωνητικές κρίσεις του, συμβάλλοντας έτσι στην ορθή συγγραφή της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Το Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών και τους συναδέλφους κυρίους Ταμβάκη Νικόλαο και Χαμχούγια Γεώργιο για τη συνεισφορά τους στο τεχνικό μέρος της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και το στενό φιλικό μου περιβάλλον, για την κατανόηση και τη βοήθεια που μου πρόσφεραν για την διεξαγωγή αυτής της εργασίας.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, εφαρμόστηκε αζωτούχος λίπανση σε έξι ποικιλίες σόργου με προηγούμενη καλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού με σκοπό την αύξηση της βιομάζας του σόργου. Απώτερος σκοπός ήταν να μελετηθεί η επίδραση της λίπανσης ως προς την αύξηση και την ανάπτυξη των έξι ποικιλιών σόργου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο το έτος 2020. Αθροίζοντας τις δύο κοπές στο ίδιο έτος φαίνεται ότι στην περίπτωση των μεταχειρίσεων των ψυχανθών συγκομίζεται διπλάσια ποσότητα βιομάζας καλύτερων ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Λέξεις κλειδιά: βιομάζα, ποσοτικά, ποιοτικά χαρακτηριστικά, Θεσσαλία,.

## ***SUMMARY***

In this master's thesis, nitrogen fertilization was applied to six varieties of sorghum with a previous forage pea crop in order to increase sorghum biomass. The ultimate aim was to examine the effect of fertilization on the growth and development of six varieties of sorghum. The experiment was carried out on the farm of the University of Thessaly in Velestino in the year 2020. Summing up the two harvests in the same year, it appears that in the case of legume treatments, twice the amount of biomass with better quality characteristics is harvested.

Key words: biomass, quantitative, qualitative characteristics, Thessaly.

Εγώ, ο Αποστολίνας Γεώργιος, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξολοκλήρου ή μέρος της) σαν Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.

Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από τον κο Αποστολίνα Γεώργιο.

Υπογραφή επιβλέποντος Καθηγητή.



## Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
SUMMARY.....	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Σόργο.....	9
1.1.1 Ταξινόμηση, προέλευση, γεωγραφική εξάπλωση .....	9
1.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά και στάδια ανάπτυξης.....	10
1.1.3 Οικολογικές συνθήκες.....	11
1.1.4 Εδαφολογικές συνθήκες.....	12
1.1.5 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	12
1.1.6 Απόδοση.....	14
1.1.7 Αμειψισπορά σόργου.....	15
1.1.8 Ασθένειες - Εχθροί .....	15
1.1.9 Χρήσεις.....	15
1.2 Μπιζέλι.....	19
1.2.1 Ταξινόμηση, προέλευση, γεωγραφική εξάπλωση .....	19
1.2.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά και στάδια ανάπτυξης.....	19
1.2.3 Οικολογικές συνθήκες.....	21
1.2.4 Εδαφολογικές συνθήκες.....	22
1.2.5 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	22
1.2.6 Απόδοση.....	24
1.2.7 Ασθένειες - Εχθροί.....	24
1.3 Η σημασία της αμειψισποράς.....	24
2 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ.....	25
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	32
4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	52
5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	53

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Σόργο

### 1.1.1 Ταξινόμηση, προέλευση, γεωγραφική εξάπλωση

Το σόργο ανήκει στην οικογένεια *Poaceae* (Αγρωστώδη) και στο γένος *Sorghum*. Το γένος *Sorghum* περιλαμβάνει περίπου 22 είδη φυτών και με μεγάλη ποικιλομορφία και διαιρείται σε πέντε υπογένη τα *Sorghum*, *Chaetosorghum*, *Heterosorghum*, *Parasorghum* και *Stiposorghum*. Το καλλιεργούμενο σόργο ανήκει στο υπογένος *Sorghum* και στο είδος *Sorghum bicolor* L. Εντός του είδους διακρίνονται πέντε τύποι σόργου, τα Bicolor, Guinea, Caudatum, Kafir και Durra. Η διάκριση αυτών των τύπων γίνεται με βάση τη μορφολογία των σταχυδίων και των ταξιανθιών (Berenji and Dahlberg, 2004).

Το σόργο είναι το πέμπτο σπουδαιότερο καρποδοτικό σιτηρό παγκοσμίως, μετά από το καλαμπόκι, το ρύζι, το σιτάρι και το κριθάρι. Πρόγονος των καλλιεργούμενων τύπων σόργου είναι το άγριο είδος *S.bicolor ssp.*, το οποίο εξημερώθηκε στην Αφρική (Smith and Frederiksen, 2000). Οι Smartt and Simmonds (1995), αναφέρουν ότι το σόργο ως καλλιέργεια πρωτοαναφέρεται 7000 χρόνια πριν, και μάλιστα σε χώρα της Αφρικής. Η κύρια χρήση του στην Αφρική αποσκοπεί στη συλλογή των σπόρων του για τη χρήση τους για την παρασκευή του άρτου. Η διάδοση του σόργου και στις υπόλοιπες ηπείρους φαίνεται να πραγματοποιείται περί το 2000 π.Χ. μέσω του Νείλου, της Μέσης Ανατολής αλλά και της Μεσογείου (Smith and Frederiksen, 2000). Φυσικά για την εξάπλωση της καλλιέργειας αυτής συνέβαλε η βελτίωση των τροπικών ποικιλιών για τις νέες εδαφοκλιματικές συνθήκες (Smartt and Simmonds, 1995).

Η παγκόσμια έκταση που καλλιεργούνται με σόργο για παραγωγή καρπού το 2006, έφτασε τα 415 εκατομ. στρέμματα και η συνολική παραγωγή τους 56 εκατομ τόνους. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας καλλιεργούμενης έκτασης το κατέχει η Αφρική με ποσοστό 63%, ακολουθεί η Ασία με 26% και η Αμερική με 9%. Το υπόλοιπο 2% το κατέχει η Ευρώπη και η Αυστραλία. Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο καλλιεργείται κυρίως στην Γαλλία και την Ιταλία. Στην Ελλάδα, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις χορτοδοτικού και καρποδοτικού σόργου είναι ελάχιστες (FAOSTAT, 2006),

ωστόσο τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον για την καλλιέργεια σόργου έχει αυξηθεί ιδίως για το βιομηχανικό σόργο.

### **1.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά και στάδια ανάπτυξης**

Το σόργο όπως προαναφέρθηκε ανήκει στην οικογένεια των Αγρωστωδών και έχει ετήσιο βιολογικό κύκλο. Η αναπαραγωγή του σόργου γίνεται κατά κύριο λόγο με αυτογονιμοποίηση και σε ένα πολύ μικρό ποσοστό με σταυρογονιμοποίηση (5-6%). Στην αυτή την περίπτωση η επικονίαση των φυτών γίνεται με την μεταφορά γύρης μέσω του ανέμου. Το ριζικό σύστημα του σόργου είναι θυσανώδες, πλούσιο και αποτελείται από πολλές λεπτές ρίζες. Οι ρίζες αυτές εκφύονται από κόμβους του στελέχους που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Οι ρίζες του σόργου, συγκριτικά με τις ρίζες του αραβοσίτου είναι λεπτότερες, διεισδύουν σε μεγαλύτερο βάθος έως 2,5 m και η απορροφητικότητά τους είναι διπλάσια από αυτήν του αραβοσίτου (Δαλιάνης, 1983).

Το στέλεχος του σόργου είναι κάλαμος και αποτελείται από κόμβους και μεσογονάτια διαστήματα. Κάθε στέλεχος αποτελείται από 7 έως 20 μεσογονάτια διαστήματα και ισάριθμους κόμβους. Το στέλεχος εσωτερικά έχει εντεριώνη που μπορεί να είναι χυμώδης ή να έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρα όπως στο ζαχαρώδες σόργο. Οι οφθαλμοί των κόμβων που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους σχηματίζουν αδέρφια. Το ύψος του στελέχους, ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία, κυμαίνεται από 0,5 έως 5 m (Καραμάνος, 1999).

Από κάθε κόμβο του στελέχους, εναλλάξ, εκφύεται ένα φύλλο. Ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό κυμαίνεται μεταξύ 7-20. Οι πρώιμες ποικιλίες έχουν λιγότερα φύλλα από τις όψιμες. Το σχήμα των φύλλων του σόργου είναι παρόμοιο με το σχήμα των φύλλων του αραβοσίτου. Διαφέρει από εκείνο του αραβοσίτου, από την οδοντωτή περιφέρειά και την άνω επιφάνειά του ελάσματος, που είναι λεία. Φέρει ταξιανθία τύπου φόβης στην άκρη του βλαστού, δηλαδή σύνθετο βότρυ με διακλαδώσεις. Ο καρπός του σόργου είναι καρύοψη. Οι σπόροι διαφέρουν σε μέγεθος και σχήμα ανάλογα με τον τύπο του σόργου. Το χρώμα τους μπορεί να είναι λευκό, κόκκινο, κίτρινο, καστανό κ.ά. (Καραμάνος, 1999).



**Εικόνα 1:** Καλλιέργεια σόργου. Ανακτήθηκε στις 10/04/21 από:  
<http://www.paragogi.net/3846/karpodotiko-sorgo-mia-yposxomenh-kalliergeia-gia-viokaysima>

### 1.1.3 Οικολογικές συνθήκες

Οι σπόροι του σόργου ξεκινούν τη βλάστησή τους σε θερμοκρασία ίση με 8-10 °C, ενώ βέλτιστο φύτρωμα παρατηρείται για θερμοκρασίες ανώτερες των 20 °C και μικρότερες των 30 °C. Συγκεκριμένα το φύτρωμα σε θερμοκρασία εδάφους περί τους 20 °C, μπορεί να επιτευχθεί σε διάρκεια μόλις 5 ημερών, ενώ σε θερμοκρασίες χαμηλότερες υπάρχει καθυστερημένο φύτρωμα ή και κίνδυνος μη ολοκλήρωσης (Duke, 1983, Guiying *et al.*, 2004).

Το σόργο αποτελεί ένα φυτό που επηρεάζεται έντονα από τη φωτοπερίοδο, γεγονός που απεικονίζεται εύκολα από την έκπτυξη των φύλλων του, συμβάλλοντας δηλαδή στην αύξηση του αριθμού τους. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι σε συνθήκες μεγάλης φωτοπεριόδου, παρατηρείται επέκταση της βλαστικής περιόδου, με αποτέλεσμα την καθυστερημένη άνθηση (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

Το σόργο αποτελεί ένα φυτό που μπορεί να καλλιεργηθεί υπό χαμηλές εισροές και είναι γνωστό και ως φυτό «καμήλα» λόγω της ανθεκτικότητάς του στην ξηρασία. Για να δώσει ικανοποιητικές αποδόσεις το καρποδοτικό σόργο απαιτεί περίπου 400-500 mm ετήσια βροχόπτωση. Σε περιοχές με ετήσιο ύψος βροχόπτωσης 550-650 mm επιτυγχάνονται ακόμα υψηλότερες αποδόσεις (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

### 1.1.4 Εδαφολογικές συνθήκες

Το σόργο προσαρμόζεται σε μεγάλο εύρος εδαφών, με τα πιο κατάλληλα να είναι τα εδάφη εκείνα που έχουν καλή δομή, υψηλή οργανική ουσία, καλή στράγγιση και υψηλή υδατοχωρητικότητα. Άριστες τιμές pH για την καλλιέργεια του καρποδοτικού σόργου είναι οι 6-7,8 (Guiying *et al.*, 2004).

### 1.1.5 Καλλιεργητικές φροντίδες

Πριν από τη σπορά, το χειμώνα και την άνοιξη, το έδαφος προετοιμάζεται με τη χρήση αρότρου (όργωμα) όργωμα και καλλιεργητή (ψιλοχωμάτισμα). Ειδικότερα χειμερινό όργωμα συνιστάται να πραγματοποιείται όταν η προηγούμενη καλλιέργεια φέρει μεγάλο όγκο υπολειμμάτων (Undersander *et al.*, 1990a). Ανάλογα με την ποικιλία και την υγρασία του εδάφους, η απόσταση σποράς κυμαίνεται από 75 έως 100 cm μεταξύ των γραμμών και 15 έως 30 cm στη γραμμή. Η ποσότητα σπόρου σποράς που απαιτείται όταν πρόκειται για ξερική καλλιέργεια είναι μικρότερη από 1 χιλιόγραμμα σπόρου ανά στρέμμα, ενώ στην περίπτωση αρδευόμενης καλλιέργειας η ποσότητα είναι διπλάσια (2-2,5 κιλά σπόρου ανά στρέμμα).

Η σπορά του σόργου στην εύκρατη ζώνη λαμβάνει μέρος την άνοιξη και όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει του 14 °C, ενώ στην τροπική περιοχές η σπορά μπορεί να λάβει μέρος οποιαδήποτε στιγμή στο χρόνο με περιοριστικό φυσικά παράγοντα την περίοδο βροχόπτωσης. Για τη σπορά του σόργου χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο πνευματικές σπαρτικές μηχανές ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σπαρτικές σιτηρών. Τα βάθη σποράς κυμαίνονται από 3 έως 6 cm με την πρόιμη σπορά να συνιστάται να πραγματοποιηθεί πιο κοντά στην επιφάνεια, καθώς το έδαφος είναι αρκετά υγρό και η θερμοκρασία χαμηλή σε χαμηλότερα στρώματα, ενώ βαθύτερη σπορά συνιστάται σε αμμώδη εδάφη (Undersander *et al.*, 1990a). Σε κάποιες περιπτώσεις όπου υπάρχουν προβλήματα από τη συμπίεση των εδαφών ή όπου η δημιουργία επιφανειακής κρούστας είναι συχνή, προτείνεται η σπορά της καλλιέργειας να πραγματοποιείται σε αναχώματα (Freeman *et al.*, 1973, Mask and Morris, 1991).

Η αζωτούχος λίπανση μέχρι ένα όριο αυξάνει την απόδοση στο καρποδοτικό σόργο. Πάνω από αυτό το όριο η απόδοση είτε παραμένει σταθερή, ή μειώνεται λόγω πλαγιάσματος των φωτών. Ενδεικτικά, σε έναν αρδευόμενο αγρό για να επιτευχθεί μια μέση απόδοση ίση με 600 Kg/στρ χρειάζονται περίπου 20 KgN/στρ. Σε περίπτωση που έπειτα από εδαφολογική ανάλυση παρατηρηθεί έλλειψη σε φώσφορο και κάλιο, τότε εφαρμόζονται μέχρι 6 Kg/στρ αντίστοιχα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

Το σόργο καταναλώνει το περισσότερο νερό κατά το αναπαραγωγικό στάδιο και πιο συγκεκριμένα τις εβδομάδες της ολοκλήρωσης της άνθησης. Η έλλειψη νερού σε αυτό το στάδιο της καλλιέργειας μειώνει τον αριθμό και το βάρος των κόκκων. Το καρποδοτικό σόργο επιλέγεται να καλλιεργείται σε περιοχές που δεν υπάρχει επάρκεια νερού, σαν αντικαταστάτης της καλλιέργειας καλαμποκιού. Όταν εφαρμοστούν 2-3 αρδεύσεις την καλοκαιρινή περίοδο τότε η απόδοση φτάνει το 80-90% της μέγιστης απόδοσης της καλλιέργειας (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008).

Το καρποδοτικό σόργο είναι έτοιμο για συγκομιδή όταν οι σπόροι σκληρύνουν και έχουν υγρασία 18-20%. Στην περίπτωση που το επιτρέπουν οι καιρικές συνθήκες αν η συγκομιδή μπορεί να καθυστερήσει μέχρι η υγρασία να πέσει στο 13%, τότε δεν χρειάζεται να γίνει ξήρανση πριν την αποθήκευση (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008). Το χορτοδοτικό σόργο προς ενσίρωση, δύναται να συγκομισθεί όταν η υγρασία του φυτού βρίσκεται περί το 70% γεγονός που συνδέεται με το στάδιο ανάπτυξης του σπόρου του μεταξύ γάλακτος και μαλακής ζύμης, πριν από τον γηρασμό των φύλλων (Fribourg, 1995). Για χλωρό χόρτο ή σανό η κοπή γίνεται στα 10-15 cm από το έδαφος όταν τα φυτά έχουν φτάσει σε ύψος 1 m.

Η επιτυχημένη αντιμετώπιση των ζιζανίων στην καλλιέργεια του σόργου γίνεται ακολουθώντας μια ολοκληρωμένη διαχείριση που συνδυάζει καλλιεργητικές και χημικές μεθόδους (Stahlman and Wicks, 2000).

#### 1.1.5.1 Επίδραση της λίπανσης σε καλλιέργεια σόργου

Η αμειψισπορά σόργου με ψυχανθή μπορεί να έχει πολλά θετικά χαρακτηριστικά. Μελετώντας την διεθνή βιβλιογραφία φαίνεται ότι η καλλιέργεια των ψυχανθών εμπλουτίζει το έδαφος με άζωτο (N). Το άζωτο φαίνεται να είναι ένα απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη του σόργου. Οι Tanget al..(2018), μελέτησαν την επίδραση που έχει ο ρυθμός αζωτούχου λιπάνσεως σε δύο ποικιλίες σόργου, στο γλυκό σόργο και στο σόργο βιομάζας. Τα αποτελέσματα των ερευνών τους έδειξαν ότι η απόδοση της βιομάζας, η αναλογία φύλλων / στελεχών, η ακατέργαστη πρωτεΐνη (CP), η απόδοση πρωτεΐνης, η θεωρητική απόδοση αιθανόλης (TEY) και η συσσώρευση καθαρού εδάφους NO<sub>3</sub> –N και των δύο ποικιλιών σόργου αυξήθηκαν

σημαντικά με αυξανόμενος ρυθμός λιπάσματος N από 0 σε 240 kg ha<sup>-1</sup>. Ωστόσο, ο λόγος της ξηράς ύλης και της σχετικής τιμής τροφοδοσίας (RFV) ήταν αντιστρόφως ανάλογα με τους ρυθμούς εφαρμογής N. Επίσης, συμπέραναν ότι το λίπασμα N 60 kg ha<sup>-1</sup> συνιστάται σε γλυκό σόργο για την παραγωγή ζωοτροφών και η λίπανση 120 kg N ha<sup>-1</sup> σε σόργο βιομάζας για τη βιωσιμότητα της βιοενέργειας πρώτων υλών.

Σε μελέτη των Ameen et al. (2016) διερευνήθηκε η πιθανή παραγωγή βιομάζας ενεργειακού σόργου με την πρόσληψη αζώτου (N), φωσφόρου (P) και καλίου (K) σε μια περιθωριακή αμμώδη περιοχή αργιλίου σε μια ημι-άνυδρη περιοχή, προκειμένου να καθοριστεί ο βέλτιστος ρυθμός λιπάσματος N για παραγωγή η υψηλότερη απόδοση βιομάζας με ελάχιστη αποβολή θρεπτικών συστατικών. Χρησιμοποιήθηκαν πέντε συγκεντρώσεις N (0, 60, 120, 180 και 240 kg ha<sup>-1</sup>) και δύο ποικιλίες σόργου (γλυκός τύπος Guotian-8 (GT-8) και τύπος βιομάζας Guoneng-11 (GN-11)). Η αύξηση της απόδοσης παρατηρήθηκε όταν τα επίπεδα N αυξήθηκαν, με την υψηλότερη απόδοση βιομάζας (9,2–11,9 t ha<sup>-1</sup>) να παρατηρείται στη συγκέντρωση 120 kg N ha<sup>-1</sup>. Η ανάλυση των θρεπτικών ουσιών έδειξε ότι η συσσώρευση N, P και K αυξήθηκε με την αύξηση της συγκέντρωσης N. Επιπλέον, η απόδοση χρήσης αζώτου (N) μεγιστοποιήθηκε με χαμηλότερους ρυθμούς N. Η μείωση της φυσιολογικής απόδοσης χρήσης N (PNUE) είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της αποδοτικής χρήσης της αγρονομικής N (ANUE) σε υψηλότερους ρυθμούς N. Ως εκ τούτου, προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο ρυθμός λιπάσματος N μεταξύ 60 και 120 kg ha<sup>-1</sup>, θα ήταν η βέλτιστη απαίτηση N για τη διευκόλυνση της βιώσιμης παραγωγής ενεργειακού σόργου σε μια αμμώδη χέρσα περιοχή.

### 1.1.6 Απόδοση

Οι αποδόσεις στην καλλιέργεια σόργου ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία και της πρακτικές που εφαρμόζονται. Σε μη αρδευόμενα εδάφη οι υψηλόσωμες ποικιλίες μπορούν να αποδώσουν σε καρπό μέχρι και 200 kg/στρ. Ακόμη, χορτοδοτικές ποικιλίες σόργου σε πειράματα που έγιναν στις ΗΠΑ έφτασαν σε απόδοση τους 6,9 τόνους το στρέμμα (McCorkle et al., 2007).

### 1.1.7 Αμειψισπορά σόργου

Το γλυκό σόργο μπορεί να αντικαταστήσει τον αραβόσιτο εάν ενσωματωθεί σε σύστημα αμειψισποράς. Γενικά, το γλυκό σόργο μπορεί να ενσωματωθεί σε οποιοδήποτε σύστημα αμειψισποράς, μαζί με τις ανοιξιάτικες καλλιέργειες και τις αρδευόμενες καλλιέργειες. Απαιτείται μια καλή προετοιμασία του εδάφους για τη λήψη σπόρων ζαχαρούχου σόργου. Μια επιτυχημένη σπορά μπορεί να λάβει μέρος όταν η θερμοκρασία του εδάφους σταθεροποιηθεί στους 15 °C, γεγονός που στην περίπτωση της χώρας μας λαμβάνει μέρος από τέλη Απριλίου έως μέσα Μαΐου.

Η σπορά πραγματοποιείται με τη χρήση σπαρτικής μηχανής πνευματικού τύπου. Η επίδραση της πυκνότητας των φυτών στην απόδοση σακχάρου και στη διάμετρο του στελέχους είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας. Η πολύ αργή αρχική ανάπτυξη θέτει τα νεαρά φυτά σε μειονεκτική θέση στον ανταγωνισμό με τα ζιζάνια. Γενικά, η καταπολέμηση των ζιζανίων για το ζαχαρούχο σόργο βασίζεται στην καλή παραγωγή σποροκλίνης και στο σκάλισμα μεταξύ των αυλακιών όταν τα σπορόφυτα είναι νεαρά. Τα ζιζανιοκτόνα που εφαρμόζονται σε καλλιέργειες καλαμποκιού χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ζιζανίων.

Το γλυκό σόργο είναι μια καλλιέργεια με χαμηλές απαιτήσεις σε άζωτο και φώσφορο και υψηλές απαιτήσεις σε κάλιο. 7,5-10 κιλά άζωτο, 3-5 κιλά φώσφορο και περισσότερο κάλιο ανά στρέμμα είναι επαρκείς απαιτήσεις. Με απόδοση σε ξηρά ουσία 2,5 τόνων ανά στρέμμα, το ζαχαρούχο σόργο αναφέρεται ότι απορροφά περισσότερα από 60 κιλά καλίου από το έδαφος.

### **1.1.8 Ασθένειες - Εχθροί**

Οι κύριες ασθένειες που εμφανίζονται στην καλλιέργεια του σόργου είναι η ανθράκωση, η σκωρίαση και η ελμινθοσπορίαση (DaveTeBeest, 1991), ενώ από την πλευρά των σημαντικότερων εχθρών, αυτοί είναι κάποια είδη λεπιδοπτέρων, η σεζάμια, το πράσινο σκουλήκι και οι αφίδες (Smith and Frederiksen, 2000).

### **1.1.9 Χρήσεις**

Το σόργο είναι ένα από τα σπουδαιότερα καρποδοτικά σιτηρά με μεγάλη διατροφική αξία. Στην Αφρική και την Ασία, χρησιμοποιείται στη διατροφή των ανθρώπων, ενώ στις ανεπτυγμένες χώρες χρησιμοποιείται κυρίως ως ζωοτροφή. Οι σπόροι για ζωοτροφή έχουν συνήθως κοκκινωπό χρώμα, ενώ αυτοί που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση έχουν συνήθως λευκό χρώμα. Από το αλεύρι του σόργου



παρασκευάζονται και διάφορα αρτοσκευάσματα. Επίσης, μεγάλες ποσότητες σόργου χρησιμοποιούνται για παρασκευή βύνης, αλκοολούχων ποτών (ένα είδος μύρας στην Αφρική) και αμύλου για διάφορες βιομηχανικές χρήσεις (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2008). Το γλυκό σόργο, σε ορισμένες τροπικές και υποτροπικές περιοχές χρησιμοποιούταν για την παραγωγή σιροπιού. Σήμερα συνεχίζει να χρησιμοποιείται για την παραγωγή σιροπιού, όμως σε μικρή κλίμακα. Αν και έχουν γίνει προσπάθειες ανάπτυξης μίας βιομηχανίας ζάχαρης από το γλυκό σόργο δεν έχουν βρει εύφορο έδαφος, διότι θεωρείται οικονομικά ασύμφορη σε σύγκριση με την εξαγωγή ζάχαρης από ζαχαροκάλαμα και ζαχαρότευτλα (Dalianis, 1996)

Την τελευταία δεκαετία η έρευνα έχει εστιάσει κυρίως στο ινώδες σόργο, για την παραγωγή ενέργειας και χαρτιού. Ως ενεργειακό φυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί (Gosse, 1996) για την παραγωγή βιοαιθανόλης και την παραγωγή ηλεκτρισμού ή θερμότητας. Τα υπολείμματα που προκύπτουν από την παραγωγή ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή χαρτοπολτού, νοβοπάν, βιοαερίου και κομπόστ.

Το σόργο χρησιμοποιείται ως ανθρώπινη τροφή, ζωοτροφή και για την παραγωγή διάφορων άλλων βιομηχανικών προϊόντων. Από τους 62 εκατομμύρια τόνους το μεγαλύτερο μέρος (34-40 %) χρησιμοποιείται για την παρασκευή παραδοσιακών τροφίμων. Επιπλέον χρησιμοποιείται για την παραγωγή αλκοολούχων και μη ποτών, μύρας, τόφου ενώ έχει σημειωθεί η κατανάλωση μικρών ποσοτήτων και στην Ασία.

Το σόργο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ζωοτροφή ανεξαρτήτως είδους ζώων. Το σόργο επεξεργάζεται για την αποτελεσματικότητα των ζωοτροφών και μετατρέπεται σε μια ποικιλία ζωοτροφών, από τροφή ψαριών έως ζωοτροφή μηρυκαστικών. Το γλυκό σόργο χρησιμοποιείται ως χυμός και ζωοτροφή. Τα μέρη του φυτού του σόργου μερικές φορές είναι ακόμη πιο πολύτιμα από τους σπόρους. Οι μίσχοι χρησιμοποιούνται ως ξηρά τροφή για μηρυκαστικά και μερικά καλάμια χρησιμοποιούνται για βοσκή καθώς τα στελέχη παραμένουν πράσινα μετά την ωρίμανση των σπόρων. Η χρήση του σόργου για την κτηνοτροφία είναι ιδιαίτερα σημαντική σε άνυδρες περιοχές του κόσμου (Waniska et al. 2004).

#### 1.1.9.1 Ζωοτροφή

Το σόργο μπορεί να μην έχει υψηλότερη θρεπτική αξία από το καλαμπόκι, αλλά είναι 10-15% φθηνότερο από το καλαμπόκι σε πολλές περιοχές. Η καλλιέργεια πέρα από τον χαρακτηρισμό της ως φυτό «καμήλα» (κατανάλωση μικρότερων ποσοτήτων νερού έναντι του καλαμποκιού), έχει διερευνηθεί και βελτιωθεί με απώτερο στόχο την αύξηση της θρεπτικής του αξία μέσω γενετικών τροποποιήσεων, πιο αποτελεσματικών μεθόδων καλλιέργειας και βελτιωμένων διαδικασιών άλεσης και επεξεργασίας. Αυτές οι εξελίξεις και η ικανότητα παραγωγής σόργου με περιορισμένες βροχοπτώσεις, υπογραμμίζουν τη δυνατότητα του σόργου να γίνει μια σημαντική πηγή ζωοτροφών στο μέλλον (Ronda et al. 2018).

#### 1.1.9.2 Ενέργεια

Το πιο διαδεδομένο υγρό καύσιμο που παράγεται από σακχαρούχα φυτά δεν είναι άλλο από τη βιο-αιθανόλη, η οποία λαμβάνεται από τη ζύμωση ζάχαρης, κυτταρινικής βιομάζας και αμύλου. Η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η χρήση ενεργειακών καλλιεργειών όπως το σόργο, με υψηλές παραγωγές βιομάζας για την παραγωγή βιοκαυσίμων, αποτελεί μία διέξοδο για τη μείωση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων και της ρύπανση του περιβάλλοντος (Demirbaş 2005).

Η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, η λιγνίνη και οι υδατάνθρακες είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες φυτικού ιστού που μελετήθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Οι υψηλές συγκεντρώσεις λιγνίνης αναστέλλουν τη μετατροπή της κυτταρίνης και της ημικυτταρίνης σε αιθανόλη. Υπάρχει ανάγκη μείωσης της περιεκτικότητάς της ή αποικοδόμησης της λιγνίνης (Weng et al. 2008; Demirbaş 2005).

Επιπλέον, η βιομάζα είναι μια πρώτη ύλη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοενέργειας. Η βιομάζα μπορεί να καεί απευθείας για την παραγωγή και χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Η βιομάζα είναι επίσης πρώτη ύλη για την παραγωγή υγρών καυσίμων. Τα καύσιμα που προορίζονται για άμεση καύση πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν λιγότερη υγρασία και στάχτη και να έχουν υψηλή θερμογόνο δύναμη, η οποία βρίσκεται στην κυτταρινική βιομάζα (Cassida et al. 2005).

Η καλλιέργεια σόργου για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα έχει υψηλότερη επιφανειακή βιομάζα από τον αραβόσιτο και μπορεί να επιτύχει υψηλές αποδόσεις με περιορισμένη άρδευση και άροση εδάφους (Rocateli et al. 2012). Το γλυκό σόργο είναι μια βιοενεργειακή καλλιέργεια νέας γενιάς με υψηλή απόδοση φωτοσυνθετικού συστήματος (καλλιέργεια C4) και αξιοποίηση θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Χαρακτηρίζεται από υψηλή προσαρμοστικότητα σε ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών (Reddy et al. 2008), ανοχή στην ξηρασία (Venkateswaran et al. 2018) αλλά και χαμηλές απαιτήσεις σε νερό συγκρινόμενο με άλλες αρδευόμενες καλλιέργειες (Vinutha et al. 2014), και ανοχή στην αλατότητα (Almodares et al. 2008).

Μέχρι πρότινος η παραγωγή βιο-αιθανόλης στηριζόταν στην καλλιέργεια του ζαχαροκάλαμου. Η μεγάλη όμως απαίτηση σε νερό από το ζαχαροκάλαμο έχει κάνει τη διάσωση του γλυκού σόργου μια βιώσιμη επιλογή, καθώς τα αποθέματα νερού περιορίζονται συνεχώς (Dempewolf et al., 2014; Umakant et al., 2018).

Η παραγωγή αιθανόλης από το σόργο θα μπορούσε να εξοικονομήσει 350 λίτρα αργού πετρελαίου ανά εκτάριο. Όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, μπορούν να εξοικονομηθούν 1,4-22 kg CO<sub>2</sub> (Körpen et al. 2009).

### 1.1.9.3 Λοιπές βιομηχανικές χρήσεις

Το γλυκό σόργο λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε σάκχαρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη βιομηχανία παραγωγής κρυσταλλικής ζάχαρης (Rao et al.2020), παραγωγή φιλμ και βιοδιασπώμενων υλικών (Taylor et al. 2006; Ashori 2008), φυτικές ίνες (Umakanth et al. 2018), δομικά υλικά για φράκτες, προϊόντα που μοιάζουν με κόντρα πλακέ και κόλλες για ταπετσαρίες. Στη Νιγηρία, οι αποξηραμένοι μίσχοι σόργου συσσωρεύονται για να σχηματίσουν δομικά πάνελ. Όπως και άλλα καλαμάκια, τα στελέχη του σόργου χρησιμοποιούνται επίσης ως υλικό για την κατασκευή περιφράξεων και κεραμοσκεπών (Aruna and Visarada 2018).

## 1.2 Μπιζέλι

### 1.2.1 Ταξινόμηση, προέλευση, γεωγραφική εξάπλωση

Το μπιζέλι ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών (*Fabaceae*) και πιο συγκεκριμένα στο γένος *Pisum* με καταγωγή από την Αιθιοπία και το Αφγανιστάν. Αναλόγως του είδους μπορούν να καλλιεργηθούν για παραγωγή κτηνοτροφής ή και για ανθρώπινη κατανάλωση. Το μπιζέλι καλλιεργείται κυρίως στον Καναδά, στη Ρωσία, την Κίνα, την Ευρώπη, την Αυστραλία και τις ΗΠΑ. Η Ευρώπη, η Αυστραλία, ο Καναδάς και οι ΗΠΑ καλύπτουν καλλιεργούμενη έκταση ίση με 45 εκατ. στρέμματα και είναι οι κύριες εξαγωγικές χώρες (McKay *et al.*, 2003). Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Στατιστικής Αρχής (Eurostat) το έτος 2014 καλλιεργήθηκαν στην Ελλάδα 9.000 στρέμματα με κτηνοτροφικό μπιζέλι και η παραγωγή ανήλθε συνολικά σε 1.800 τόνους. Επομένως φαίνεται πως η καλλιέργεια του μπιζελιού στην Ελλάδα δεν είναι και τόσο διαδεδομένη, και οι λίγες εκτάσεις που καλλιεργούνται χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για παραγωγή σανού (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005) και ως λαχανικό (αρακάς).

### **1.2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά**

Το μπιζέλι είναι φυτό ποώδες, ετήσιο, που φέρει πασσαλώδες ριζικό σύστημα, με την κύρια ρίζα του να αναπτύσσεται σε βάθος έως και το 1 m. Ο βλαστός του μπιζελιού είναι λεπτός, εύθραυστος, κενός εσωτερικά και καλύπτεται από κηρώδες επίχρισμα. Η διατομή του είναι γωνιώδης ή στρογγυλή και το μήκος του κυμαίνεται μεταξύ 45-120 cm, αλλά συχνά τα φυτά πλαγιάζουν. Έχει κατακόρυφη ανάπτυξη που λόγω του πλαγιάσματος που προαναφέρθηκε δίνει την εικόνα μιας μπερδεμένης καλλιέργειας (Frame, 2000). Για αυτό το λόγο προτιμώνται συνήθως νάνες ποικιλίες, γιατί δεν χρειάζονται υποστήριξη και δεν πλαγιάζουν. Στις αναρριχώμενες λαχανοκομικές ποικιλίες ο βλαστός αναρριχάται με τη βοήθεια των ελίκων, που προσαρμόζονται σε στηρίγματα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Οι κοτυληδόνες του φυτού δεν φαίνονται λόγω του υπόγειου τρόπου φυτρώματος που χαρακτηρίζει το μπιζέλι. Το πρώτο του φύλλο είναι απλό και αιχμηρό, ενώ το δεύτερο φέρει δυσδιάκριτα τμήματα. Από το τρίτο πλέον φύλλο είναι διακριτά τα πολύ μεγάλα παράφυλλα και η υποτυπώδης έλικα. Τα υπόλοιπα φύλλα εκφύονται κατ' εναλλαγή. Τα φυλλάρια έχουν ωοειδές σχήμα, περιφερειακά είναι ακέραια ή λίγο

οδοντωτά, ενώ τα παράφυλλα έχουν ίδιο σχήμα αλλά είναι μεγαλύτερα από τα φυλλάρια (Frame, 2004). Ο χρωματισμός των φύλλων αποτελεί και γενετικό χαρακτηριστικό σύμφωνα με το οποίο μπορούν να διακριθούν οι ποικιλίες. Η ταξιανθία του ονομάζεται βότρυς και φέρει 1-2 άνθη που αποτελούνται από 5 πέταλα και είναι αυτογονιμοποιούμενα.



**Εικόνα 2:** Ταξιανθία κτηνοτροφικού μπιζελιού.

Ο καρπός ονομάζεται λοβός και ο αριθμός των λοβών ποικίλει ανάλογα με τον γενότυπο. Το σχήμα των λοβών αρχικά είναι πεπλατυσμένο και στην πορεία γίνεται κυλινδρικό. Ο λοβός καλύπτεται εσωτερικά από σκληρό παρέγχυμα με μορφή μεμβράνης, το οποίο ξηραίνεται και συστέλλεται πιο γρήγορα από τον υπόλοιπο λοβό, εξαναγκάζοντας τον να ανοίξει κατά μήκος των δύο ραφών. Ο αριθμός των σπόρων που μπορεί να περιέχει ένας λοβός διαφέρει και μπορεί να είναι από 2 έως και 10. Το χρώμα των σπόρων ποικίλει από καφέ έως γκρι και μπορεί να έχουν και έντονα στίγματα (Δαλιάνης, 1993).

Το μπιζέλι έχει γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης και αποτελεί ένα φυτό συνεχούς ανθοφορίας. Η διάρκεια της ανάπτυξης του μπορεί να ολοκληρωθεί σε 12 με 18 εβδομάδες, αναλόγως του γενοτύπου. Η εμφάνιση του πρώτου ανθοφόρου κόμβου πραγματοποιείται στο στάδια των 4-6 φύλλων και εξαρτάται από την ποικιλία.

### **1.2.3 Οικολογικές απαιτήσεις**

Το κτηνοτροφικό μπιζέλι είναι το ψυχανθές εκείνο που αντέχει περισσότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα χειμερινά ψυχανθή στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα.

Επιπλέον η ελάχιστη θερμοκρασία βλάστησης του σπόρου ανέρχεται στους 5 °C. Το μπιζέλι μπορεί να είναι το ψυχανθές που αντέχει σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, όμως αρνητικές επιπτώσεις έχουν οι υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να σημειωθούν κατά την περίοδο της ανθοφορίας, και έχουν ως αποτέλεσμα την μειωμένη καρπόδεση. Επομένως η ζημία είναι μεγαλύτερη όταν θα καλλιεργηθεί για καρπό και όχι για σανό. Για την αποφυγή των επιπτώσεων από τις υψηλές ποικιλίες έχουν δημιουργηθεί ποικιλίες με μειωμένη φυλλική στοιβάδα έως και ποικιλίες χωρίς φύλλα.

Το μπιζέλι για να ανθήσει χρειάζεται διάρκεια φωτός μεγαλύτερη των 13 ωρών (μακράς φωτοπεριόδου), αλλά ακόμη και σε αυτή την περίπτωση υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάλογα της επιλεγθείσας ποικιλίας.

Επιπλέον σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη του μπιζελιού αποτελεί και η εδαφική υγρασία. Το μπιζέλι όπως προαναφέρθηκε έχει πασσαλώδες ριζικό σύστημα με τις πλευρικά ριζίδια να αναπτύσσονται στο πρώτα 70 εκατοστά βάθους. Επομένως έλλειψη νερού σε προφίλ εδάφους 0-70 cm συμβάλει στην μειωμένη παραγωγή και ίσως στην αποτυχία της καλλιέργειας ιδίως κατά τις περιόδους της άνθησης και του γεμίσματος των σπόρων (Δαλιάνης, 1993; Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Στην περίπτωση εγκατάστασης του μπιζελιού σε βαριά εδάφη που αρδεύονται με κατάκλιση, προτείνονται οι συχνότερες εφαρμογές με μειωμένη δόση (PulseOnlineDatabase, 2015).

#### **1.2.4 Εδαφολογικές συνθήκες**

Ως προς τις εδαφολογικές απαιτήσεις του, το μπιζέλι έχει ευρεία προσαρμοστικότητα με ιδανικότερα εδάφη για την καλλιέργεια να είναι εκείνα με μέτρια περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, πηλώδη ή αργιλοπηλώδη που όμως στραγγίζουν εύκολα. Η καλλιέργεια του μπιζελιού προτιμά ουδέτερα και ελαφρώς όξινα εδάφη, ενώ σε μεγαλύτερης οξύτητας εδάφη παρουσιάζουν προβλήματα λόγω της λιγοστής ανθεκτικότητας που επιδεικνύουν. Στην περίπτωση που δεν πραγματοποιείται καλή στράγγιση, ευνοούνται οι σήψεις ριζών και επομένως η καταστροφή της καλλιέργειας (μερική ή και ολική; Frame, 2004).

### 1.2.5 Καλλιεργητικές φροντίδες

Αν και αναφέρεται πως η σπορά του μπιζελιού μπορεί να πραγματοποιηθεί και την άνοιξη, παρόλα αυτά στην Ελλάδα η σπορά λαμβάνει μέρος το φθινόπωρο. Η προετοιμασία του αγρού δεν διαφέρει από εκείνη των χειμερινών σιτηρών, δηλαδή όργωμα, καλλιεργητής, ζιζανιοκτονία και σπορά. Η σπορά πραγματοποιείται με τη χρήση σπαρτικής σιτηρών σε επιλεγμένες αποστάσεις μεταξύ των σειρών 0,15-0,45 cm.

Λόγω της αζωτοδεσμευτικής του ιδιότητας (οικογένεια ψυχανθών), στην καλλιέργεια του μπιζελιού πραγματοποιείται βασική λίπανση κατά την εγκατάσταση με τη χρήση μόνο φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων. Οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται εξαρτάται από το έδαφος στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση. Γόνιμα εδάφη που χαρακτηρίζονται και υψηλή περιεκτικότητα σε ολικό άζωτο είναι καλό να αποφεύγονται λόγω της μείωσης της αζωτοδεσμευτικής ικανότητας των βακτηρίων *Rhizobium* (NDSU, 2009). Επιπλέον σε γόνιμα εδάφη προτείνεται η εφαρμογή 2-5 μονάδων P και K το στρέμμα.

Η καταπολέμηση των ζιζανίων πραγματοποιείται στην περίπτωση του κτηνοτροφικού μπιζελιού με τη χρήση προσπαρτικών αλλά και μεταφυτρωτικών (για αγρωστώδη).

#### 1.2.5.1 Δέσμευση του αζώτου

Τα φυτά δεν μπορούν να δεσμεύσουν απευθείας το άζωτο της ατμόσφαιρας. Από την άλλη πλευρά, κατά κανόνα δεν υπάρχουν πετρώματα στα εδάφη τα οποία να περιέχουν άζωτο σε ανόργανη μορφή. Επομένως, οι απώλειες αζώτου από τα εδάφη λόγω της έκπλυσης των νιτρικών δεν μπορούν να αναπληρώνονται με βραδεία απελευθέρωση αζώτου από αποσάθρωση πετρωμάτων, όπως γίνεται με όλα σχεδόν τα άλλα θρεπτικά στοιχεία. Η λύση που έχει δώσει η φύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η μικροβιακή δέσμευσή του αερίου αζώτου της ατμόσφαιρας, το οποίο ανάγεται αρχικά σε αμμωνιακό άζωτο. Για την αναγωγή αυτή όμως απαιτείται ενέργεια, την οποία οι μικροοργανισμοί δεν διαθέτουν, γιατί δεν είναι αυτότροφοι (δηλαδή δεν

φωτοσυνθέτουν, ώστε να αξιοποιήσουν άμεσα την ηλιακή ενέργεια η οποία συνιστά την πρωταρχική πηγή ενέργειας για την ζωή πάνω στην γη). Η ενέργεια που απαιτείται για την αναγωγή του αζώτου από  $N_2$  σε αφομοιώσιμη από τα φυτά  $NH_3$  προέρχεται από τα ίδια τα φυτά, τα οποία συνεργάζονται αρμονικά με τους συγκεκριμένους μικροοργανισμούς για τον σκοπό αυτό. Κατά κανόνα οι μικροοργανισμοί αυτοί συνδέονται με τους φυτικούς ιστούς της ρίζας και συμβιώνουν μαζί τους χωρίς να βλάπτουν τα φυτά αλλά και χωρίς να υφίστανται ζημιά από αυτά. Αντίθετα, η συμβίωση αυτή αποβαίνει σε αμοιβαίο όφελος, αφού τα μεν φυτά προσπορίζονται από τους μικροοργανισμούς άζωτο σε αφομοιώσιμη μορφή, το οποίο είναι αναγκαίο για την θρέψη τους, οι δε μικροοργανισμοί λαμβάνουν από τα φυτά σάκχαρα προερχόμενα από την φωτοσύνθεση, τα οποία τους είναι αναγκαία ως πηγές ενέργειας. Από τα διάφορα είδη μικροοργανισμών που δεσμεύουν βιολογικά το  $N_2$ , τα πιο σημαντικά για τα ανώτερα φυτά είναι τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*, τα οποία εισέρχονται μέσα στις ρίζες διαφόρων ειδών της οικογένειας *Papilionaceae* (ψυχανθή) δημιουργώντας χαρακτηριστικά κομβοειδή εξογκώματα (φυμάτια) και συμβιώνουν μαζί τους. Εκτός από τα ψυχανθή, είδη του γένους *Rhizobium* συμβιώνουν και σχηματίζουν φυμάτια και σε φυτά του γένους *Parasponia* (Akkermans et al., 1978). Τα είδη του γένους *Rhizobium* που δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο καλούνται συμβιωτικά βακτήρια και χρησιμοποιούν κυρίως σακχαρόζη (αλλά και άλλους υδατάνθρακες) ως πηγή ενέργειας την οποία προσλαμβάνουν κατευθείαν από τους ηθμοσωλήνες των φυτών – ξενιστών.

### 1.2.6 Απόδοση της καλλιέργειας

Η μέση παγκόσμια απόδοση σε σπόρο που αναφέρεται, ισοδυναμεί στα 160 κιλά το στρέμμα, σημειώνοντας όμως μεγάλη διασπορά στις επιτευχθείσες παραγωγές (από 50 έως και 550 κιλά σπόρου το στρέμμα). Η ελληνική μέση απόδοση που έχει σημειωθεί είναι κατά 10 κιλά το στρέμμα αυξημένη έναντι της παγκόσμιας απόδοσης σύμφωνα με τον FAO (2003). Φυσικά η μέση παραγωγή διαφέρει κατά πολύ από το δυναμικό παραγωγής της καλλιέργειας το οποίο μπορεί και ξεπεράσει τα 400 kg/στρ. (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).



### 1.2.7 Ασθένειες - Εχθροί

Η καλλιέργεια του μπιζελιού αντιμετωπίζει προβλήματα από διάφορες ασθένειες με πιο σημαντικές εκείνες που οδηγού στη σήψη των ριζών, η οποία κυρίως προκαλείται από τους μύκητες *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., και *Aphanomyces euteiches*. Άλλες ασθένειες που προκαλούν ζημιές στην καλλιέργεια είναι το ωίδιο (*Erysiphepisi*), το οποίο προσβάλλει κυρίως τα φύλλα και σπανιότερα τους λοβούς, η ασκοχύτωση που οφείλεται σε μύκητες του γένους *Ascochyta* και ο περονόσπορος (*Peronospora viciae*; Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Πέραν των μυκητολογικών ασθενειών έχουν παρατηρηθεί και ιολογικής φύσεως, όπως είναι το μωσαϊκό του μπιζελιού (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Στην περίπτωση των προβλημάτων από έντομα έχουν σημειωθεί προσβολές από το βρούχο, το φυτονόμο, τη σιτόνα του μπιζελιού και τις αφίδες. Όσον αφορά τις ιολογικές ασθένειες, η σημαντικότερη είναι το μωσαϊκό του μπιζελιού (PSBMV – peaseedbornemosaicvirus) (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

### 1.3 Η σημασία της αμειψισποράς

Η αμειψισπορά θεωρείται μια από τις παλαιότερες και πιο σημαντικές μεθόδους καλλιέργειας, μαζί με την αγρανάπαυση και την χλωρή λίπανση.

Η αμειψισπορά θεωρείται «ισορροπημένη» από τις οικολογικές συνθήκες της γης, την παρουσία εντόμων, ζιζανίων, ασθενειών, ποικιλιών καλλιεργειών και τα διαθέσιμα μηχανήματα (Castellazi et al., 2008). Αυτές οι πολιτιστικές πρακτικές επηρεάζουν τον κύκλο του αζώτου του εδάφους, καθώς είναι μια σημαντική πηγή γονιμότητας του εδάφους και καθορίζουν το ατμοσφαιρικό άζωτο για να το καταστήσουν διαθέσιμο για επόμενες καλλιέργειες (Powlson et al., 1987; Biederbeck et al., 1996). Wallgren and Linden, 1991). που βελτιστοποιεί τις ιδιότητες του εδάφους για τη μείωση της διάβρωσης του εδάφους. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιεί τις ιδιότητες του εδάφους και να μειώνει τη διάβρωση του εδάφους.

Πειράματα έδειξαν ότι μια τριετής αμειψισπορά αύξησε τις αποδόσεις του σιταριού, του καλαμποκιού και του κριθαριού κατά 140%, 86% και 64%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τη μονοκαλλιέργεια αυτών των ειδών (Karlen et al., 1994).

Στην Ελλάδα, η αμειψισπορά του μπιζελιού (*Pisum sativum*) αύξησε τις αποδόσεις σιταριού χωρίς την προσθήκη χημικών λιπασμάτων και ακόμη περισσότερο με τα χημικά λιπάσματα. Οι Koutroubas et al. (1998) βρήκαν ότι η δέσμευση αζώτου είναι υψηλότερη κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου και συνήθως μειώνεται κατά την αναπαραγωγική περίοδο.

Μελέτες στην Κύπρο έχουν δείξει ότι η μακροχρόνια αμειψισπορά με ψυχανθή αυξάνει την παραγωγή (Papastylianou, 1993), αυξάνει τα εισοδήματα των αγροτών (Papastylianou & Panayiotou, 1993) και μειώνει την ανάγκη για αζωτούχα λιπάσματα ενώ είναι ένα σύστημα καλλιέργειας φιλικό προς το περιβάλλον.

## **2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2.1 Έδαφος**

Οι ιδιότητες του εδάφους αξιολογήθηκαν με συλλογή και ανάλυση δειγμάτων εδάφους από διαφορετικά βάθη 0-30 cm και 30-60 cm στο πειραματικό πεδίο.

### **2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα**

Τα μετεωρολογικά στοιχεία ελήφθησαν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, που βρίσκεται στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο. Οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης είναι για την περιοχή της Ν. Αγχιάλου λόγω έλλειψης στοιχείων για την ευρύτερη περιοχή του Βελεστίνου.

Οι πειραματικές περιοχές και ο πειραματικός σχεδιασμός που εφαρμόζεται σε κάθε περιοχή παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

### **2.3. Πειραματικοί αγροί**

Η εγκατάσταση των πειραματικών αγρών έλαβε μέρος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο κατά την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 (Εικ. 3).



**Εικόνα 3:** Αγρόκτημα ΠΘ Βελεστίνο, πειραματικοί αγροί.

### ***1.1 Πειραματικοί αγροί 2020***

Για τους σκοπούς του ερευνητικού έργου, δημιουργήθηκε ένα πειραματικό πεδίο κατά την καλλιεργητική περίοδο 2019-2020 στην ίδια τοποθεσία στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο, χωρίς να αλλάξουν οι ιδιότητες του εδάφους (Πίνακας 1).

Αρχικά, δημιουργήθηκαν πειραματικά χωράφια για την αξιολόγηση τριών ευρέως χρησιμοποιούμενων ποικιλιών μπιζελιού.

Για την παραγωγή φυτικών ινών (ενσίρωμα), δημιουργήσαμε αρχικά ένα πειραματικό χωράφι για κτηνοτροφικά μπιζέλια το φθινόπωρο του 2019, συγκομίσαμε την άνοιξη του 2020 και στη συνέχεια φυτέψαμε έξι ποικιλίες σόργου για να αξιολογήσουμε τα αγρονομικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά τους.

Ομοίως, δημιουργήθηκε άλλο πειραματικό χωράφι με τον ίδιο τρόπο όπως το προηγούμενο χωράφι, με τη διαφορά ότι η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν το σόργο, χωρίς να προηγηθεί ο αρακάς ή άλλες καλλιέργειες ψυχανθών.

#### **Μπιζέλι και έξι ποικιλίες σόργου.**

Ο πειραματικός σχεδιασμός που εφαρμόστηκε για το σόργο (Σχήμα 1) ήταν ένας τυχαίοποιημένες ομάδες τεμαχίων με υποτεμάχια (split-plot design) αποτελούμενος

από συνολικά 72 τεμάχια, αποτελούμενα από 6 κύρια τεμάχια αποτελούμενα από 6 ποικιλίες σόργου και στα υποτεμάχια 3 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης σε τέσσερις επαναλήψεις. Κάθε τεμάχιο είχε πλάτος 6 m, μήκος 7 m και επιφάνεια 42 m<sup>2</sup>.

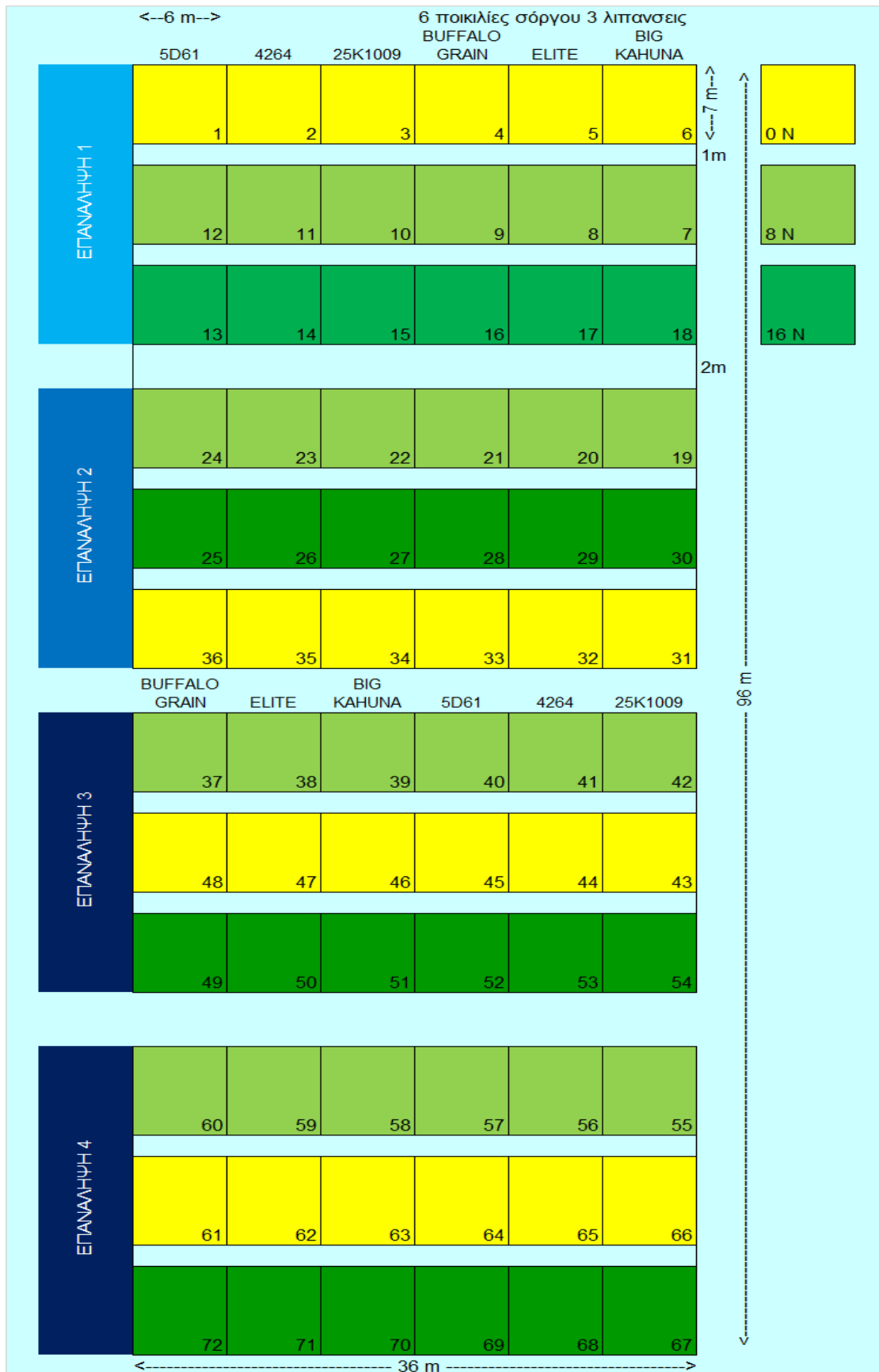
Η λίπανση πραγματοποιήθηκε με 6 ποικιλίες σόργου (Buffalo Grain, Elite, Big Kahuna, 25K1009, 4264, 5D61) και 3 ποσοστά αζώτου (0N, 8N, 16N, 0, 8, 16kgN/στέμμα, αντίστοιχα).

Αρχικά, τα κτηνοτροφικά μπιζέλια (23/11/2019, ποικιλία Olympus) σπάρθηκαν το φθινόπωρο με ρυθμό σποράς 14 kg/στρέμμα. Η ληφθείσα βιομάζα συγκομίστηκε στις 25 Μαΐου 2020 και αξιολογήθηκε ποσοτικά και ποιοτικά.

Το σόργο σπάρθηκε στις 6 Μαρτίου 2020 χρησιμοποιώντας ίσιο σπορέα ακριβείας (Εικ. 4). Σύμφωνα με την καλή πρακτική, η απόσταση μεταξύ των φυτών ήταν 75 cm μεταξύ των γραμμών και 7 cm επί της γραμμής με βάση. Δεν εφαρμόστηκε βασικό λίπασμα και το επιφανειακό άζωτο εφαρμόστηκε χειροκίνητα με ουροθεϊκό αμμώνιο (40-0-0) στις 17 Ιουλίου 2020 σύμφωνα με τον πειραματικό σχεδιασμό.

Χημικά ζιζανιοκτόνα κατά των πλατύφυλλων ζιζανίων εφαρμόστηκαν μετά την βλάστηση. Προκειμένου να καταπολεμηθεί το *Sorghum halepense* (φύλλο βελούδου), ένα ζιζάνιο του ίδιου γένους με το καλλιεργούμενο σόργο, το οποίο αποτελούσε σημαντικό πρόβλημα στις καλλιέργειες της προηγούμενης σεζόν, το δραστικό συστατικό glyphosate ψεκάστηκε μονομιάς στο χωράφι τον Σεπτέμβριο του 2019, και ο αριθμός του πληθυσμού της μειώθηκε όσο το δυνατόν περισσότερο. Το χειροκίνητο ξεβοτάνισμα γινόταν και κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου πριν τα χωράφια καλυφθούν πλήρως με σόργο.

Στις 30 Οκτωβρίου του 2020 έγινε η τελική περισυλλογή του σόργου όπου και πραγματοποιήθηκε κοπή ενός μέτρου σε αναπτυσσόμενα φυτά επί της γραμμής σποράς κάθε πειραματικού αγροτεμαχίου. Τα φυτά ζυγίστηκαν και επιλέχθηκαν δύο αντιπροσωπευτικά στελέχη για εργαστηριακή αξιολόγηση της υγρασίας και των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους.



**Σχήμα 1:** Πειραματικό σχέδιο έξι ποικιλιών σόργου και τριών επιπέδων αζώτου.



**Εικόνα 4:** Πνευματική σπαρτική μηχανή ακαλλιέργειας γραμμικών καλλιεργειών.

## Μετρήσεις

Ελήφθησαν δείγματα διαφορετικών καλλιεργειών ώστε να γίνει αξιολόγηση, σε κάθε καλλιέργεια, του παραγωγικού αποτελέσματος στο τελικό στάδιο του κύκλου ζωής τους. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ώστε να συλλεχθούν δείγματα για τις καλλιέργειες του μπιζελιού και του σόργου, ήταν να εφαρμοστούν τυχαίες κοπές, στα τμήματα που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Αυτή η τεχνική εφαρμόστηκε σε ολική επιφάνεια γης μισού τετραγωνικού μέτρου, αποτελούμενη από δύο τετράγωνα χωρία πλευράς μισού μέτρου εκάστη. Αρχικά, καταγράφηκε το συνολικό χλωρό βάρος αυτών των δειγμάτων φυτών. Στη συνέχεια επιλέχθηκε ένα αντιπροσωπευτικό φυτικό δείγμα από όλα τα δείγματα σε κάθε τεμάχιο, μετρήθηκε το βάρος των βλαστών του και στη συνέχεια συγκομίστηκε για ξήρανση. Τα δείγματα ξηράνθηκαν σε φούρνο στους 60°C. Η ξήρανση θεωρήθηκε πλήρης εάν το βάρος του δείγματος δεν είχε αλλάξει από την προηγούμενη μέτρηση μετά από 1 ημέρα.

Οι τιμές που ελήφθησαν από τα δείγματα είναι οι παρακάτω:

- Βάρος χλωρού τμήματος.
- Βάρος ξηρού τμήματος .
- Εκτίμηση παραγωγής βιομάζας σε καλλιέργειες ενσιρώματος.
- Εκτίμηση της απόδοσης σε καρπό στα καρποδοτικά φυτά.

## **1.2 Εκτίμηση ποιοτικών χαρακτηριστικών φυτικών υλικών**

Τα αποξηραμένα δείγματα φυτών θρυμματίστηκαν για να γίνει η εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Χρησιμοποιώντας έναν αναλυτή NIR (DA 7250 NIRanalyzer, Perten Instruments, Hägersten, Σουηδία), οι εκτιμώμενες παράμετροι (%) του ξηρού φυτικού υλικού ήταν τέφρα (ASH), πρωτεΐνη, περιεκτικότητα σε ουδέτερες ίνες (NDF), περιεκτικότητα σε όξινες ίνες (ADF), Ακατέργαστες φυτικές ίνες, λίπος, ασβέστιο και φώσφορο. Οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν για το ξηρό φυτικό υλικό ήταν η τέφρα (ASH), η πρωτεΐνη, το κλάσμα ουδέτερων ινών (NDF), το κλάσμα όξινων ινών (ADF), οι ακατέργαστες ίνες, το λίπος, το ασβέστιο και ο φώσφορος. Για φρέσκο φυτικό υλικό (ενσίρωμα), οι εκτιμήσεις περιλαμβάνουν ενέργεια (MJ/kg) και εξαιρούν το λίπος, το ασβέστιο και τον φώσφορο (Εικ. 5).

Η ηλικία της καλλιέργειας και η φάση που βρίσκεται στην πορεία της ανάπτυξής της δύνανται να προσδιορισθούν από: **(i)** τον παράγοντα NDF, που αφορά την ουδέτερη ίνα, **(ii)** τον παράγοντα ADF, που αφορά τα οξέα και **(iii)** τον παράγοντα ακατέργαστων ινών. Οι πρώτες δύο τιμές αποτελούν δείκτες μέσω των οποίων γίνεται ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης της διαίτας σε λιγνίνη, ημικυτταρίνη, κυτταρίνη καθώς και σε αδιάλυτα μεταλλικά στοιχεία. Με σκοπό να υπολογισθούν αυτές οι τιμές, χρησιμοποιήθηκε για το μεν παράγοντα ένα ουδέτερο διάλυμα αντίδρασης, ενώ για τον δε, ένα διάλυμα όξινης αντίδρασης.



**Εικόνα 5:** Αναλυτής NIR (Φασματοφωτόμετρο).



### 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### Έδαφος

Η σύνθεση του εδάφους των πειραματικών χωραφιών φαίνεται στον Πίνακα 1 παρακάτω. Το έδαφος είναι αργιλώδες και χαρακτηρίζεται από αλκαλική αντίδραση στα ανώτερα και κάτω στρώματα. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία σε βάθος 0-30 cm είναι 2,91%, και η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη σε βάθος 30-60 cm είναι 1,86%, γεγονός που δείχνει ότι είναι πολύ γόνιμο. Πρόκειται για προκαταρκτικές τιμές που υποδεικνύουν υψηλότερο ποσοστό οργανικού αζώτου από το μέσο έδαφος στην Ελλάδα. Με άλλα λόγια, ακόμη και χωρίς προσθήκη αζωτούχου λιπάσματος, είναι δυνατό να επιτευχθεί απόδοση που να ξεπερνά τον εθνικό μέσο όρο των μη λιπαινόμενων εκτάσεων στη χώρα.

**Πίνακας 1:** Χαρακτηριστικά του εδάφους των ανωτέρων στρωμάτων (0 έως 30 εκατοστά) και υπό-επιφανειακών (30 έως 60 εκατοστά).

Χαρακτηριστικά	Κοκκομετρική σύσταση			Υφή	ΦΕΒ	CEC	pH (πάστας)
	Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Άργιλλος (%)				
Βάθος (cm)						cmol/kg	
0 - 30	26,8	31,33	41,87	C	1,27	26,05	7,63
30 - 60	25,93	30,93	43,13	C	1,27	23,18	7,9
Χαρακτηριστικά	EC (πάστας)	C <sub>οργ.</sub>	N	C/N	Οργ. Ουσία	CaCO <sub>3</sub>	ESP
Βάθος (cm)	mS/cm	g/kg	g/kg		%		άμμος (%)
0 - 30	1,17	14,52	1,67	8,78	2,91	6,78	0,88
30 - 60	0,47	9,31	1,06	8,85	1,86	7,68	1,03

(\* τα δεδομένα μας πάρθηκαν από το πρόγραμμα CropFeed).

Η σύνθεση του εδάφους θεωρείται ικανοποιητική σε μακροθρεπτικά και ιχνοστοιχεία (Πίν. 2).

**Πίνακας 2:** Μακροθρεπτικά και ιχνοστοιχεία που εμπεριέχονται στα ανώτερα στρώματα (0 έως 30 εκατοστά) και υπό-επιφανειακών (30 έως 60 εκατοστά).

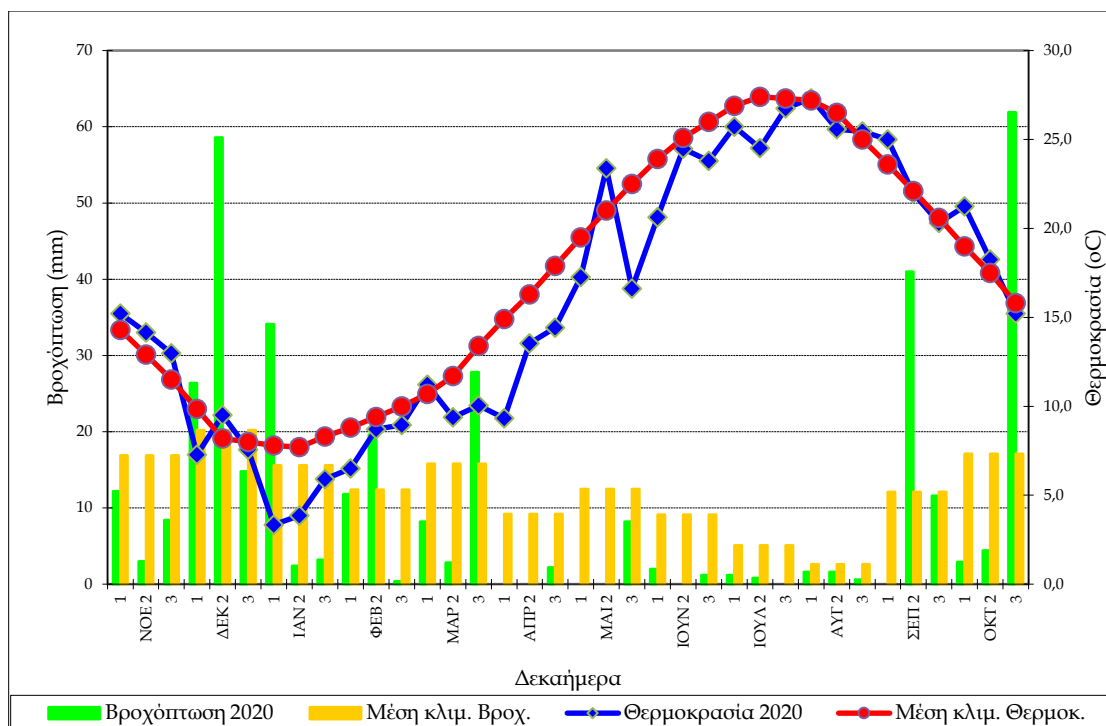
<i>Βάθος (cm)</i>	<i>P- Olsen</i>	<i>Na<sup>+</sup></i>	<i>K<sup>+</sup></i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>B</i>
	<i>mg/kg</i>	<i>cmol/kg</i>		<i>mg/kg</i>				
<i>0 - 30</i>	18,73	0,23	1	5,47	15,22	1,4	1,8	0,4
<i>30 - 60</i>	3,45	0,24	0,35	7,72	16,37	0,6	2,01	0,32

(\* τα δεδομένα μας πάρθηκαν από το πρόγραμμα CropFeed).

### **Καιρικές συνθήκες 2020**

Από τη σπορά των ψυχανθών (23/11/2019) έως το τέλος της χρονιάς, οι θερμοκρασίες παρέμειναν υψηλότερες από τις κανονικές, με αυξομειώσεις γύρω από το μέσο κλίμα αυτής της εποχής, συμφέρει για τη βλάστηση των σπόρων και τη σωστή εγκατάσταση. (Από τις αρχές του 2020 έως τα μέσα Μαΐου, οι θερμοκρασίες στην περιοχή παρέμειναν χαμηλές, εκτός από τις πρώτες 10 ημέρες του Μαρτίου (Γράφημα 1). Οι βροχοπτώσεις ήταν επαρκείς κατά τη διάρκεια του χειμώνα και νωρίς την άνοιξη, αλλά ακολούθησε ξηρασία. , σε συνδυασμό με χαμηλή θερμοκρασία, επηρέασαν την ανάπτυξη και ανάπτυξη των ψυχανθών φυτών και άρα την απόδοση της καλλιέργειας.

Οι υποεποχιακές θερμοκρασίες καταγράφηκαν κατά τη φύτευση σόργου και την πρόωμη καλλιεργητική περίοδο (και τη μεταβατική περίοδο καλλιέργειας χόρτου). Βελτιωμένη άρδευση λόγω έλλειψης σταθερών βροχοπτώσεων.



**Γράφημα 1:** Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχοπτώση ανά δεκαήμερο στο Βελεστίνο από Νοέμβριο 2019 μέχρι και Οκτώβριο 2020.

### *Πειραματικοί αγροί 2020*

Η απόδοση βιομάζας των μπιζελιών ήταν 2.310 kg/ha και η περιεκτικότητα σε υγρασία ήταν περίπου 60%. Το ξηρό βάρος υπολογίστηκε σε 924 kg/ha. Η πρωτεΐνη σε ξηρή ύλη ήταν περίπου 13% (13,22%). Άλλες τιμές χαρακτηριστικών ποιότητας που υπολογίστηκαν με τον αναλυτή NIR ήταν τέφρα 4,6%, NDF 49,6%, ADF 29,2%, ακατέργαστες ίνες 37,9%, λίπος 1,6%, ασβέστιο 0,25% και φώσφορος 0,13%.

Ο Πίνακας 3 παρακάτω δείχνει το ύψος του φυτού, την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, την πράσινη απόδοση, το ξηρό βάρος και την περιεκτικότητα σε υγρασία κατά τη συγκομιδή για έξι ποικιλίες σόργου. Η περιεκτικότητα σε άζωτο σε ξηρή βιομάζα δίνεται επίσης ως ποσοστό (%) και βάρος ανά εκτάριο (kg). Στις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα φαίνεται η συμβολή των αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες και η αξιοποίησή τους από τα φυτά.

Το '4264' ήταν το ψηλότερο (σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο σε σύγκριση με ποικιλίες εκτός του '25K1009'), ακολουθούμενο από το '25K1009' στα 5,28 μέτρα και 4,80 μέτρα και το '5D61' στα 3,76 μέτρα ορυζώνα. Οι άλλες 3 ποικιλίες κατέγραψαν ύψη φυτών μικρότερα από 3 m. Όσο για το άζωτο, ο μάρτυρας άργησε λίγο να λιπάνει, αλλά όχι πολύ.

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, το «Big Kahuna» υστερούσε σε σχέση με άλλες ποικιλίες μόνο αριθμητικά. Το άζωτο φαίνεται να επηρεάζει τη χλωροφύλλη, αλλά στατιστικά δεν επηρεάζει.

**Πίνακας 3:** Χαρακτηριστικά απόδοσης των υπό μελέτη ποικιλιών Σόργου σε αγρό όπου προηγήθηκε καλλιέργεια μπιζελιού για ενσίρωμα.

Μεταβλητές Παράγοντες		Ύψος φυτών (m)	Χλωροφύλλη	Χλωρή Βιομάζα (kg/στρ.)	Ξηρή Βιομάζα (kg/στρ.)	Υγρασία (%)	N %	N kg/str	N kg/str από λίπανση	Αποδοτικότητα % χρήσης N	
Ποικιλίες σόργου	5D61	3,76	53,8	5510	1714	68,90	1,03	17,50			
	4264	5,28	48,6	8187	2451	70,30	0,92	22,29			
	25K1009	4,80	45,6	7326	2004	72,64	0,89	17,52			
	Buffalo Grain	2,50	52,2	5142	1553	69,59	0,89	13,34			
	Elite	2,99	50,6	5982	1753	70,55	0,81	14,52			
	Big Kahuna	2,98	39,1	6139	1786	71,20	0,85	14,39			
<i>ΕΣΛ<sub>.05</sub></i>		<b>1,303</b>	<i>ns</i>	<b>1147,5</b>	<b>343,2</b>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<b>3,684</b>			
Άζωτο (kg/στρ.)	0	3,58	45,8	5989	1811	69,64	0,75	14,79			
	8	3,75	48,2	6619	1898	71,12	0,95	17,58	2,79	34,9	
	16	3,7	50,8	6535	1922	70,82	1,00	17,41	2,62	16,4	
<i>ΕΣΛ<sub>.05</sub></i>		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<b>0,149</b>	<i>ns</i>			
Ποικιλίες σόργου X Άζωτο (kg/στρ.)	5D61	0	3,56	47,8	4827	1464	69,29	0,94	15,09		
		8	3,79	50,2	5758	1844	68,03	1,11	19,80	4,71	58,9
		16	3,92	63,5	5947	1835	69,38	1,04	17,62	2,53	15,8
	4264	0	5,01	40,8	8040	2498	69,30	0,77	19,95		
		8	5,76	49,3	8396	2419	71,18	1,01	24,02	4,07	50,9
		16	5,08	55,6	8127	2437	70,40	0,98	22,91	2,96	18,5
	25K-1009	0	4,83	42,8	7567	2165	71,20	0,81	18,96		
		8	4,97	46,6	7336	1997	72,84	0,97	18,23	-0,73	-9,1
		16	4,60	46,7	7076	1850	73,87	0,89	15,36	-3,60	-22,5
	Buffalo Grain	0	2,35	54,6	4938	1554	68,62	0,63	11,31		
		8	2,05	56,8	5562	1642	69,84	0,88	13,30	1,99	24,9
		16	2,35	45,1	4927	1463	70,31	1,17	15,41	4,10	25,6
	Elite	0	2,89	46,6	4971	1533	69,08	0,68	11,66		
		8	3,00	49,6	6529	1858	71,65	0,78	14,64	2,98	37,3
		16	3,09	55,5	6444	1867	70,93	0,97	17,27	5,61	35,1
	Big Kahuna	0	2,82	42	5591	1648	70,36	0,65	11,79		
		8	2,94	36,6	6136	1626	73,19	0,94	15,49	3,70	46,3
		16	3,17	38,6	6689	2082	70,03	0,94	15,90	4,11	25,7
	<i>ΕΣΛ<sub>.05</sub></i>		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>		
	<i>CV (%)</i>		<b>9,5</b>	<b>16,4</b>	<b>16,4</b>	<b>20,7</b>	<b>4,0</b>	<b>24,1</b>	<b>29,6</b>		

Όσον αφορά την χλωρή βιομάζα, η ποικιλία «4264» κατατάσσεται πρώτη ως προς την απόδοση, ακολουθούμενη από την «25K1009» με 8.187 kg/ha και 7.326 kg/ha, που είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερες από τις άλλες ποικιλίες, με απόδοση από 1,5

έως 2 τόνους Φάνηκε ότι υπάρχει διαφορά μεταξύ Το 25K1009” (73%) έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία από άλλες ποικιλίες (70%), επομένως η παραγωγή ξηρής βιομάζας (2005 kg/ha) είναι και πάλι “4264” (2451 kg/ha), η τελευταία ήρθε στη δεύτερη θέση , πολύ μπροστά από το «Buffalo Grain» (1553 kg/ha). Επιπλέον, το '5D61' είχε τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία φέτος, υποδηλώνοντας ότι αναπτύχθηκε νωρίτερα από άλλες ποικιλίες. Η περιεκτικότητα σε υγρασία (70%) ήταν ελαφρώς υψηλότερη από αυτή που απαιτείται για την παραγωγή ενσίρωσης (65%, Μπαξεβάνος & Τσιάλτας, 2012).

Η αύξηση του αζωτούχου λιπάσματος συνοδεύτηκε από αύξηση του πράσινου βάρους, αλλά η αύξηση δεν ήταν στατιστικά σημαντική σε κανένα επίπεδο. Επίσης, το ξηρό βάρος αυξήθηκε. Το πράσινο βάρος αυξήθηκε κατά περίπου 630 kg/ha με αύξηση του αζώτου από τον έλεγχο (0N) σε 8 kg/ha, αλλά δεν παρατηρήθηκε αύξηση της βιομάζας από 8 σε 16 kg/ha. Παρόμοια τάση παρατηρήθηκε και για το ξηρό βάρος. Λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση κάθε παράγοντα, η ποικιλία '4264' είχε την υψηλότερη απόδοση όσον αφορά το βάρος ανάπτυξης και το ξηρό βάρος σε 8 kg/ha αζώτου.

Η περιεκτικότητα σε υγρασία κατά τη συγκομιδή φάνηκε να μην επηρεάζεται από τη λίπανση με άζωτο.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα σε άζωτο μεταξύ των ποικιλιών. Η καλλιέργεια «5D61» ήταν αριθμητικά ανώτερη από άλλες ποικιλίες. Ως συνήθως, η λίπανση με άζωτο επηρέασε την περιεκτικότητα σε άζωτο των φυτών: δύο επίπεδα αζώτου (8N και 16N) ήταν στατιστικά ανώτερα από το μάρτυρα (0N), αλλά δεν ήταν διαφορετικά μεταξύ τους.

Η όγδοη και η ένατη στήλη του πίνακα 3 σχετίζονται με το κατά πόσο απορροφάται το άζωτο της λιπάνσεως από το σόργο. Η βασική απορρόφηση στο πειραματικό πεδίο ήταν περίπου 14,79 kg N/ha. Από τις 8 μονάδες N (ή 8 kg/ha) που χρησιμοποιήθηκαν ως λίπασμα, οι καλλιέργειες χρησιμοποίησαν 2,79 μονάδες N (34,9%) και 2,62 kg/ha (16,4%) για 16 μονάδες.

Ο Πίνακας 4 παρακάτω δείχνει τα αποτελέσματα χαρακτηρισμού ποιότητας των ποικιλιών σόργου με διαφορετικούς ρυθμούς αζώτου που ελήφθησαν χρησιμοποιώντας το εργαλείο ανάλυσης NIR.

Για την πρωτεΐνη, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυλών. Όπως και με το άζωτο, το '5D61' ξεπέρασε αριθμητικά τις άλλες ποικιλίες. Για το άζωτο (8N και 16N), αυτή η ποικιλία ήταν ανώτερη από την ποικιλία ελέγχου, αν και δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε τέφρα, βρέθηκε ότι η ποικιλία με τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε τέφρα είχε καλύτερη απόδοση. Στο δείκτη NDF δεν καταγράφηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Αριθμητική υστέρηση κατέγραψαν οι τρεις τελευταίες ποικιλίες έναντι των πρώτων του πίνακα. Στο άζωτο ο μάρτυρας υστερεί αριθμητικά έναντι των δύο επιπέδων αζώτου

**Πίνακας 4:** Ποιοτικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν από το σόργο που μελετάται σε αγρό όπου προηγήθηκε καλλιέργεια μπιζελιού για ενσίρωμα και μέσου όρου δειγμάτων ενσιρώματος καλαμποκιού.

Μεταβλητές Παράγοντες		Υγρα- σία	Πρω- τεΐνη	Στάχτη	NDF	ADF	Ακατέρ- γαστες ίνες	Ενέρ- γεια	
		%							MJ/kg
Ποικιλίες σόργου	5D61	68,9	2,00	1,95	12,78	37,89	11,16	12,68	
	4264	70,3	1,71	1,90	12,10	39,78	11,15	12,89	
	25K1009	72,64	1,52	1,82	10,53	39,24	10,83	13,13	
	Buffalo Grain	69,59	1,69	1,90	10,95	36,64	11,70	13,48	
	Elite	70,55	1,49	1,93	10,68	38,92	11,47	13,59	
	Big Kahuna	71,2	1,50	1,90	10,60	38,96	11,41	13,59	
<i>EΣΔ.05</i>		<i>ns</i>	<b>0,319</b>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
Αζώτο (kg/στρ.)	0	69,64	1,41	1,96	10,80	37,11	12,33	13,77	
	8	71,12	1,73	1,93	11,26	39,46	10,64	13,00	
	16	70,82	1,82	1,81	11,75	39,13	10,89	12,90	
<i>EΣΔ.05</i>		<i>ns</i>	<b>0,295</b>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
Ποικιλίες σόργου X Αζώτο (kg/στρ.)	5D61	0	69,29	1,79	1,90	13,79	38,13	10,08	11,91
		8	68,03	2,22	2,13	12,22	38,61	11,96	13,24
		16	69,38	2,00	1,80	12,33	36,93	11,44	12,88
	4264	0	69,30	1,47	1,97	11,91	38,27	12,02	13,23
		8	71,18	1,82	1,94	12,40	40,72	10,05	12,34
		16	70,40	1,84	1,78	11,99	40,34	11,38	13,11
	25K- 1009	0	71,20	1,44	2,01	9,09	37,68	13,20	14,59
		8	72,84	1,64	1,86	11,28	39,84	9,98	12,54
		16	73,87	1,47	1,59	11,21	40,19	9,31	12,27
	Buffalo Grain	0	68,62	1,23	2,01	10,41	35,75	13,40	14,29
		8	69,84	1,67	1,92	11,03	37,83	10,85	13,22
		16	70,31	2,16	1,76	11,40	40,86	10,84	12,93
	Elite	0	69,08	1,30	1,97	10,29	36,12	12,94	14,30
		8	71,65	1,40	1,88	10,76	39,76	10,44	13,18
		16	70,93	1,77	1,93	11,00	40,86	11,04	13,28
	Big Kahuna	0	70,36	1,21	1,88	9,31	36,74	12,33	14,32
		8	73,19	1,59	1,82	9,89	40,00	10,59	13,48
		16	70,03	1,70	1,99	12,59	40,13	11,31	12,96
	<i>EΣΔ.05</i>		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>CV (%)</i>		<b>4,0</b>	<b>25,9</b>	<b>12,0</b>	<b>18,9</b>	<b>6,9</b>	<b>14,9</b>	<b>13,0</b>
	<i>Ενσίρωμα καλαμποκιού</i>		<b>68,73</b>	<b>3,10</b>	<b>2,25</b>	<b>12,44</b>	<b>37,11</b>	<b>7,63</b>	<b>11,12</b>

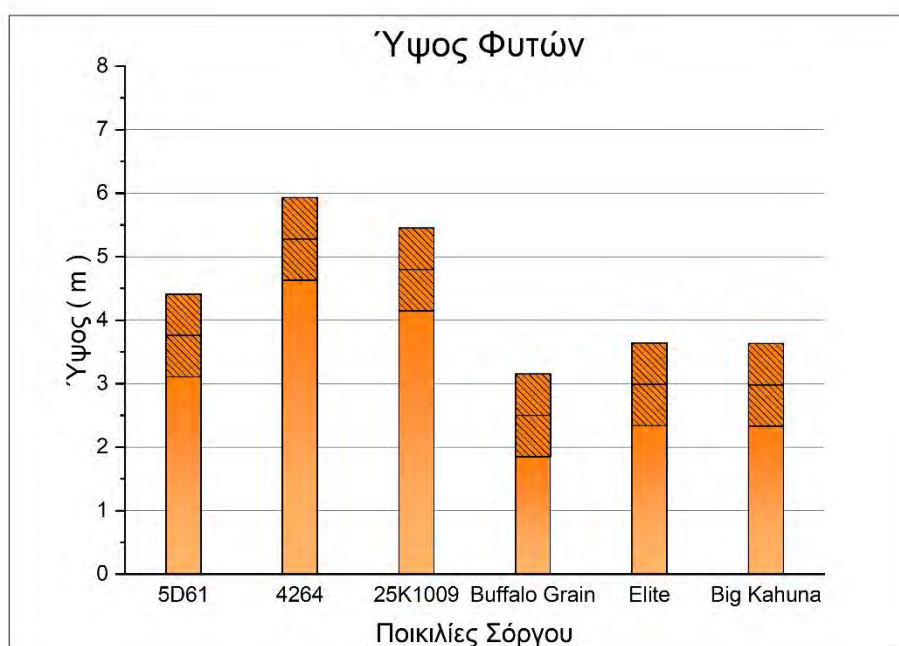
Δεν υπήρχε στατιστική διαφορά στο ADF μεταξύ των φυλών. Η δοκιμή ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη στα δύο επίπεδα αζώτου. Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις ακατέργαστες ίνες και την ενέργεια μεταξύ των δύο ποικιλιών και των επιπέδων αζώτου.

Η τελευταία σειρά του Πίνακα 4 δείχνει τις μέσες τιμές των χαρακτηριστικών ποιότητας ενσίρωσης καλαμποκιού για τα δείγματα που ελήφθησαν κατά τη συγκομιδή των πειραματικών αγροτεμαχίων του σιλό. Περίπου 35 μονάδες αζώτου εφαρμόστηκαν στην αναφερόμενη καλλιέργεια αραβοσίτου. Τα στοιχεία του πίνακα δείχνουν ότι κατά

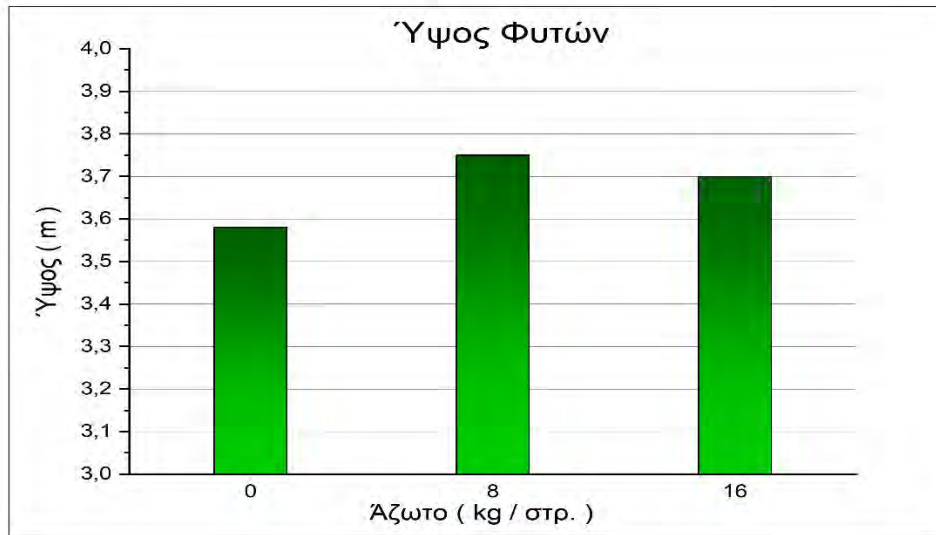
μέσο όρο 8 μονάδες αζώτου εφαρμόστηκαν και φέτος στους σπόρους σόργου, που κυμαίνονται από 50 έως 65% της πρωτεΐνης καλαμποκιού. Φυσικά, πρέπει να λάβετε υπόψη και την προηγούμενη συγκομιδή μπιζελιού. 8 και 16 μονάδες αζώτου στην ποικιλία 5D61 και 16 μονάδες αζώτου στο Buffalo Grain (κυρίως ως καλλιέργεια φρούτων) αντιπροσωπεύουν περίπου το 80% της πρωτεΐνης αραβοσίτου, ακολουθούμενη από την ποικιλία 4264 (8N και 16N) σε περίπου 60%.

### Αύξηση και ανάπτυξη καλλιεργειών

Στα παρακάτω διαγράμματα εμφανίζονται ορισμένα δεδομένα που σχετίζονται με την υγρασία που περιέχεται στις ποικιλίες σόργου αμέσως μετά τη συγκομιδή αλλά και με την αποδοτικότητα τόσο σε ξηρή όσο και σε πράσινη μάζα. Το άζωτο το οποίο περιέχεται στην ξηρή βιομάζα εκφράζεται ως απόλυτη τιμή σε kg και ως ποσοστό ανά στρέμμα. Επιπλέον, αποτυπώνεται η συμβολή της λίπανσης στην υπό μελέτη καλλιέργεια και το κατά πόσο απορρόφησαν τα φυτά το άζωτο του λιπάσματος.

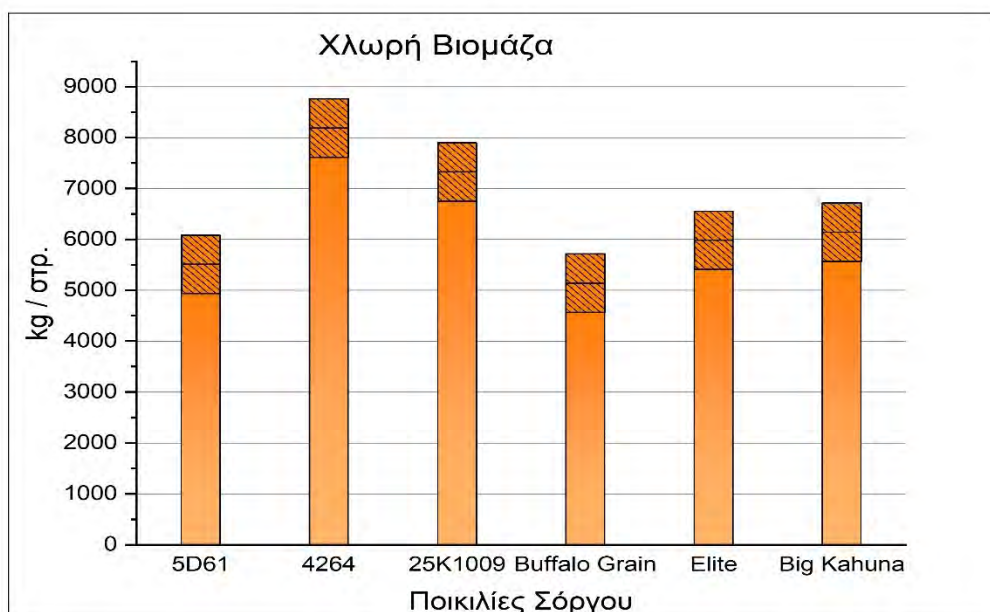


**Γράφημα 2:** Ύψος ποικιλιών.



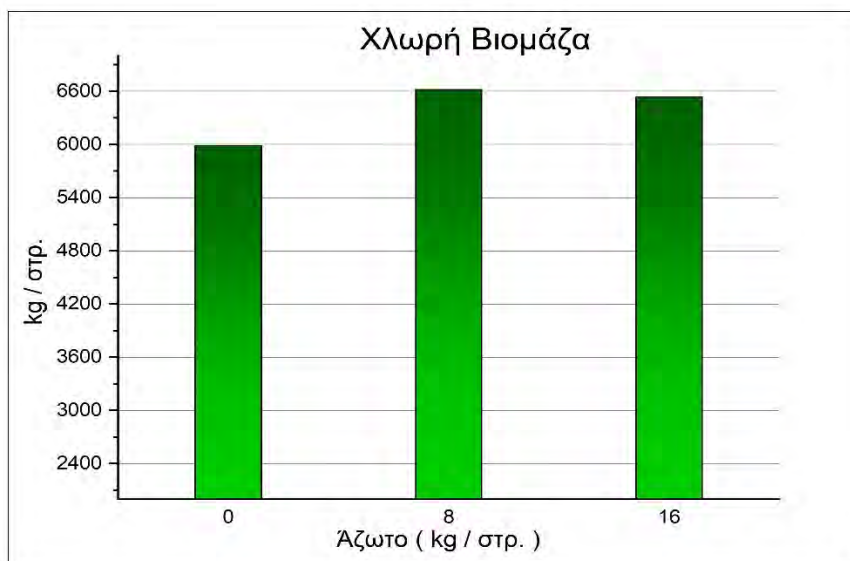
**Γράφημα 3:** Ύψος του σόργου υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Τα αποδιδόμενα ύψη φυτών ποικίλουν. Αναλυτικότερα, η «4264» με ύψος 528 εκατοστών ξεχώρισε από τις υπόλοιπες αξιοσημείωτα. Στην συνέχεια, η «25K1009» και η «5D61» με ύψη 480 εκ. και 376 εκ. αντιστοίχως. Ενώ το μικρότερο ύψος παρατηρήθηκε στην «Buffalo Grain» με ύψος μόλις 250 εκατοστών. Τα διαφορετικά επίπεδα λιπάνσεως απέδωσαν σχετικά μικρές διαφορές στα ύψη των φυτών, όπου το επίπεδο 16N απέδωσε ύψος 370 εκ., το 8N ύψος 375 εκ. και τέλος το 0N ύψος 358εκ.



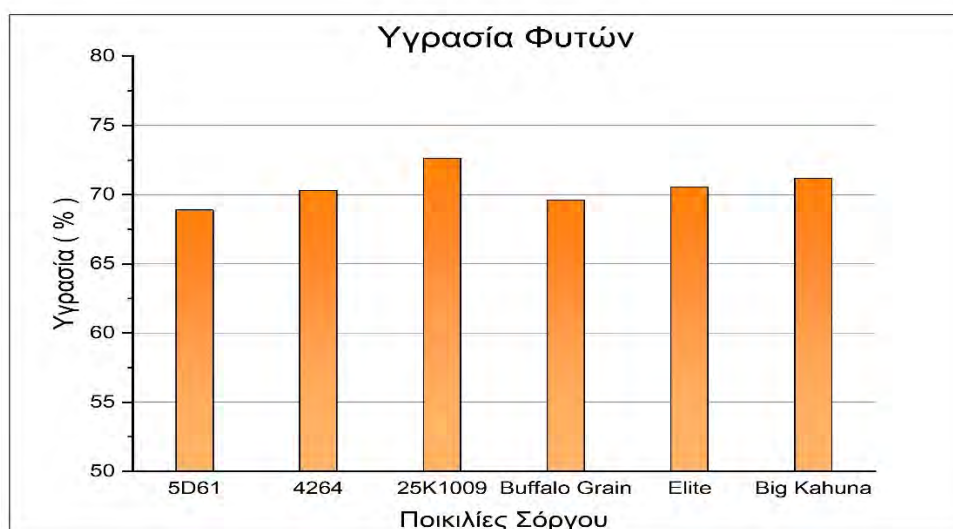
**Γράφημα 4:** Χλωρή βιομάζα ποικιλιών.



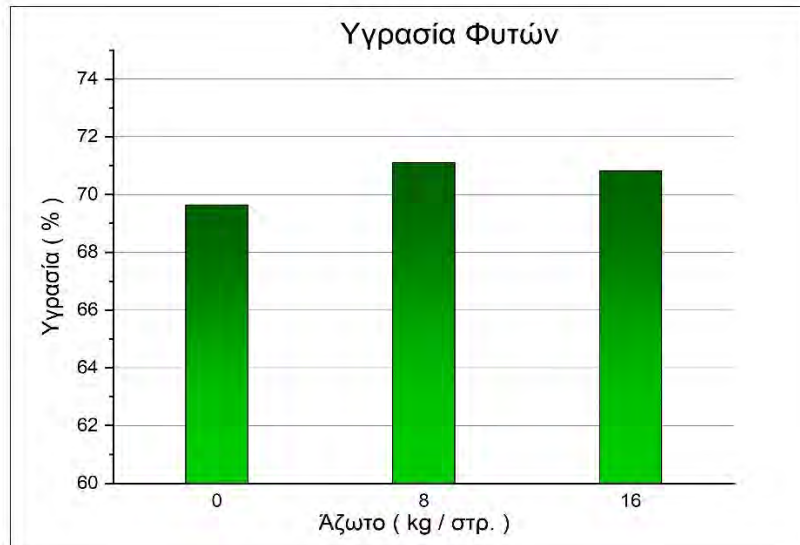


**Γράφημα 5:** Πράσινη βιομάζα του σόργου υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Την υψηλότερη απόδοση σε πράσινη βιομάζα παρουσίασε η ποικιλία «4264» με 8187 kg ανά στρέμμα. Ακολούθησαν η «25K1009» με 7326 kg ανά στρέμμα, η «Big Kahuna» με 6139 kg ανά στρέμμα και η «Elite» με 5982 kg ανά στρέμμα. Οι «5D61» και «Buffalo Grain» παρουσίασαν τις χαμηλότερες τιμές με 5510 kg ανά στρέμμα και 5142 kg ανά στρέμμα αντιστοίχως. Όσον αφορά τα επίπεδα λίπανσης, στο 8N παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη τιμή χλωρής βιομάζας με 6619 kg ανά στρέμμα, ενώ στα 0N και 16N είχαμε πτώση της απόδοσης.

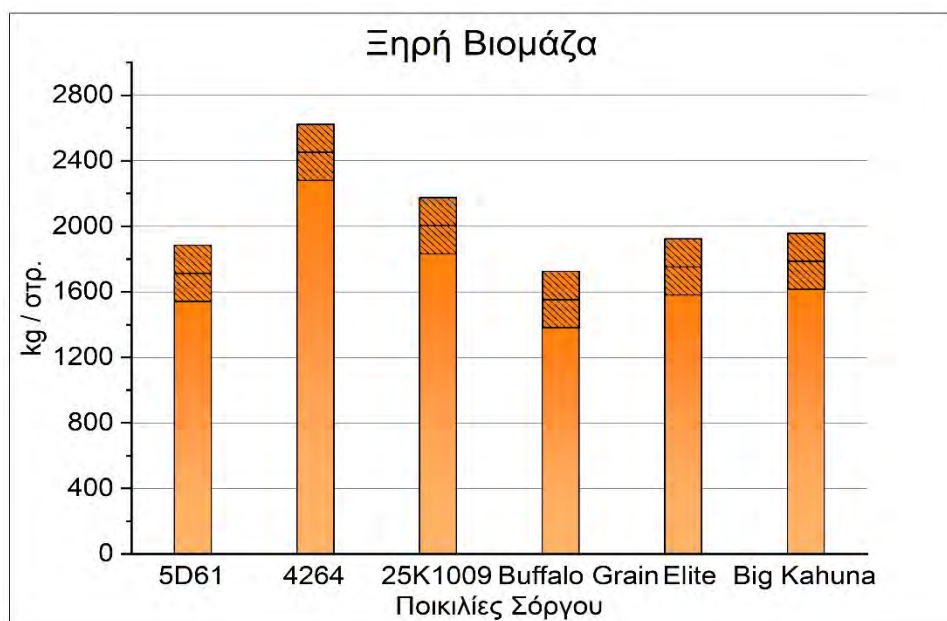


**Γράφημα 6:** Υγρασία ποικιλιών.

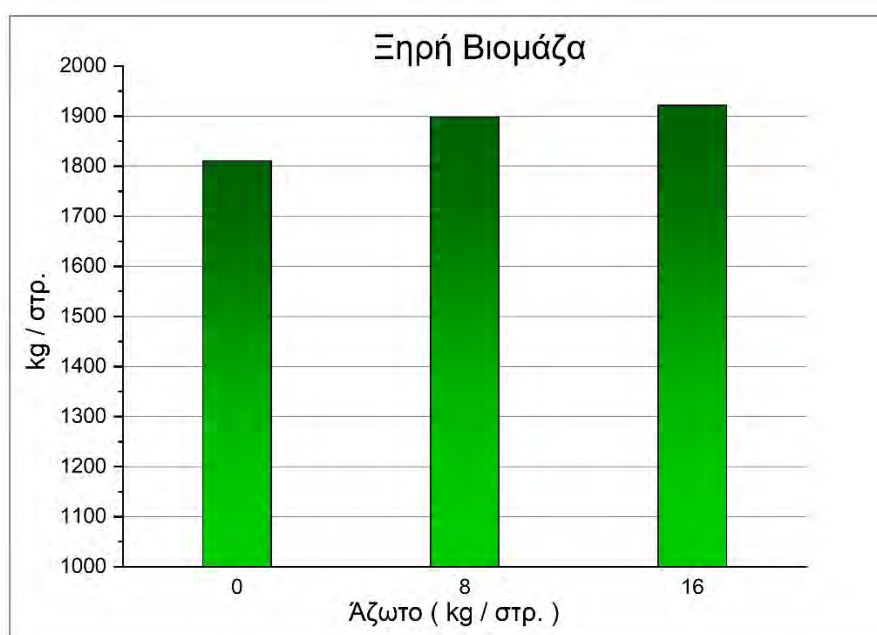


**Γράφημα 7:** Ποσοστό υγρασίας του σόργου υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας εμφάνισε η ποικιλία «25K1009» με 72,64%. Ακολούθησαν η «Big Kahuna» με 71,20% και η «Elite» με 70,55%, ενώ το μικρότερο ποσοστό εμφάνισε η «5D61» με 68,9%. Στο 8N της αζωτούχου λίπανσης παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη τιμή υγρασίας με τιμή 71,12%. Τα επίπεδα 16N και 0N εμφάνισαν μικρότερα ποσοστά με τιμές υγρασίας 70,82% και 69,64% αντιστοίχως. Για να επιτευχθεί η σωστή ενσίρωση της βιομάζας, θα πρέπει περιεχόμενη υγρασία να κυμαίνεται κοντά στο 65% (Μπαξεβάνος & Τσιάλτας, 2012).

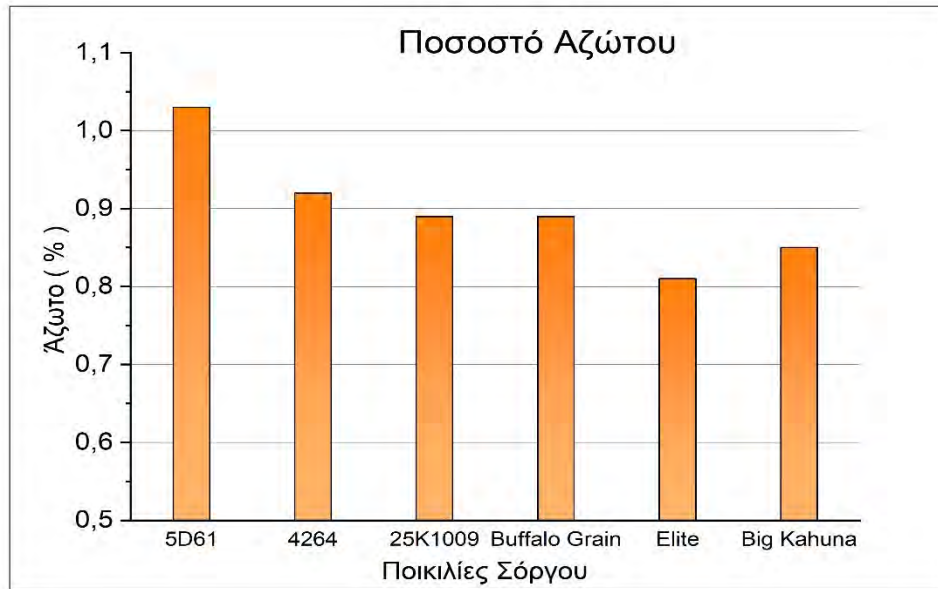


**Γράφημα 8:** Ξηρή βιομάζα ποικιλιών.

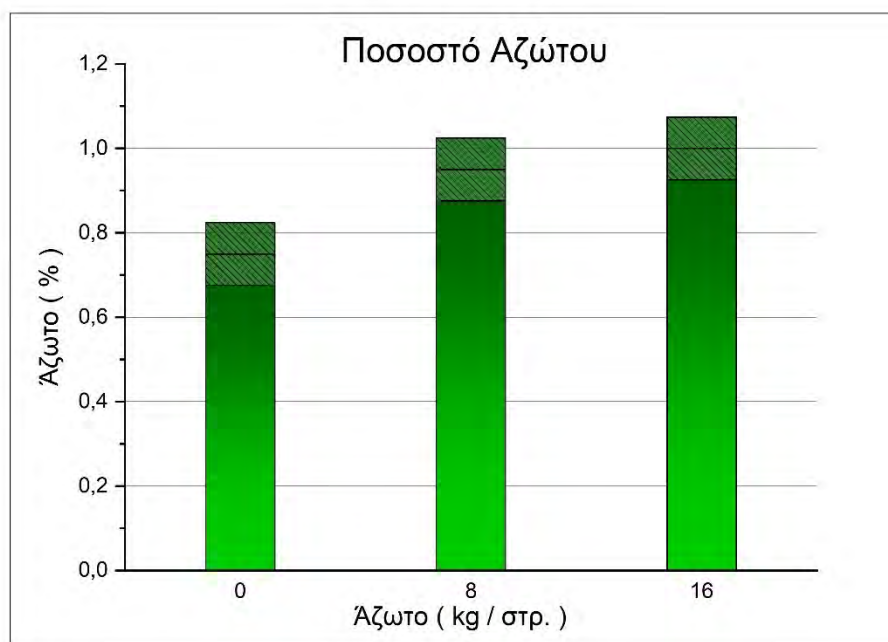


**Γράφημα 9:** Ξηρή βιομάζα του σόργου υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Όσον αναφορά την ξηρή βιομάζα η ποικιλία «4264» προπορεύθηκε των υπολοίπων με 2451 kg ανά στρέμμα. Ακολούθησαν, η «25K1009» με 2004 kg ανά στρέμμα, η «Big Kahuna» με 1786 kg ανά στρέμμα και η «Elite» με 1753 kg ανά στρέμμα. Η ποικιλία με την μικρότερη απόδοση ήταν η «Buffalo Grain» με τιμή 1553 kg ανά στρέμμα. Ενώ, σε κάθε επίπεδο αζωτούχου λίπανσης παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής της ξηρής βιομάζας.

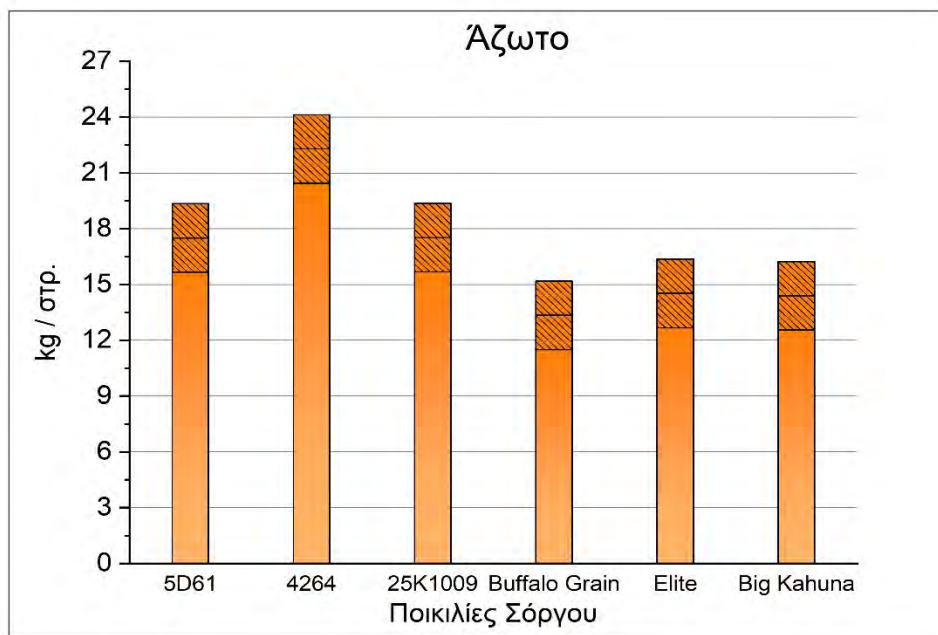


**Γράφημα 10:** Ποσοστό N στις υπό μελέτη ποικιλίες.

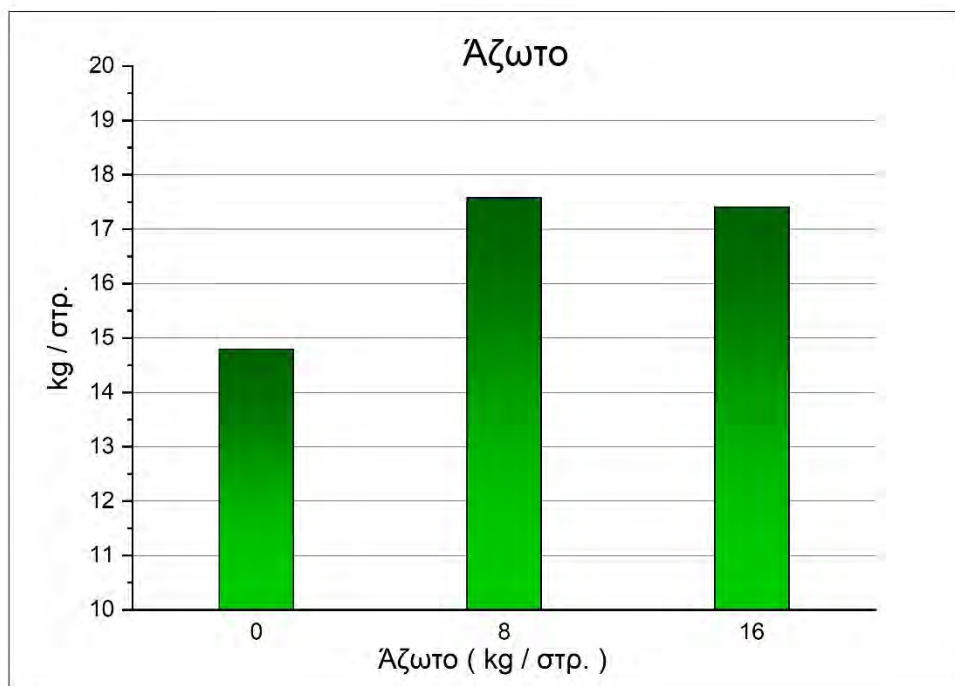


**Γράφημα 11:** Ποσοστό N στο σόργο υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Το μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου είχε η «5D61» με ποσοστό 1,03 %, ενώ το χαμηλότερο εμφάνισε η «Elite» με ποσοστό 0,81%. Σε κάθε επίπεδο αζωτούχου λίπανσης παρατηρήθηκε αύξηση του περιεχόμενου αζώτου.



**Γράφημα 12:** Περιεκτικότητα N στις υπό μελέτη ποικιλίες.



**Γράφημα 13:** Περιεκτικότητα N στο σόργο υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

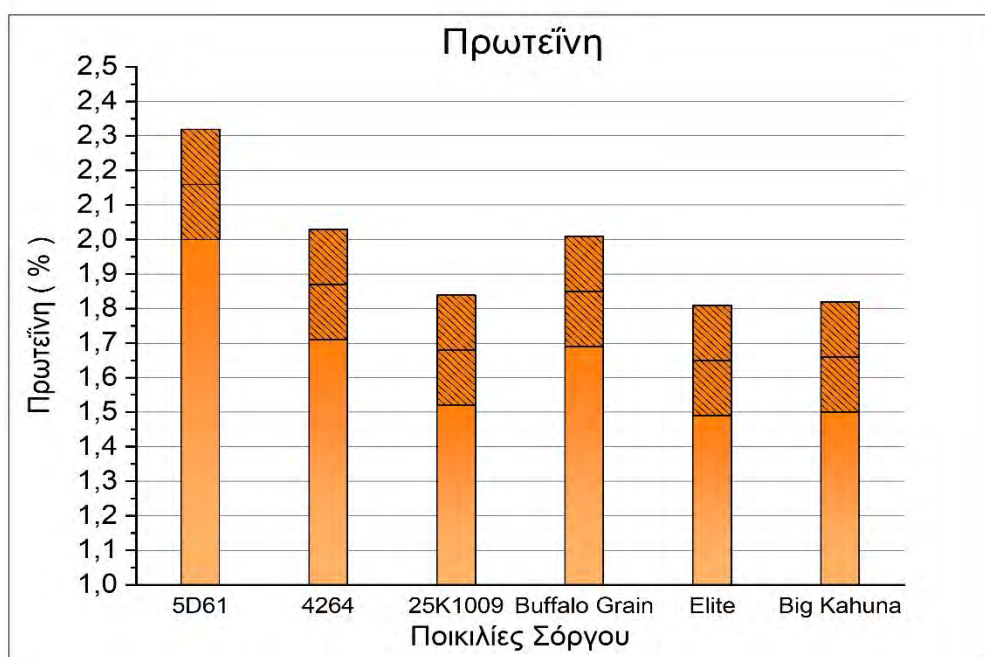
Όπως φαίνεται στα παραπάνω διαγράμματα δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην περιεκτικότητα σε άζωτο μεταξύ των ποικιλιών. Η καλλιέργεια «5D61» ήταν αριθμητικά ανώτερη από άλλες ποικιλίες (22,29% kg/στρ.). Ως συνήθως, η

λίπανση με άζωτο επηρέασε την περιεκτικότητα σε άζωτο των φυτών: δύο επίπεδα αζώτου (8N και 16N) ήταν στατιστικά ανώτερα από το μάρτυρα (0N), αλλά δεν ήταν διαφορετικά μεταξύ τους.

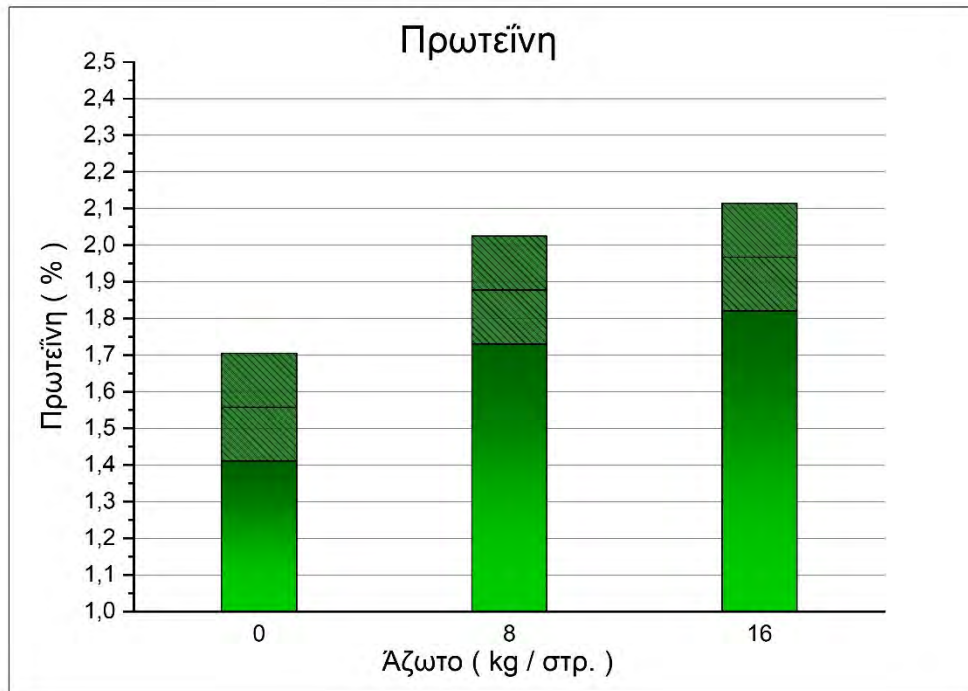
Τα διαγράμματα αναφέρονται στην αποδοτικότητα χρήσης αζώτου, δηλαδή πόσο άζωτο προσέλαβε το φυτό σόργο από το άζωτο που προστέθηκε στην καλλιέργεια με λίπανση. Η βασική απορρόφηση στο πειραματικό πεδίο ήταν περίπου (14,79 kg N/στρ.) Από τις 8 μονάδες N (ή 8 kg/στρ.) που χρησιμοποιήθηκαν ως λίπασμα, οι καλλιέργειες χρησιμοποίησαν 2,79 μονάδες N (34,9%) και 2,62 kg/στρ (16,4%) για 16 μονάδες.

Το αναμενόμενο αποτέλεσμα παραγωγής των διαφόρων ποικιλιών σόργου δεν επετεύχθηκαν λόγω αραιού πληθυσμού που δημιουργήθηκε από προβληματικό φύτευμα (Παπακώστα - Τασοπούλου 2012).

Σύμφωνα με τα παρακάτω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι με τη χρήση του αναλυτή NIR μπορούμε να προσκομίσουμε δεδομένα που δείχνουν, στα τρία στάδια αζωτούχου λίπανσης, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των έξι ποικιλιών σόργου.

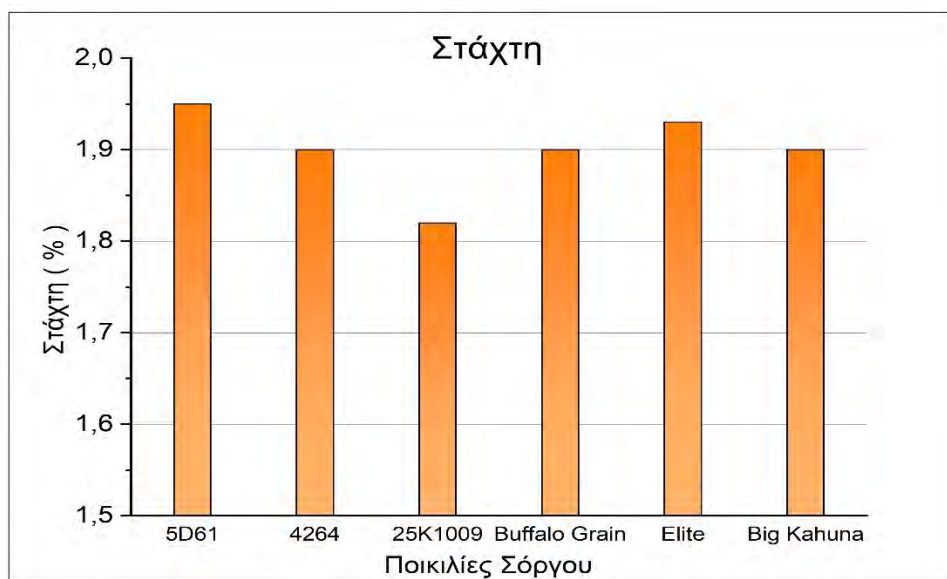


**Γράφημα 14:** Ποσοστό πρωτεΐνης στις υπό μελέτη ποικιλίες.

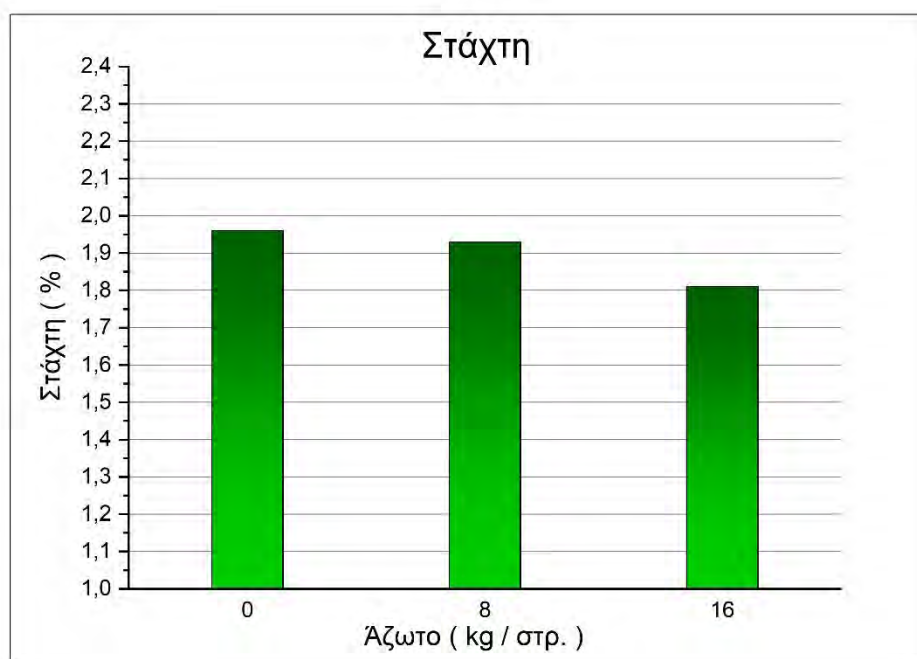


**Γράφημα 15:** Ποσοστό πρωτεΐνης στο σόργο υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Περίπου 35 μονάδες αζώτου εφαρμόστηκαν στην αναφερόμενη καλλιέργεια αραβοσίτου. Τα στοιχεία του πίνακα δείχνουν ότι κατά μέσο όρο 8 μονάδες αζώτου εφαρμόστηκαν και φέτος στους σπόρους σόργου, που κυμαίνονται από 50 έως 65% της πρωτεΐνης καλαμποκιού. Φυσικά, πρέπει να λάβετε υπόψη και την προηγούμενη συγκομιδή μπιζελιού. 8 και 16 μονάδες αζώτου στην ποικιλία 5D61 και 16 μονάδες αζώτου στο Buffalo Grain (κυρίως ως καλλιέργεια φρούτων) αντιπροσωπεύουν περίπου το 80% της πρωτεΐνης αραβοσίτου, ακολουθούμενη από την ποικιλία 4264 (8N και 16N) σε περίπου 60%.



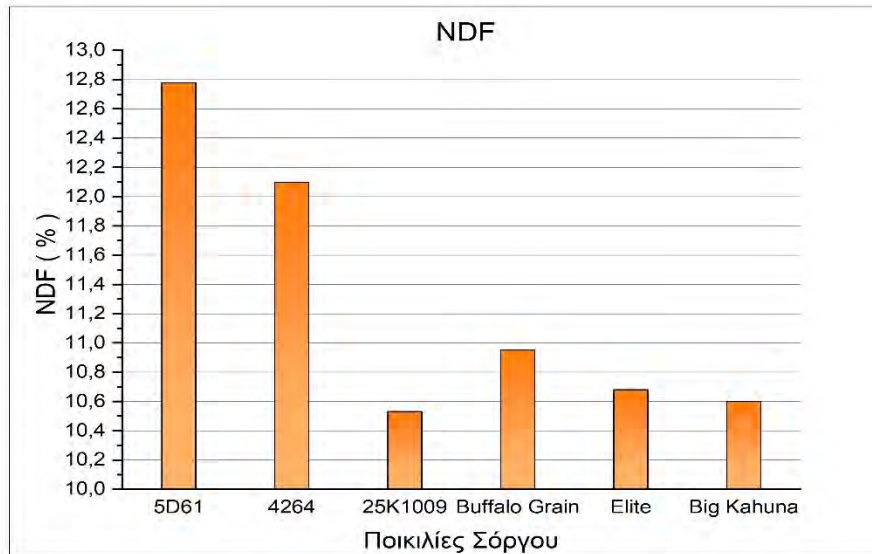
**Γράφημα 16:** Ποσοστό στάχτης σε κάθε ποικιλία.



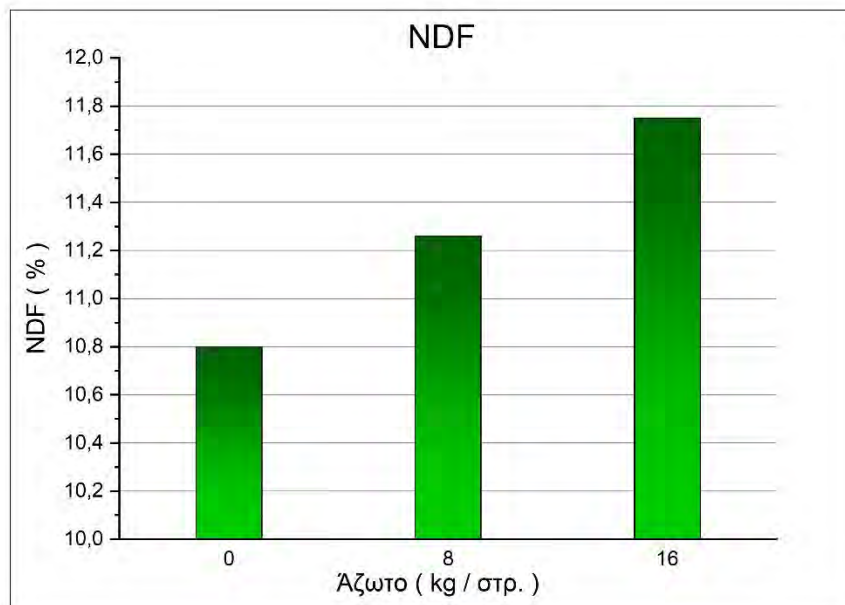
**Γράφημα 17:** Ποσοστό στάχτης στο σόργο υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Το μεγαλύτερο ποσοστό τέφρας είχε η «5D61» με 1,95%, αμέσως επόμενη ήταν η «Elite» με ποσοστό 1,93% και το μικρότερο εμφάνισε η «25K1009» με 1.82%.



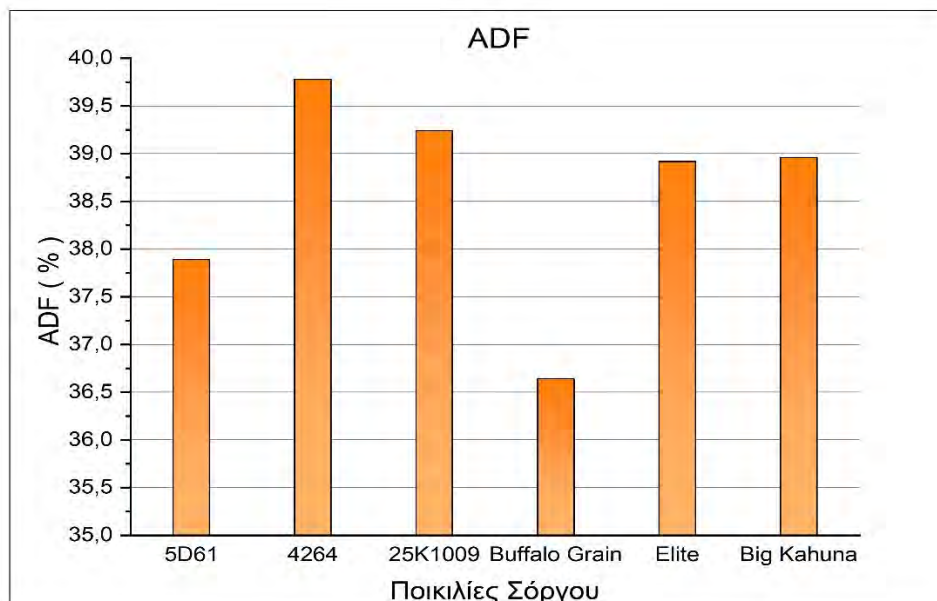


**Γράφημα 18:** Ποσοστό NDF σε κάθε ποικιλία.

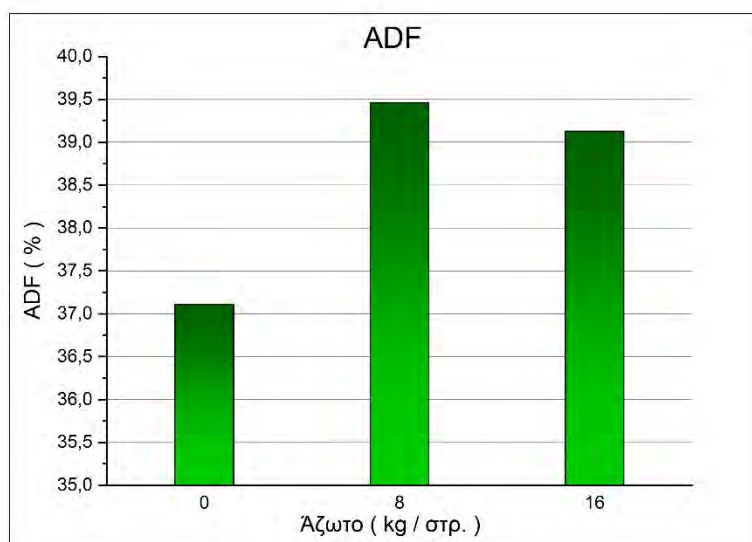


**Γράφημα 19:** Ποσοστό NDF στο σόργο υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Στο NDF μεγαλύτερη απόδοση είχε η «5D61» (13,78%), μετά από αυτήν η «4264» (12,1%) και η «Bufafalo Grain» (10,95%). Η «25K1009» είχε την μικρότερη τιμή (10,53%). Από το 0N (10,8%) στο 8N (11,26%) παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής, καθώς και αύξηση στο 16N (11,75%).

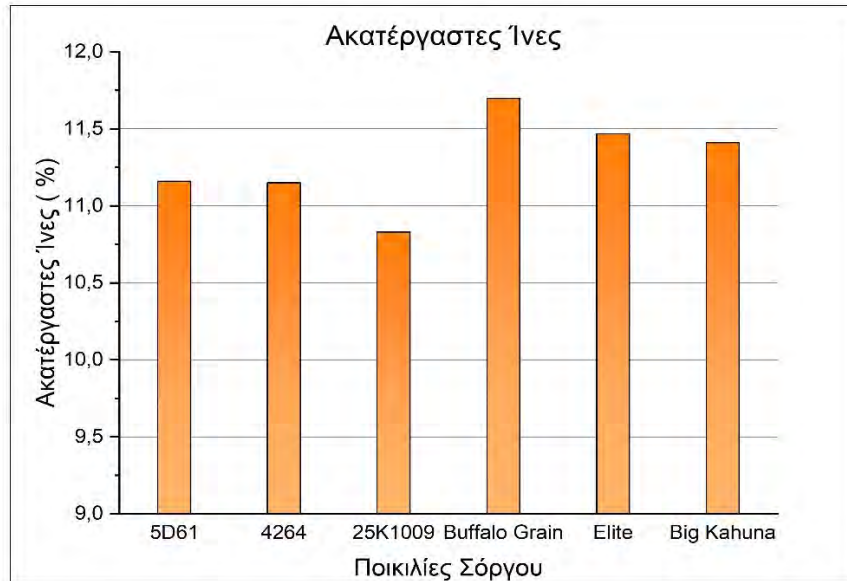


**Γράφημα 20:** Ποσοστό ADF σε κάθε ποικιλία.

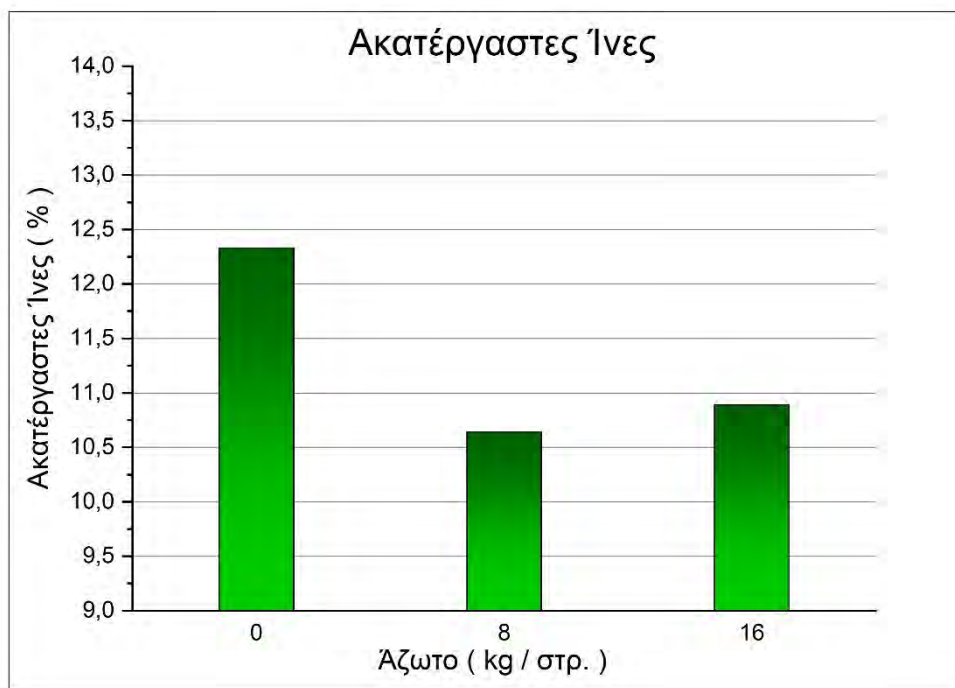


**Γράφημα 21:** Ποσοστό ADF στο σόργο υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Στο ADF δεν παρουσιάστηκαν ιδιαίτερες διαφορές, μεγαλύτερη απόδοση είχε η «4264» με 39,78% και την ελάχιστη είχε η «Buffalo Grain» με ποσοστό 36,64%. Παρατηρήθηκε αύξηση της τιμής από το 0N (37,11%) στο 8N (39,46%), όπου και ακολούθησε μείωση στο 16N (39,13%) .

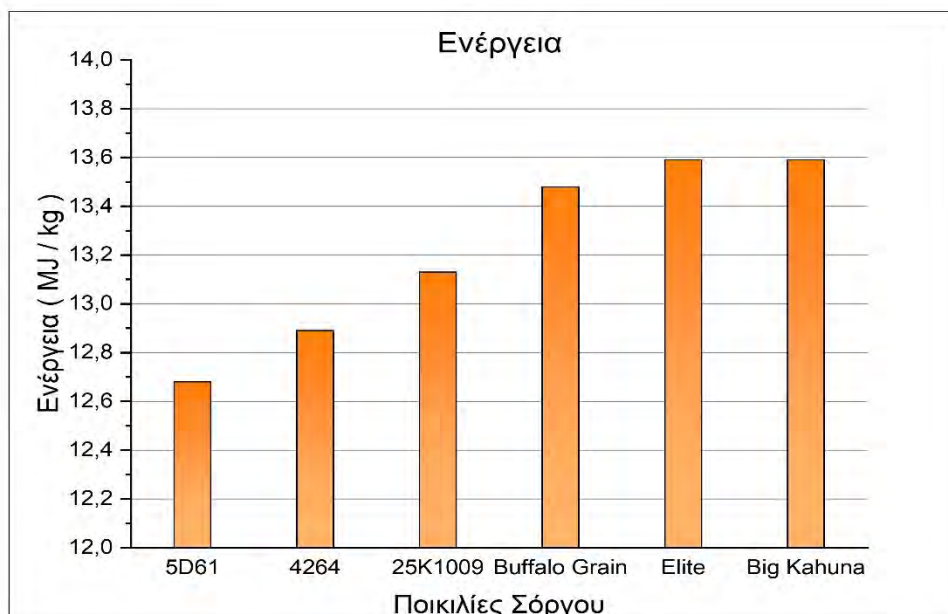


**Γράφημα 22:** Ποσοστό ακατέργαστων ινών στις υπό μελέτη ποικιλίες.

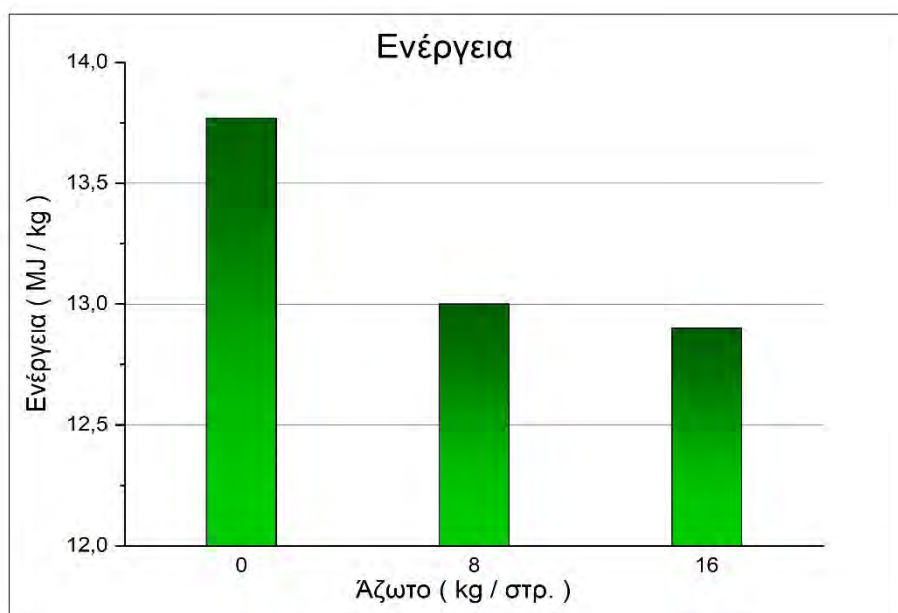


**Γράφημα 23:** Ποσοστό ακατέργαστων ινών στο σόργο υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών στις ακατέργαστες ίνες, καθώς ούτε και στα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης παρατηρήθηκε κάποια σημαντική αλλαγή.



**Γράφημα 24:** Ποσοστό ενέργειας σε κάθε ποικιλία.



**Γράφημα 25:** Ποσοστό ενέργειας στο σόργο υπό τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Δεν παρατηρήθηκε κάποια ουσιαστική στατιστική διαφορά όσον αναφορά την ενέργεια. Υψηλότερα ποσοστά εμφάνισαν η «Elite» και «Big Kahuna» (13,59%), με ίδιο ποσοστό ενέργειας, ενώ την λιγότερη εμφάνισε η ποικιλία «5D61» (12,68 MJ/kg).

Ενώ, αμελητέες εμφανίζονται και στατιστικές τιμές της ενέργειας στα 3 επίπεδα λίπανσης.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Κατά το δεύτερο έτος του πειράματος συνεχίστηκαν οι δοκιμές βλάστησης με σπόρους άλλων ποικιλιών των καλλιεργειών που μελετήθηκαν. Σπόροι από 6 ποικιλίες σόργου (5K1009, Elite, 5D61, Big Kahuna, Buffalo Grain, 4264 επιλεγμένες ποικιλίας) . Οι θερμοκρασίες δοκιμής ήταν 24°C, 16°C, 14°C, 12°C, 10°C, 8°C, 6°C και 4°C. Χρησιμοποιήθηκε μια πλήρως τυχαιοποιημένη ομάδα, πειραματικό σχέδιο 4 επαναλήψεων.

Στην παραγωγή ενσιρωμάτων είναι εφικτός ο στόχος των δέκα τόνων το στρέμμα (περίπου δύο το κτηνοτροφικό μπιζέλι και οκτώ το σόργο) κατά έτος με πολύ χαμηλότερο κόστος παραγωγής από το καλαμπόκι. Φάνηκε από τα αποτελέσματα του πειραματισμού και των πιλοτικών αγρών ότι υπάρχουν ποικιλίες σόργου υψηλοαποδοτικές που φτάνουν στο 65% της πρωτεΐνης του καλαμποκιού. Η καλλιεργητική πρακτική που εφαρμόστηκε στο σόργο ήταν η προσαρμοσμένη στο καλαμπόκι. Για παράδειγμα η συγκομιδή στο σόργο πραγματοποιήθηκε όταν άρχισε να ωριμάζει το φυτό ώστε να μειωθεί η υγρασία σε επίπεδο κατάλληλο για ενσίρωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται η ποσότητα φύλλων που είναι πιο πλούσια σε άζωτο. Θα μπορούσε με τη χρήση κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού το σόργο να κόβεται πριν εισέλθει σε φάση ξήρανσης στον αγρό, να αφήνεται σε σειρούς στο έδαφος και όταν με τα την πάροδο δύο – τριών ημερών πέσει η υγρασία στο 65% να ενσιρωθεί, ώστε να επιτευχθεί και υψηλής ποιότητας ενσίρωμα.

Η μείξη ενσιρώματος κτηνοτροφικού μπιζελλιού που είναι πλουσιότερο από του καλαμποκιού με ενσίρωμα σόργου οδηγεί σε προϊόν σχεδόν εφάμιλλο του καλαμποκιού. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται μεγαλύτερη παραγόμενη ποσότητα με μικρότερο κόστος παραγωγής. Το οικονομικό όφελος που προκύπτει με αυτό τον τρόπο μπορεί να κατανεμηθεί μεταξύ του καλλιεργητή και του κτηνοτρόφου. Επίσης εξασφαλίζεται και η αειφορία του αγρού μέσω της καλλιέργειας των ψυχανθών

## 4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξένη βιβλιογραφία

- Akkermans, A. D. L. and Dijk, C. (1976). “In Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants”. Ed. P. S. Nutman, Cambridge Univ. Press I.B.P. vol.7, 511–520.
- Almodares, A., Jafarinia M., & Hadi, M. R. (2009). “The Effects of Nitrogen Fertilizer on Chemical Compositions in Corn and Sweet Sorghum”. *American-Eurasian J. Agric.& Environ. Sci.*, 6 (4): 441-446.
- Ameen A, Yang X, Chen F, Tang C, Du F, Fahad S, Xie GH (2017) Biomass yield and nutrient uptake of energy sorghum in response to nitrogen fertilizer rate on marginal land in a semi-arid region. *Bioenerg Res.* 10(2):363–376.
- Aruna, C., and K. B. R. S. Visarada. (2018). “Other Industrial Uses of Sorghum.” In *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*, edited by C. Aruna, K. B. R. S. Visarada, B. V. Bhat, and V. A. Tonapi, 271–92. Woodhead Publishing.
- Ashori, A. (2008). “Wood-Plastic Composites as Promising Green-Composites for Automotive Industries.” *Bioresource Technology* 99: 4661–4667.
- Berenji, J. and Dahlberg, J. (2004). “Perspectives of sorghum in Europe”. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: pp. 332-338.
- Biederbeck, V.O., O.T. Bouman, C.A. Campbell, L.D. Bailey, and G.E. Winkl-eman. (1996). Nitrogen benefits from four green-manure legumes in dryland cropping systems. *Can. J. Plant Sci.* 76:307–315. doi:10.4141/cjps96-053.
- Castellazi, M.S., Wood, G.A., Burgess, P.J., Morris, J., Conrad, K.F., Perret, J.N. (2008). A systematic representation of crop rotations. *Agricultural Systems* 97: 26-33.
- Cassida, K. A., J. P. Muir, M. A. Hussey, J. C. Read, B. C. Venuto, and W. R. Ocumpaugh. (2005). “Biofuel Component Concentrations and Yields of Switchgrass in South Central U.S. Environments.” *Crop Science* 45 (2): 682–92.
- Dalianis, C., E. Alexopoulou, N. Dercas and Ch. Sooter, (1996). “Effect of plant density on growth, productivity and sugar yields of sweet sorghum in Greece. Biomass for Energy and Environment”. *Proc. 9th European Biomass Conference*, Ed. Chartier et al., Pergamon Press, Oxford, UK, pp.582-587.
- Dave TeBeest. (1991). “Ecology and Epidemiology of Fungal Plant Pathogens Studied as Biological Control Agents of Weeds -Microbial Control of Weeds” (97-114).
- Demirbaş, A. (2005). “Bioethanol from Cellulosic Materials: A Renewable Motor Fuel from Biomass.” *Energy Sources* 27 (4): 327–37.
- Dempewolf, H., R. J. Eastwood, L. Guarino, C. K. Houry, J. V. Müller, and J. Toll. (2014). “Adapting Agriculture to Climate Change: A Global Initiative to Collect, Conserve, and Use Crop Wild Relatives.” *Agroecology and Sustainable Food Systems* 38 (4): 369–77.

Duke. (1983). “Handbook of energy crops Purdue University - [Corporate Author] Center for New Crops and Plant Products”.

FAO. (1995). “*Sorghum and Millets in Human Nutrition*. Rome: Food And Agriculture Organization of the United Nations”.

———. 2006. *Plant Nutrition for Food Security: A Guide for Integrated Nutrient Management, FAO Fertilizer And Plant Nutrition Bulletin 16. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome: Food And Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org>.

FAOSTAT, (2006), Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database.

Frame J., (2004). *Pisum sativum, L.* (<http://www.fao.org/ag/AGp/agpc/doc/Gbase/data/Pf000493.HTM>).

Freeman, K.C. and Broadhead, D.M. and Zummo, N. (1973). “Culture of sweet sorghum for sirup production”. In: *Agriculture Handbook*. Washington, D.C., Agricultural Research Service, U.S. Dept. of Agriculture, Meredian, ( 1-30).

Fribourg, H.A. (1995). *Summer Annual Grasses*. In R.F. Barnes, D.A. Miller, & C.J. Nelson (Eds.), *Forages* (pp. 463/472). Ames, Iowa: Iowa State University Press.

Gosse, J.C., Reedy, R., Harrington, C.D., and Poths, J., (1996). “Overview of the Workshop on Secular Variations in the Production Rate of Cosmogenic Nuclides on Earth: Radiocarbon”, v. 38, p. 135-147.

Guiying, L. Weibin, G., Hicks, A. and Chapman, K. R. (2004). “A training manual for sweet sorghum-Under the FAO” (project TCP/CPR/0066 eArticle ID 172).

Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G., Cruse, R.M. (1994). *Crop Rotations for the 21<sup>st</sup> century*. *Advanced Agronomy* 53: 1-45.

Koutroubas, S.D., Papakosta D.K., and Gagianas, A.A, (1998). “ The importance of early dry matter and nitrogen accumulation in soy bean yield”. *European journal of agronomy*. P.1-10.

Köppen, S., G. Reinhardt, and S. Gärtner. (2009). “Assessment of Energy and Greenhouse Gas Inventories of Sweet Sorghum for First and Second Generation Bioethanol.” *Environment and Natural Resources Management Series*. Rome: Food And Agriculture Organization of the United Nations.

Mask, P.L. and Morris, W.C., (1991). “Sweet sorghum culture and syrup production - University of Tennessee”.

McCorkle, D. A., D. Hanselka, B. Bean, T. McCollum, S. Amosson, S. Klose, and M. Walle. (2007). The economic benefits of forage sorghum silage as an alternative crop. MKT-3557L. Texas Cooperative Extension, College Station. Accessed Jun. 1, 2016.

McKay, K., B. Schatz and G. Endres. (2003). “Field pea production”, North Dakota State University, Fargo, North Dakota 58 105, March 2003, A-1166 (Revised).

NDSU Agriculture. (2009). “Pisum Sativum”.

Papastylianou, I, (1993). “Estimating total N<sub>2</sub> fixation by legumes in long-term rotation studies”. European Journal of Agronomy, Elsevier.

Papastylianou, I and. Panayiotou, G.S. (1993). “Productivity and economic and financial profitability of three rainfed rotation systems in Cyprus”. Agricultural Research Institute. Ministry of Agriculture and Natural Resources. Cyprus.

Powelson D. S., Brookes P. C. and Christensen B. T. (1987). Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry* 19, 159-164.

PulseOnlineDatabase. (2015).

Rao, P. S., K. S. Vinutha, G. S. Anil Kumar, T. Chiranjeevi, A. Uma, P. Lal, R.S. Prakasham, et al. (2020). “Sorghum: A Multipurpose Bioenergy Crop.” In *Sorghum: A State of the Art and Future Perspectives*, edited by I. A. Ciampitti and P. V. Vara Prasad, 399–425. John Wiley & Sons.

Reddy, B. V. S., S. Ramesh, A. Ashok Kumar, S. P. Wani, R. Ortiz, H. Ceballos, and T. K. Sreedevi. (2008). “Bio-Fuel Crops Research for Energy Security and Rural Development in Developing Countries.” *Bioenergy Research* 1: 248–58.

Rocateli, A. C., R. L. Raper, K. S. Balkcom, F. J. Arriaga, and D. I. Bransby. (2012). “Biomass Sorghum Production and Components under Different Irrigation/Tillage Systems for the Southeastern U.S.” *Industrial Crops and Products* 36 (1): 589–98.

Ronda, Venkateswarlu, K. B.R.S. Visarada, and B. Venkatesh Bhat. (2018). “Sorghum for Animal Feed.” In *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*, edited by C. Aruna, K. B. R.

Smartt, J. and Simmonds, N. W. (eds) (1995). “Evolution of crop plants” (2nd edition). Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd., Singapore.



- Smith, C. W. and Frederiksen, R. A. (eds) (2000). "Sorghum: origin, history, technology and production". John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Stalhaman, P.W., and Wicks G.A. (2000). "Weeds and their control in grain sorghum". In *Sorghum: origin, history, technology and production*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Tang, C., Yang, X., Chen, X., Ameen, A., and Xie, G. (2018). Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. *Field Crops Res.* 215, 12–22. doi: 10.1016/j.fcr.2017.09.031.
- Taylor, J. R. N., Schober, T. J., and Bean, S. R. (2006). "Novel Food and Non-Food Uses for Sorghum and Millets." *Journal of Cereal Science* 44 (3): 252–71.
- Umakanth, A. V., A. A. Kumar, W. Vermerris, and V. A. Tonapi. (2018). "Sweet Sorghum for Biofuel Industry." In *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*, edited by C. Aruna, K. B. R. S. Visarada, B. V. Bhat, and V. A. Tonapi, 255–70. Woodhead Publishing.
- Undersander, D. J., L. H. Smith, A. R. Kaminski, K. A. Kelling, and J. D. Doll. (1990). "Sorghum—Forage." In *Alternative Field Crops Manual*. Madison: University of Wisconsin Cooperative or Extension Service, Department of Agronomy.
- Venkateswaran, K., N. Sivaraj, S. R. Pandravada, M. Thirupathi Reddy, and B. Sarath Babu. (2018). "Classification, Distribution and Biology." In *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*, edited by C. Aruna, K. B. R. S. Visarada, B. V. Bhat, and V. A. Tonapi, 33–60. Woodhead Publishing.
- Vinutha, K. S., L. Rayaprolu, K. Yadagiri, A. V. Umakanth, J. V. Patil, and P. Srinivasa Rao. (2014). "Sweet Sorghum Research and Development in India: Status and Prospects." *Sugar Tech* 16 (2): 133–43.
- Wallgren, B., Linden, B. (1991). Residual nitrogen effects of green ma- nure crop and fallow. *Swedish Journal of Agricultural Research* 21, 67-77.WALL
- Waniska, R.D., L.W. Rooney, and C.M. McDonough. (2004). "SORGHUM | Utilization." In *Encyclopedia of Grain Science*, edited by C. Wrigley, H. Corke, and C. E. Walker, 126–36. Elsevier Science.
- Weng, J. K., X. Li, N. D. Bonawitz, and C. Chapple. (2008). "Emerging Strategies of Lignin Engineering and Degradation for Cellulosic Biofuel Production." *Current Opinion in Biotechnology* 19 (2): 166–72.

## Ελληνική Βιβλιογραφία

Δαλιάνης, Κ. (1983). Ανοιξιάτικα Σιτηρά. Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη, σελ. 15-234.

Δαλιάνη Κ. (1993). "Ψυχανθή για σανό και καρπό", Α. Σταμούλης, Αθήνα - Πειραιάς.

Καραμάνος, Α. Ι. (1999). Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων: αραβόσιτος, σόργο, ρύζι, κεχρί. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.

Μπαξεβάνος Δ. και Τσιάλας Ι. (2012). Η τεχνική της ενσίρωσης και η καλλιέργεια φυτών ενσίρωσης. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. (2005). Ψυχανθή. (Καρποδοτικά-Χορτοδοτικά). Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.

Παπακώστα-Τασοπούλου Δ.

(2008). Ειδική Γεωργία Ι – Τεύχος Α – Σιτηρά (Χειμερινά – Εαρινά).

Θεσσαλονίκη. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.

Παπακώστα - Τασοπούλου, Δ. (2012). Σιτηρά Και Ψυχανθή. Θεσσαλονίκη: Σύγχρονη Παιδεία.

