



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Επίδραση του αζώτου στην αύξηση και ανάπτυξη του γλυκού σόργου στην
ανατολική Θεσσαλία»**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΖΑΛΑΩΡΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2019

Ευχαριστίες

Αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου απέναντι στο πρόσωπο των καθηγητών μου Δρ. Νικόλαο Δαναλάτο και Δρ. Δημήτριο Μπαρτζιάλη για την αμέριστη βοήθεια τους, τον χρόνο και την προσφορά τους για την αποπεράτωση αυτής της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στους καθηγητές του εργαστήριου Γεωργίας την Δρ. Έλπη Σκουγογιάννη και τον Δρ. Κυριάκο Γιαννούλη για την υπομονή, τη στήριξη και για όλες τις γνώσεις που μου παρείχαν όχι μόνο για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου διατριβής αλλά και για όλες τις γνώσεις που μου παρείχαν καθ' όλη την διάρκεια της φοιτητικής μου πορείας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο και απέραντο ευχαριστώ στους γονείς μου που με την συμβολή τους με βοήθησαν να επιτύχω τους στόχους μου και να εκπληρώσω τα όνειρα μου.

Σας ευχαριστώ πολύ.

Περίληψη

Η καλλιέργεια του σόργου για ζωοτροφή αποκτάει όλο και μεγαλύτερη δημοφιλία στον αγροτικό κόσμο της Ελλάδος. Τα πλεονεκτήματα που έχει το σόργο ως χορτοδοτική καλλιέργεια είναι πολλά. Κυρίως όμως εξασφαλίζει αυξημένη παραγωγή και εν τέλει μεγαλύτερο κέρδος στους παραγωγούς. Μέθοδοι βελτιστοποίησης της παραγωγής μελετώνται συνεχώς. Μια από αυτές είναι η αζωτούχος λίπανση της καλλιέργειας του σόργου.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έρχεται να μελετήσει την συσχέτιση της απόδοσης της χορτοδοτικής καλλιέργειας του σόργου με την αζωτούχο λίπανση της καλλιέργειας. Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μια γενική περιγραφή του φυτού του σόργου. Αφού καταγράφεται η ιστορική πορεία του σόργου και η ονοματολογία του περιγράφονται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά και η φαινολογία του και στο τέλος οι συνθήκες που απαιτεί η καλλιέργειά του. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι χρήσεις του εστιάζοντας στην χορτοδοτική καλλιέργεια για ζωοτροφή, καταγράφεται η βέλτιστη καλλιεργητική τεχνική, γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στην αζωτούχο λίπανση και πως επηρεάζει την καλλιέργεια και εν τέλει καταγράφονται στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις περιοχές καλλιέργειας του σόργου και τις αποδόσεις του.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία του πειράματος δηλαδή η εγκατάσταση της καλλιέργειας, οι διαφορές επεμβάσεις καθώς επίσης και οι μετρήσεις που έγιναν.

Στα τελευταία δυο κεφάλαια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του πειράματος και τα συμπεράσματα εξάχθηκαν από αυτό.

Abstract

Cultivation of feed sorghum is becoming increasingly popular in Greece. The advantages of sorghum as a feed or a forage crop are huge. Sorghum cultivation for feed ensures increased production and ultimately greater profit for producers. Production optimization methods are constantly being studied. One of these is the nitrogen fertilization of sorghum cultivation.

This paper discusses the correlation between the performance of the nitrogen fertilization of sorghum and the feed yield. In the first chapter of the paper a general description of the sorghum plant is made. After the history of sorghum is recorded and its nomenclature describes its morphological characteristics and phenology and, finally, the conditions required by its cultivation. The second chapter describes its uses by focusing on the animal feed production, the best cultivation technique is recorded, particular reference is made to nitrogen fertilization and how it affects the cultivation and finally there are recorded statistics on the areas of sorghum cultivation and its yields.

The third chapter presents the experimental process, the installation of the cultivation, the different interventions as well as the measurements made.

The last two chapters present the results of the experiment and the conclusions were extracted from it.

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|----|
| Περίληψη..... | 3 |
| Abstract..... | 4 |
| Πίνακας περιεχομένων | 5 |
| Κατάλογος εικόνων..... | 7 |
| Εισαγωγή..... | 8 |
| 1 Κεφάλαιο «Γενικά στοιχεία καλλιέργειας σόργου» | 10 |
| 1.1 Ιστορική εξέλιξη..... | 10 |
| 1.2 Ονοματολογία..... | 12 |
| 1.3 Ταξινόμηση | 13 |
| 1.4 Μορφολογία | 17 |
| 1.4.1 Ρίζα..... | 17 |
| 1.4.2 Βλαστός..... | 18 |
| 1.4.3 Φύλλα..... | 20 |
| 1.4.4 Ταξιανθία..... | 22 |
| 1.4.5 Καρπός..... | 24 |
| 1.5 Φαινολογία | 25 |
| 1.5.1 Στάδιο ανάπτυξης I..... | 27 |
| 1.5.2 Στάδιο ανάπτυξης II | 27 |
| 1.5.3 Στάδιο ανάπτυξης III..... | 27 |
| 1.6 Απαιτήσεις φυτού | 28 |
| 2 Κεφάλαιο «Καλλιέργεια σόργου» | 31 |
| 2.1 Κατηγορίες καλλιεργειών σόργου | 31 |
| 2.2 Χρήση σόργου | 32 |
| 2.3 Παραγωγή ζωοτροφών - χορτοδοσία..... | 33 |
| 2.4 Καλλιεργητική πρακτική..... | 35 |
| 2.4.1 Σπορά..... | 36 |
| 2.4.2 Προετοιμασία εδάφους..... | 38 |
| 2.4.3 Ζιζανιοκτονία..... | 39 |
| 2.4.4 Εχθροί και ασθένειες..... | 39 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.4.5 | Λίπανση | 39 |
| 2.4.6 | Άρδευση..... | 40 |
| 2.4.7 | Συγκομιδή | 40 |
| 2.5 | Ο ρόλος του αζώτου..... | 41 |
| 2.6 | Παραγωγή σόργου | 43 |
| 2.6.1 | Περιοχές καλλιέργειας..... | 43 |
| 2.6.2 | Αποδόσεις | 44 |
| 3 | Υλικά και μεθοδοι..... | 47 |
| 3.1 | Στοιχεια πειραματος..... | 47 |
| 3.2 | Εδαφος πειραματικου αγρου..... | 47 |
| 3.3 | Καλλιεργητικες εργασιες..... | 47 |
| 3.4 | Εγκατασταση καλλιεργειας..... | 48 |
| 3.5 | Λιπανση..... | 50 |
| 3.6 | Ελεγχος ζιζανιων | 50 |
| 3.7 | Ελεγχος εχθρων και ασθениων..... | 50 |
| 3.8 | Μετεωρολογικα στοιχεια | 51 |
| 3.9 | Μετρησεις προσδιορισμου χλωροφυλλης, αυξησης και αναπτυξης..... | 51 |
| 3.10 | Συγκομιδη και μετεπειτα διεργασιες..... | 51 |
| 4. | Αποτελεσματα..... | 54 |
| 4.1 | Καιρικες συνθηκες | 54 |
| 4.2 | Αυξηση, Αναπτυξη και Αποδοση..... | 55 |
| 4.2.1 | Μετρησεις βιομαζας..... | 55 |
| 4.2.2 | Μετρησεις χλωροφυλλης..... | 59 |
| 4.2.3 | Μετρησεις NIR στα φυλλα | 62 |
| 4.2.4 | Μετρησεις NIR στους βλαστους..... | 63 |
| 4.2.5 | Περιεχομενη πρωτεινη στους ιστους..... | 63 |
| 4.2.6 | Χρηση αζωτου..... | 66 |
| 5. | Συμπερασματα..... | 69 |
| | Βιβλιογραφία..... | 70 |

Κατάλογος εικόνων

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1: Εξάπλωση και δημιουργία ποικιλιών σόργου (OECD, 2017) | 11 |
| Εικόνα 2: Μεταναστευτικές ροές και συσχέτιση τους με την μεταφορά σόργου (OECD, 2017)..... | 12 |
| Εικόνα 3: Ποικιλίες σόργου (Deu and Hamon, 1994)..... | 14 |
| Εικόνα 4: Καρποί και λέπυρα καλλιεργησίμων ποικιλιών σόργου (Arnold, 1983)..... | 16 |
| Εικόνα 5: Ταξιανθίες και καρποί καλλιεργησίμων ποικιλιών σόργου (Hermuth et al, 2016)..... | 16 |
| Εικόνα 6: Κύρια μορφολογικά μέρη σόργου (GTRO, 2017)..... | 17 |
| Εικόνα 7: Τυπική μορφή βλαστού και φύλλων σόργου (GTRO, 2017)..... | 21 |
| Εικόνα 8: Μορφή ταξιανθίας σόργου (GTRO, 2017) | 23 |
| Εικόνα 9: Καρπός σόργου (FAO, 1999)..... | 24 |
| Εικόνα 10: Φάσεις ανάπτυξης και κλίμακα Vaderlip (GTRO, 2017) | 25 |
| Εικόνα 11: Στάδια αύξησης του φυτού του σόργου (Du Plessis, 2008)..... | 26 |
| Εικόνα 12: Χορτοδοτικές ποικιλίες σόργου (Collett, 2004)..... | 33 |
| Εικόνα 13: Θρεπτικά στοιχεία σόργου αναλόγως του στάδιο ωριμότητας (Collett, 2004)..... | 34 |
| Εικόνα 14: Σύγκριση χορτοδοτικών καλλιεργειών καλαμποκιού και σόργου (Δαναλάτος & Αρχοντούλης, 2008)..... | 35 |
| Εικόνα 15: Απαιτούμενος αριθμός σπόρων και βάρος για διάφορες πυκνότητες φύτευσης σόργου (Du Plessis, 2008) | 38 |
| Εικόνα 16: Περιοχές καλλιέργειας σόργου σε συνδυασμό με τις βροχοπτώσεις (Mundia et al, 2019) | 43 |
| Εικόνα 17: Παραγωγή καρπών σόργου το 2014 (OECD, 2017)..... | 45 |
| Εικόνα 18: Παραγωγή καρπών σόργου το 2014 ανά ήπειρο (OECD, 2017)..... | 45 |
| Εικόνα 19: Μέση παραγωγή ανά εκτάριο ανά ήπειρο το 2014 (OECD, 2017) | 45 |
| Εικόνα 20: Εγκατάσταση καλλιέργειας στο αγρόκτημα του..... | 50 |
| Εικόνα 21 : Φορητός μετρητής χλωροφύλλης..... | 51 |
| Εικόνα 22 : Φασματοφωτόμετρο Πανεπιστημιακού εργαστήριου..... | 53 |

Εισαγωγή

Το σόργο είναι μια καλλιέργεια της αρχαιότητας για την τροπική ζώνη του πλανήτη. Είναι ένα φυτό το οποίο καλλιεργείται για περισσότερο από 5000 χρόνια στην Αφρική και 3000 χρόνια στην Ασία. Παρόλα αυτά στην Ευρώπη έφτασε τα τελευταία 200 χρόνια. Οπότε σιγά σιγά τώρα γίνεται αντιληπτή η αξία του, μελετάται η καλλιέργεια του και προκύπτουν τα πλεονεκτήματά του σε σχέση με τα υπόλοιπα σιτηρά.

Η ανάγκη του ανθρώπου για επιβίωση τον οδήγησε στην εξημέρωση των ζώων και στην κτηνοτροφία. Με αυτό τον τρόπο κατάφερε να έχει μόνιμα γάλα στην διάθεσή του και κρέας ώστε να εμπλουτίζει την διατροφή του σε σταθερή βάση χωρίς να χρειάζεται να κυνηγήσει. Η κτηνοτροφία όμως οδήγησε και στην ανάγκη για τροφή αυτών των ζώων. Τα ζώα αυτά μπορούν να βοσκήσουν ελεύθερα ώστε να βρουν το φαγητό τους. Μπορούν όμως να ταϊστούν και με ζωοτροφές, πλουσιότερες σε θρεπτικά στοιχεία, οι οποίες θα βοηθήσουν τα ζώα να αναπτυχθούν καλύτερα και να παραμείνουν υγιέστερα.

Η αύξηση της κτηνοτροφίας οδήγησε σε περισσότερες απαιτήσεις για ζωοτροφές. Ένας άνθρωπος που είχε 3 – 4 ζώα μπορούσε να τα ταΐσει βοσκώντας τα. Μια μονάδα όμως η οποία έχει χιλιάδες ζώα πως θα τα βοσκήσει; Απαιτεί λοιπόν την ύπαρξη ζωοτροφής και μάλιστα σε πολύ μεγάλες ποσότητες. Έτσι λοιπόν οι άνθρωποι άρχισαν να καλλιεργούν την γη όχι μόνο για να τραφούν οι ίδιοι αλλά και για να θρέψουν τα ζώα τους. Άρχισαν λοιπόν να καλλιεργούν φυτά τα οποία δίνουν καλής ποιότητας ζωοτροφή και σε μεγάλες ποσότητες. Καλλιέργειες όπως το τριφύλλι, η μηδική και σε μεγάλο βαθμό το καλαμπόκι γίνονται για την παραγωγή ζωοτροφών.

Το σόργο εξαιτίας των χαρακτηριστικών του, κυρίως δηλαδή της πολύ μεγάλης βιομάζας έναντι των άλλων καλλιεργούμενων φυτών, φαντάζει ιδανικό για παραγωγή ζωοτροφής. Έτσι μια από τις χρήσεις του σόργου η οποία σε μεγάλο βαθμό εμφανίζεται και στην Ελλάδα είναι η παραγωγή ζωοτροφής. Η παραγωγή ζωοτροφής από το σόργο μπορεί να γίνει είτε με χορτοδοσία διαμέσου νωπής βιομάζας ή ενσιρωμένης βιομάζας, είτε ως σανός από τα υπολείμματα της καλλιέργειας είτε ως αλεσμένη ζωοτροφή από τα υπολείμματα της καλλιέργειας ή από τους καρπούς της καλλιέργειας.

Το ερώτημα που προκύπτει όμως είναι πως μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω η απόδοση μιας καλλιέργειας σόργου για την παραγωγή ζωοτροφής. Τι είναι αυτό που θα αυξήσει περαιτέρω την βιομάζα των φυτών; Στο πλαίσιο αυτό οι επιστήμονες μελετούν διάφορους παράγοντες. Ένας από αυτούς τους παράγοντες είναι και η αζωτούχος λίπανση. Σκοπός λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της παραγωγής βιομάζας για χορτοδοτική ζωοτροφή και η συσχέτισή της με την αζωτούχο λίπανση του σόργου. Γενικά, ο σκοπός της εργασίας είναι η επίδραση των διαφορετικών επίπεδων αζώτου στην αύξηση και ανάπτυξη του γλυκού σόργου. Με λίγα λόγια σκοπός μας ήταν να βρούμε ποιο από τα τέσσερα εφαρμοσθέντα επίπεδα αζώτου είναι το ιδανικότερο όχι μόνο για την καλλιέργεια, όσο αναφορά την ποιότητα και την απόδοση, αλλά και για τον ίδιο τον καλλιεργητή.

1 Κεφάλαιο «Γενικά στοιχεία καλλιέργειας σόργου»

Το σόργο καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Είναι μια καλλιέργεια όμως η οποία έχει φτάσει στον δυτικό κόσμο τα τελευταία 150 χρόνια. Έχει αρχίσει να καλλιεργείται σε μεγάλο βαθμό τα τελευταία 30 χρόνια όταν και ξεκίνησε να χρησιμοποιείται ως ενεργειακό καύσιμο. Πρώτου όμως παρουσιαστούν οι χρήσεις του σόργου, στο παρόν κεφάλαιο, θα γίνει αναφορά στα χαρακτηριστικά της καλλιέργειάς του. Αφού παρουσιαστεί η ιστορική εξέλιξη και η προέλευση του ονόματός του ακολουθεί η ταξινόμησή του. Εν συνεχεία παρουσιάζεται η μορφολογία του φυτού πριν το κεφάλαιο κλείσει με την φαινολογία και εν τέλει με τις απαιτήσεις του φυτού.

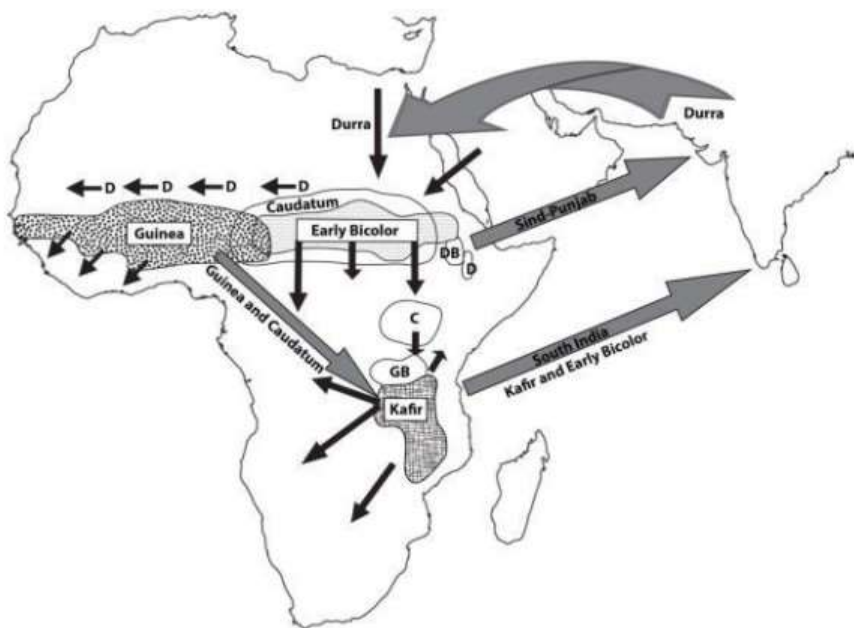
1.1 Ιστορική εξέλιξη

Το σόργο ιστορικά εμφανίστηκε στην Αφρικάνικη ήπειρο, στην υποσαχάρια Αφρική και συγκεκριμένα στην νοτιοδυτική Αιθιοπία, περί το 5000 π.Χ.. Εν συνεχεία εξαπλώθηκε σε όλη την υποσαχάρια και βορειοανατολική Αφρική, περιοχή η οποία θεωρείται το κέντρο καταγωγής του σόργου και έχει παρατηρηθεί η μεγαλύτερη παραλλακτικότητα. Αργότερα, περί το 4000π.Χ. το σόργο μεταφέρεται και στην άπω Ανατολή μέσω των εμπορών. Η μεταφορά γίνεται είτε μέσω πλοίων από την αραβική θάλασσα είτε δια της στεριάς μέσω της Μέσης Ανατολής. Πρώτα φτάνει στην Ινδία και εν συνεχεία στην Κίνα διαμέσου της ξηράς. Το 2000 π.Χ. το σόργο είναι ήδη εξαπλωμένο σε όλη την Άπω Ανατολή. Οι περιοχές αυτές θεωρούνται δευτερογενή κέντρα καταγωγής. Εν συνεχεία το σόργο διαδόθηκε και σε άλλες περιοχές όπως της νότιας και δυτικής Αφρικής, της νοτιοανατολικής Ασίας και της Αυστραλίας τα οποία θεωρούνται τριτογενή κέντρα καταγωγής. (Hermuth et al, 2016)

Στην Ευρώπη και στην Αμερική, και γενικότερα στις εύκρατες ζώνες του πλανήτη το σόργο έφτασε πολύ αργότερα. Μόλις το 1850 φτάνει στην Γαλλία από τις γαλλικές αποικίες της Αφρικής και εν συνεχεία φτάνει και στην Αμερική διαμέσου του δουλεμπορίου και συγκεκριμένα από την Νότιο Αφρική. Λίγο πριν την έναρξη του 20^{ου} αιώνα ξεκινάει η συστηματική του καλλιέργεια στις ΗΠΑ, στις νότιες πολιτείες της χώρας.

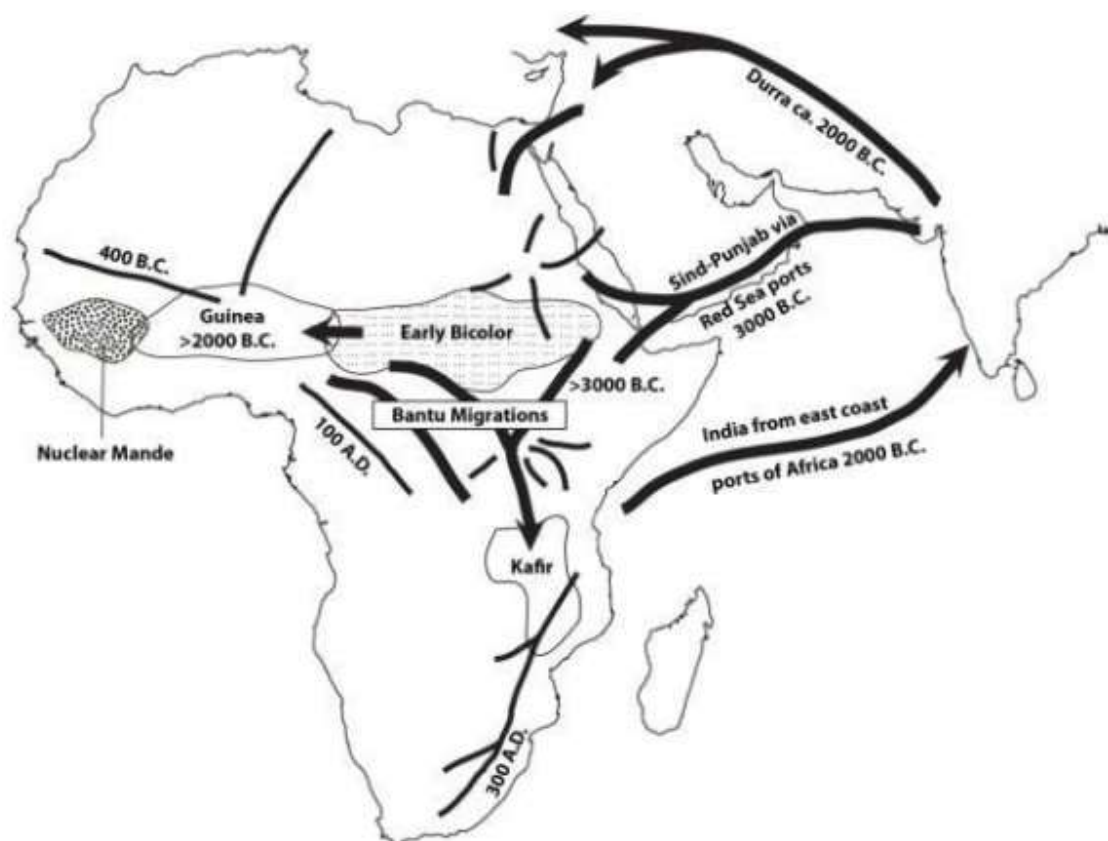
Η πρώτη ποικιλία που καλλιεργήθηκε ήταν η άγρια ποικιλία *arudinaceum*. Μάλιστα η «εξημέρωση» του *sorgou* ξεκίνησε από τρεις ποικιλίες του *arudinaceum*, τις *arudinaceum*, *aethiopicum* και *verticilliflorum*, ταυτόχρονα. Όμως αργότερα εξημερώθηκε η ποικιλία *bicolor* και από αυτή προέκυψαν όλες οι μοντέρνες ποικιλίες οι οποίες καλλιεργούνται έως και σήμερα. Σε διασταυρώσεις όμως με τις προηγούμενες ποικιλίες προέκυψαν οι ποικιλίες *guinea*, *durra* και *kafir* καθώς σε αντιστοιχία με τις τρεις άγριες ποικιλίες που προαναφέρθηκαν έχουν πολλά κοινά. Αυτές οι μεταλλάξεις έγιναν πριν το 3000π.Χ. ενώ ήδη από το 5000 π.Χ καλλιεργείτο η ποικιλία *bicolor* (De Wet, 1978).

Συγκεκριμένα, στην τροπική Αφρική σε μια μετάλλαξη μεταξύ του *bicolor* και του *verticilliflorum* δημιουργήθηκε η ποικιλία *guinea*. Στην συνέχεια εξαπλώθηκε στην νότια και την ανατολική Αφρική. Αντίθετα η ποικιλία *kafir* δημιουργήθηκε στην νοτιοανατολική σαβάνα από τις ποικιλίες *bicolor* και *aethiopicum*. Η ποικιλία *durra* είναι η μοναδική από τις 5 βασικές ποικιλίες σόργου που δημιουργήθηκε εκτός Αφρικής. Περί την ίδια περίοδο και αφού το σόργο φτάνει στην Ινδία από το 4000 πΧ γίνεται η διασταύρωση με το γένος *aethiopicum* και δημιουργείται η ποικιλία *durra*. Στην Αφρική φτάνει αργότερα, περί το 2000π.Χ σε μια διαδρομή αντίθετη από αυτή με την οποία το σόργο έφτασε στην Ινδία. Τέλος, η ποικιλία *Caudatum* δημιουργήθηκε στις ίδιες περιοχές που πρωτοκαλλιεργήθηκε το *bicolor* (De Wet, 1978). Στον επόμενο χάρτη βλέπουμε τις ποικιλίες και τις κινήσεις εξάπλωσης των ποικιλιών του σόργου.



Εικόνα 1: Εξάπλωση και δημιουργία ποικιλιών σόργου (OECD, 2017)

Αξιοσημείωτο είναι ότι η διάδοση του σόργου ακολουθεί είτε τις μεταναστευτικές ανθρώπινες ροές των πρώιμων αυτών ετών είτε τις αρχαίες εμπορικές γραμμές. Και μετά τις ροές προκύπτει η διασταύρωση και η δημιουργία νέων ποικιλιών. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι μεταναστευτικές ροές στην περιοχή αυτή και οι ποικιλίες σόργου που μεταφέρθηκαν μαζί τους. Στον χάρτη οι λεπτές γραμμές δείχνουν σχετικά πρόσφατες μετακινήσεις και οι χοντρές τις αρχαιότερες μετακινήσεις.



Εικόνα 2: Μεταναστευτικές ροές και συσχέτιση τους με την μεταφορά σόργου (OECD, 2017)

1.2 Ονοματολογία

Το όνομα του σόργου (*sorghum*) στα αγγλικά, προέρχεται από το ιταλικό «sorgo». Το ιταλικό sorgo με την σειρά του έχει προέλευση την λατινική γλώσσα και μάλλον αποτελεί παράφραση της λέξης «Suricum» η οποία είναι η λατινική ονομασία της Συρίας. Στα λατινικά απαντάται ως *Syricum gramen* που σημαίνει το χόρτο της Συρίας. Η συγκεκριμένη ονομασία οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στους Ρωμαίους που πρωτοσυνάντησαν αυτό το φυτό, ή τους

σπόρους του, στην περιοχή της Συρίας καθώς εκείνη την εποχή δεν καλλιεργείται στην Ευρώπη όπως έχει ήδη αναφερθεί. (Online etymology Dictionary, 2019).

Ιστορικά το σόργο περιγράφεται πρώτη φορά στα Ρωμαϊκά κατάστιχα από τον Πλίνιο τον 1^ο αιώνα μ.Χ. και ήταν γνωστό με διάφορα λατινικά ονόματα όπως το *milium indicum* και το *melica sive sorghum*. Στην συνέχεια τον 14^ο αιώνα εμφανίστηκε σε κινέζικα κείμενα με την ονομασία *boobcorn*. Η πρώτη σαφής περιγραφή του σόργου έγινε το 1753 από τον Linnaeus και είχε το όνομα *Holcus*. Αργότερα ο Moench ξεχώρισε το γένος σόργο από το γένος *holcus* και έτσι επικράτησε το όνομα που αναφέρθηκε παραπάνω φέροντας μάλιστα και το όνομα του Moench, τιμής ένεκεν (Dahlberg, 2000).

1.3 Ταξινόμηση

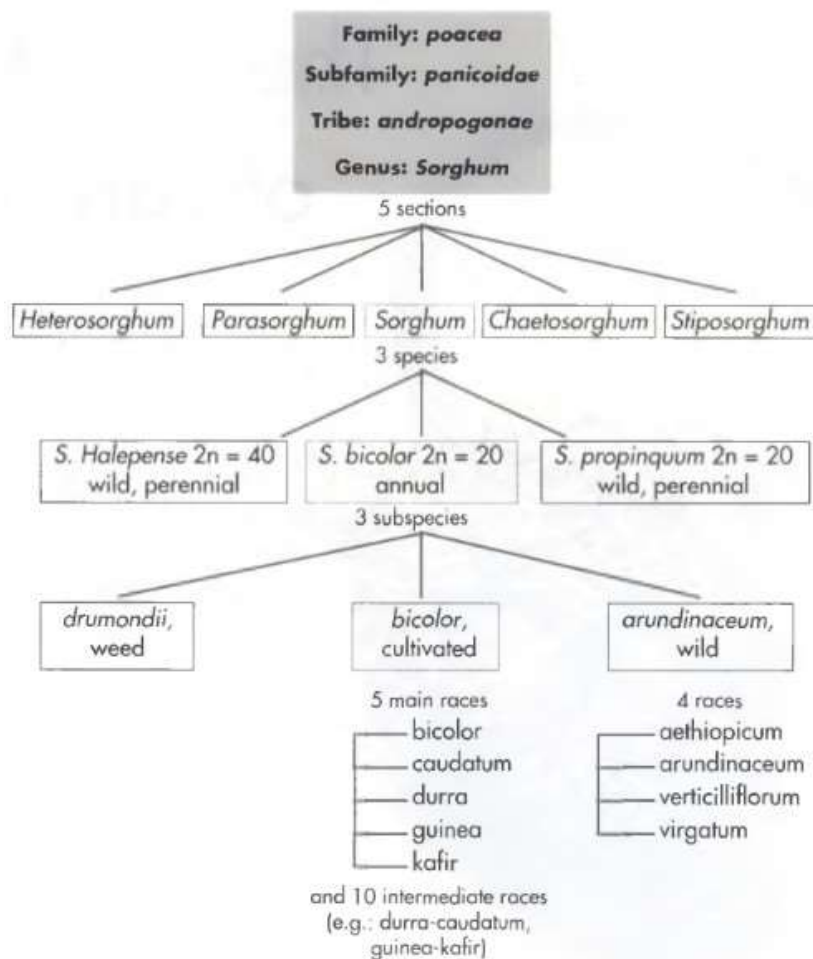
Το σόργο – (*Sorghum bicolor* L. Moench) είναι ένα γένος αγγειοσπέρμων μονοκοτυλήδων φυτών που ανήκουν στην οικογένεια των αγρωστώδων και στην ομάδα των σιτηρών. Σύμφωνα με το υπουργείο γεωργίας των ΗΠΑ η ταξινόμηση του Σόργου είναι η ακόλουθη:

- Βασίλειο των φυτών: Plantae.
- Υποβασίλειο των φυτών με αγγεία: Tracheobionta.
- Άθροισμα των φυτών με σπέρματα: Spermatophyta.
- Υποάθροισμα των ανθοφόρων φυτών: Magnoliophyta.
- Κλάση των μονοκοτυλήδων φυτών: Liliopsida.
- Υποκλάση: Commelinidae.
- Τάξη: Cyperales.
- Οικογένεια των αγρωστώδων: Poaceae/Graminae.
- Γένος: *Sorghum* Moench. (USDA, 2019)

Το γένος του σόργου αποτελείται από περισσότερα από 50 είδη. Τα είδη αυτά είναι είτε διπλοειδή είτε πολυπλοειδή, φτάνουν έως και τα οκταπλοειδή. Έχουν αριθμό χρωματοσωμάτων ο ποιος είναι πολλαπλάσιος του 5. Έτσι λοιπόν τα χρωματοσώματά τους είναι $2n$ ίσο με 10 (διπλοειδή) ή 20 (τετραπλοειδή) ή 30 (εξαπλοειδή) ή 40 (οκταπλοειδή). Τα είδη αυτά εντάσσονται σε 5 υπογένη, τα *Sorghum*, *Heterosorghum*, *Chaetosorghum*, *Parasorghum* και *Stiposorghum* (De Wet, 1978). Το *Parasorghum* αποτελείται από 5 είδη που συναντώνται στο

ανατολικό ημισφαίριο και στην κεντρική Αμερική. Το *Stiposorghum* αποτελείται από 10 είδη τα οποία βρίσκονται κυρίως στην Αυστραλία. Τα *Heterosorghum* και *Chaetosorghum* είναι ένα είδος έκαστο και κατά βάση συναντώνται στην Αυστραλία (Lazarides et al, 1991).

Το σημαντικότερο από αυτά τα υπογένη είναι το *Sorghum*. Στο υπογένος αυτό εντάσσονται τα είδη *bicolor*, *drummondii* και *arundinaceum* (το γένος αυτό έχει 4 υπογένη με γνωστότερο το *verticilliflorum* το οποίο και πολλές φορές αναφέρεται μόνο του). Από όλα τα είδη όλων των υπογενών του σόργου το καλλιεργήσιμο σόργο είναι το είδος *bicolor* του υπογένους *Sorghum*. Αυτό το είδος διακρίνεται σε 5 τύπους – υποείδη, τα *Bicolor*, *Guinea*, *Caudatum*, *Kafir* και *Durra*. Οι τύποι του καλλιεργήσιμου φυτού διακρίνονται μεταξύ τους από την μορφολογία των σταχυδίων και των ταξιανθιών. Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η ταξινόμηση του σόργου (Deu & Hamon, 1994).

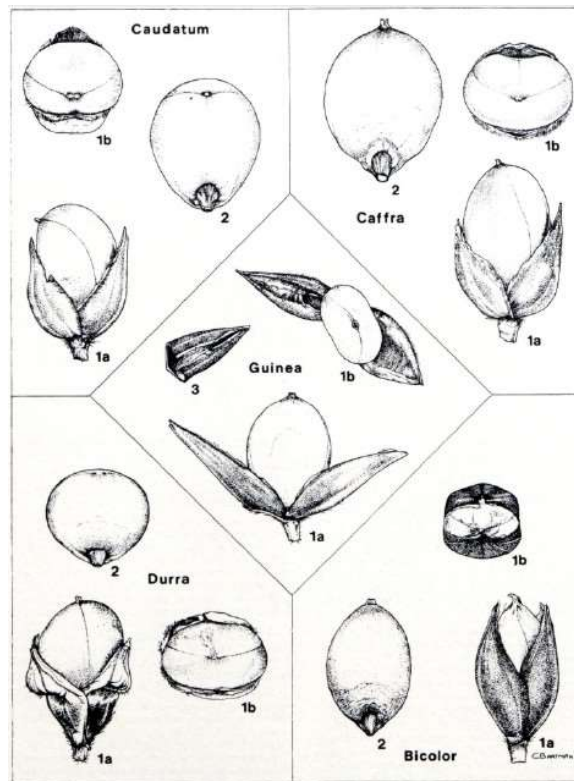


Εικόνα 3: Ποικιλίες σόργου (Deu and Hamon, 1994)

Οι πέντε ποικιλίες διακρίνονται από την μορφή των ταξιανθιών τους και από τους καρπούς τους. Τα γενικά χαρακτηριστικά τους είναι τα ακόλουθα:

- **Bicolor:** Οι ταξιανθίες της ποικιλίας αυτής είναι χαλαρές και μεγάλες σε μέγεθος. Μακριά λέπυρα καλύπτουν τους καρπούς είτε πλήρως είτε κατά τα 3/4. Μόνο η κορυφή του καρπού παραμένει ακάλυπτη. Οι καρποί είναι είτε επιμήκεις, ωοειδείς και συμμετρικοί. Είναι η πιο γνωστή ποικιλία. Είναι ευρέως διαδεδομένη σε όλη την Αφρική και στην Ασία.
- **Kafir (ή Caffra):** Οι ταξιανθίες τείνουν να είναι συμπαγείς σε αυτή την ποικιλία, και έχουν μεγάλο μήκος, το μεγαλύτερο από τις ποικιλίες με συμπαγείς ταξιανθίες. Τα λέπυρα έχουν διάφορα μήκη αλλά σε κάθε περίπτωση είναι μικρότερα από τους καρπούς. Οι καρποί είναι στρόγγυλοι και συμμετρικοί. Η ποικιλία αυτή καλλιεργείται στην Νότια Αφρική.
- **Durga:** Οι ταξιανθίες της ποικιλίας *durga* είναι συμπαγείς και κοντές. Επίσης λυγίζουν και έχουν φορά προς τα κάτω. Τα λέπυρα έχουν μια πτύχωση στο κέντρο τους και καλύπτουν περισσότερο από το μισό του καρπού. Οι καρποί είναι σφαιρικοί στο πάνω μέρος τους αλλά στην βάση τους έχουν μορφή σφήνας. Η ποικιλία αυτή είναι η κύρια ποικιλία που καλλιεργείται στην Ινδία. Συναντάται όμως και στην ανατολική Αφρική.
- **Cautatum:** Οι ταξιανθίες αυτής της ποικιλίας είναι συμπαγείς και κοντές σχετικά. Τα λέπυρα καλύπτουν το 1/2 των καρπών. Οι καρποί είναι ασύμμετροι, στρόγγυλοι στην μια πλευρά και επίπεδοι σχεδόν στην άλλη. Η συγκεκριμένη ποικιλία είναι περιορισμένη στην κεντρική και την ανατολική Αφρική.
- **Guinea:** Οι ταξιανθίες της συγκεκριμένης ποικιλίας είναι χαλαρές και μεγάλου μήκους. Τα λέπυρα σχηματίζουν κάθετη γωνία με τους καρπούς. Οι καρποί έχουν διαμήκες και πεπλατυσμένο σχήμα. Η ποικιλία αυτή είναι απαντάται στην δυτική Αφρική και σπανιότερα στην νότιο Αφρική. (Arnold, 1983, Deu & Hamon, 1994, Hermuth et al, 2016)

Στις επόμενες εικόνες βλέπουμε την μορφή των λεπύρων και των καρπών για αυτές τις πέντε ποικιλίες (πρώτη εικόνα). Οι καρποί φαίνονται σε κάτοψη και πλάγια όψη για να γίνει αντιληπτό το σχήμα τους. Στην δεύτερη εικόνα φαίνονται οι ταξιανθίες και οι καρποί κάθε ποικιλίας.



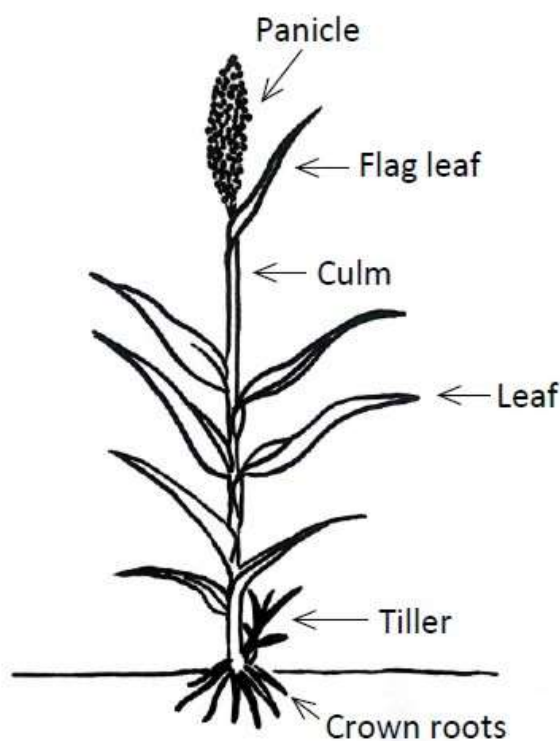
Εικόνα 4: Καρποί και λέπυρα καλλιεργησίμων ποικιλιών σόργου (Arnold, 1983)



Εικόνα 5: Τάξιανθίες και καρποί καλλιεργησίμων ποικιλιών σόργου (Hermuth et al, 2016)

1.4 Μορφολογία

Το σόργο, μορφολογικά, αποτελείται από πέντε τμήματα. Το υπόγειο τμήμα του είναι το ριζικό σύστημα (roots) . Ακολουθεί ο βλαστός (culm), εν συνεχεία τα φύλλα (leaf και flag leaf), στο πάνω μέρος βρίσκεται η ταξιανθία (panicle) και τελικά στην ταξιανθία δημιουργούνται οι καρποί (grains) (Guiying et al, 2014, GTRO, 2017). Οι παρακάτω ενότητες παρουσιάζουν τα συγκεκριμένα τμήματα. Παράλληλα με τον κύριο βλαστό εμφανίζονται και τα αδέρφια (tillers) τα οποία όμως δεν θεωρούνται διαφορετικό τμήμα και θα παρουσιαστούν μαζί με τον βλαστό. Παρακάτω στην εικόνα φαίνεται το διάγραμμα του σόργου και τα κύρια μέρη του.



Εικόνα 6: Κύρια μορφολογικά μέρη σόργου (GTRO, 2017)

1.4.1 Ρίζα

Το ριζικό σύστημα του σόργου είναι ένα πολύπλοκο θυσανώδες σύστημα αποτελούμενο από μια κύρια ρίζα, από δευτερεύουσες ρίζες και από υποστηρικτικές ρίζες. Η κύρια ρίζα του φυτού δημιουργείται στο έμβρυο του σπόρου και εκπτύσσεται μετά την φύτευσης. Είναι η μοναδική ρίζα που δημιουργείται από το έμβρυο του σπόρου και είναι υπεύθυνη για να προσφέρει στο φυτό το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία που απαιτεί από το έδαφος. (Guiying et al, 2014).

Καθώς το φυτό αναπτύσσεται και φτάνει να έχει τρία με τέσσερα φύλλα αρχίζει η ανάπτυξη των δευτερεύουσων ριζών. Οι ρίζες αυτές δημιουργούνται υπέργεια στην βάση του στελέχους του βλαστού κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Από την στιγμή της εκπύξης τους και έπειτα αποτελούν τον κύριο τροφοδότη του φυτού σε νερό και θρεπτικά στοιχεία περιορίζοντας την κύρια ρίζα σε δεύτερο ρόλο. Η ανάπτυξη, το μέγεθος του δευτερεύοντος ριζικού συστήματος είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το έδαφος και τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής της καλλιέργειας. Καλλιέργειες σε πορώδη εδάφη με υψηλά ποσοστά υγρασίας αναπτύσσουν πολλές δευτερεύουσες ρίζες. Αντίθετα, σε ξηρές περιοχές οι δευτερεύουσες ρίζες είναι μικρότερες σε αριθμό αλλά μεγαλύτερες σε μήκος ώστε να διεισδύουν βαθύτερα στο έδαφος και να προσδίδουν στο φυτό το απαραίτητο νερό (Guiying et al, 2014). Το μήκος των δευτερεύουσων ριζών μπορεί να φτάσει από 1,5 έως και 2,4 μέτρα (GTRO, 2017).

Το τρίτο τμήμα του ριζικού συστήματος του σόργου είναι οι υποστηρικτικές ρίζες. Οι ρίζες αυτές είναι εναέριες και εκφύονται από το πρώτο έως και το τέταρτο γόνατο του στελέχους, στην βάση του βλαστού. Είναι μεγαλύτερες σε διάμετρο από τις υπόγειες ρίζες του φυτού, είναι σκληρότερες και έχουν μεγαλύτερες αντοχές σε εφελκύστηκα φορτία. Με την διείσδυση τους στο έδαφος αποτελούν πλέον στηρίξεις για το φυτό αποτρέποντας το πλάγιασμα του. Ως δευτερεύοντα ρόλο έχουν και την προσφορά θρεπτικών στοιχείων και νερού στο φυτό. Ο αριθμός των υποστηρικτικών ριζών που δημιουργεί κάθε φυτό είναι ανάλογος της ποικιλίας αλλά και των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή της καλλιέργειας (Guiying et al, 2014).

1.4.2 Βλαστός

Ο βλαστός του φυτού (ή στέλεχος, ή καλάμι), έχει όρθια βλάστηση. Έχει διάφορα ύψη, κυμαινόμενα από 0,5 μέτρα έως και 5 μέτρα, αναλόγως την ποικιλίας του φυτού, των θρεπτικών στοιχείων που περιέχει το έδαφος, των θερμοκρασιών και της φωτοπεριόδου της ημέρας. Συγκεκριμένα, όσο αφορά την ποικιλία του φυτού, το ύψος σχετίζεται άμεσα με τον βιολογικό του κύκλο. Φυτά τα οποία έχουν μικρό βιολογικό κύκλο είναι κοντότερα από φυτά που έχουν μεγαλύτερο βιολογικό κύκλο. Σχετικά με την φωτοπερίοδο, φυτά τα οποία βρίσκονται σε περιοχές με μεγαλύτερες φωτοπερίόδους (μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη) είναι υψηλότερα. Αντίστοιχα φυτά καλλιεργούμενα κοντά στον ισημερινό, με μικρότερες φωτοπερίόδους είναι κοντότερα (Guiying et al, 2014).

Τα φυτά του σόργου αποτελούνται από 10 έως 20 γόνατα με τις περισσότερες ποικιλίες όμως να εμφανίζουν ένα αριθμό μεταξύ του 14 και του 17. Στα γόνατα αυτά υπάρχει ένα αυλάκι μέσα από το οποίο αναπτύσσεται ένα φύλλο ανά γόνατο. Το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών γονάτων ονομάζεται μεσογονάτιο διάστημα και το μήκος του εξαρτάται από το περιβάλλον και από τις συνθήκες που επικρατούν στην καλλιέργεια. Ωστόσο φαίνεται πως παίζει ρόλο και η ποικιλία του σόργου. Γενικά τα μεσογονάτια διαστήματα είναι μικρότερα στην βάση και στην κορυφή του φυτού και μεγαλύτερα στο κεντρικό του τμήμα. Εξαίρεση στον κανόνα αυτό αποτελεί το τελευταίο μεσογονάτιο διάστημα του βλαστού, πριν το φύλλο σημαία, το οποίο είναι πιο μακρύ από τα άλλα διαστήματα στο πάνω μέρος του φυτού (Guiying et al, 2014).

Το στέλεχος του φυτού έχει διαφορετικές διαμέτρους κατά μήκος του φυτού. Συγκεκριμένα, όσο ανεβαίνουμε στο πάνω μέρος του φυτού η διάμετρος του μικραίνει. Σε μερικές ποικιλίες μάλιστα οι διαφορές είναι πολύ μεγάλες. Συνήθως όμως ως χαρακτηριστική διάμετρο της ποικιλίας μετρούμε την διάμετρο μεταξύ των δύο κεντρικών γονάτων του φυτού. Και στις περισσότερες ποικιλίες του σόργου αυτή η διάμετρος κυμαίνεται μεταξύ 15 και 19 χιλιοστών (Guiying et al, 2014). Υπάρχουν όμως και ποικιλίες σόργου με διάμετρο 5 χιλιοστών και έχουν παρουσιαστεί και ποικιλίες με διάμετρο 50 χιλιοστών (GTRO, 2017).

Στο πάνω μέρος του φυτού αναπτύσσεται η ταξιανθία. Μετά την συγκομιδή της ταξιανθίας στο πάνω μέρος του φυτού αναπτύσσονται άλλοι δύο με τρεις οφθαλμοί και μια νέα ταξιανθία δημιουργείται. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα το σόργο να μας δώσει διπλή ή και τριπλή παραγωγή καρπού. Σε περίπτωση που μετά την συγκομιδή το στέλεχος του φυτού κοπεί τότε είναι δυνατό από οφθαλμούς κοντά στο έδαφος να εκπτυχθεί ένα νέο φυτό και να δημιουργηθεί νέα καλλιέργεια. Για να γίνει αυτό απαιτείται καλή διαχείριση αυτών των νέων φυτών. Μάλιστα η νέα καλλιέργεια αναπτύσσεται ταχύτερα αφού τα φυτά αυτά έχουν ήδη έτοιμο ριζικό σύστημα και μπορούν να λαμβάνουν εύκολα και σε μεγάλες ποσότητες νερό και θρεπτικά στοιχεία. Ειδικά σε καλλιέργειες που απαιτούν μεγάλες περιόδους ανάπτυξης το κέρδος είναι μεγάλο. (Guiying et al, 2014).

Το εξωτερικό τμήμα του στελέχους του σόργου είναι καλυμμένο με μια χοντρή μεμβράνη μεγάλης αντοχής. Μέσα σε αυτή την μεμβράνη βρίσκεται μια ουσία στην οποία συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό των σακχάρων του φυτού. Στο εξωτερικό του στελέχους βρίσκεται μια κηρώδης λευκή σκόνη η οποία προστατεύει την εξάτμιση του νερού

από το φυτό. Με αυτό τον τρόπο αυξάνει την αντοχή του σε περιόδους ξηρασίας. Αντίστοιχα αυτή η ουσία προστατεύει το φυτό και από πλημμυρικά φαινόμενα αφού εμποδίζει υπερβολικές ποσότητες νερού να διέλθουν στο φυτό (Guiying et al, 2014).

Το βάρος του στελέχους του σόργου μεταβάλλεται αναλόγως της ποικιλίας (που καθορίζει ύψος και διάμετρο) και αναλόγως της πυκνότητας φύτευσης η οποία καθορίζει την ανάπτυξη των φυτών. Γενικά όμως, το βάρος του στελέχους του σόργου, χωρίς τα φύλλα, αποτελεί το 60 έως 80% του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού. Μάλιστα περιέχει και το μεγαλύτερο ποσοστό του σακχαρούχου χυμού που έχει το σόργο και συγκεκριμένα περιέχει από το 50 έως και το 70% αυτού του χυμού (Guiying et al, 2014).

Στο κάτω μέρος του φυτού, από τους πρώτους οφθαλμούς εκφύονται τα αδέρφια. Η ανάπτυξη των αδελφιών εξαρτάται από την ποικιλία. Σε κάποιες ποικιλίες τα αδέρφια εμφανίζονται νωρίς, όσο αναπτύσσεται ακόμη ο βλαστός. Σε κάποιες άλλες εμφανίζονται μετά την άνθηση της ταξιανθίας. Ο αριθμός των αδελφιών είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την ποικιλία όμως επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως οι νυκτερινές θερμοκρασίες στην περιοχή της καλλιέργειας, οι θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας και η φωτοπερίοδος. Υψηλές θερμοκρασίες και μικρές φωτοπερίοδοι περιορίζουν τον αριθμό των αδελφιών που εκφύονται. Σε ορισμένες ποικιλίες τα αδέρφια εν τέλει αποτελούν σημαντικό μέρος της συνολικής βιομάζας που παράγεται από το φυτό. Σε άλλες ποικιλίες τα αδέρφια αποτελούν μια δεύτερη καλλιέργεια όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω (GTRO, 2017).

1.4.3 Φύλλα

Τα φύλλα του σόργου αναπτύσσονται σε κάθε γόνατο. Εμφανίζονται σε δίσειρη ανάπτυξη και κατ' εναλλαγήν, ένα σε κάθε πλευρά του βλαστού. Στο σχήμα τους μοιάζουν πολύ με τα φύλλα του καλαμποκιού (GTRO, 2017). Αποτελούνται από το έλασμα, τον κολεό και το γλωσσίδιο. Το έλασμα μοιάζει με μια μακριά λωρίδα και η επιφάνεια είναι μαλακή και καλυμμένη με κηρώδη σκόνη η οποία μοιάζει με σιλικόνη και περιορίζει την εξάτμιση της υγρασίας από το φυτό. Σε περιόδους ξηρασίας το φύλλο μαζεύεται και αποκτάει την μορφή ενός σωλήνα. Με αυτό τον τρόπο περιορίζει δραματικά την επιφάνεια εξάτμισης και μειώνει την εξάτμιση του νερού από αυτό αυξάνοντας την αντοχή του φυτού στην ξηρασία (Guiying et al, 2014, GTRO, 2017). Στην επόμενη εικόνα φαίνονται τα φύλλα και ο βλαστός του φυτού του σόργου. Στο κάτω μέρος διακρίνονται και οι ρίζες στηρίγματα.



Εικόνα 7: Τυπική μορφή βλαστού και φύλλων σόργου (GTRO, 2017)

Το μήκος των φύλλων του σόργου κυμαίνεται αναλόγως της ποικιλίας από 30 εκατοστά έως και 1,35 μέτρα. Το πλάτος τους αντίστοιχα κυμαίνεται από 6 έως και 13 εκατοστά. Το βάρος των φύλλων ποικίλει αλλά σε ένα φυτό με φρέσκα φύλλα αυτά έχουν συνολικό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ των 150 και των 250 γραμμαρίων. Τα φύλλα αυτά είναι πλούσια σε πρωτεΐνη, το πλουσιότερο μέρος του φυτού του σόργου (μετά τον καρπό) σε πρωτεΐνη, είναι δηλαδή υψηλής διατροφικής αξίας για αυτό και χρησιμοποιούνται ως χλωρή ζωοτροφή (Guiying et al, 2014).

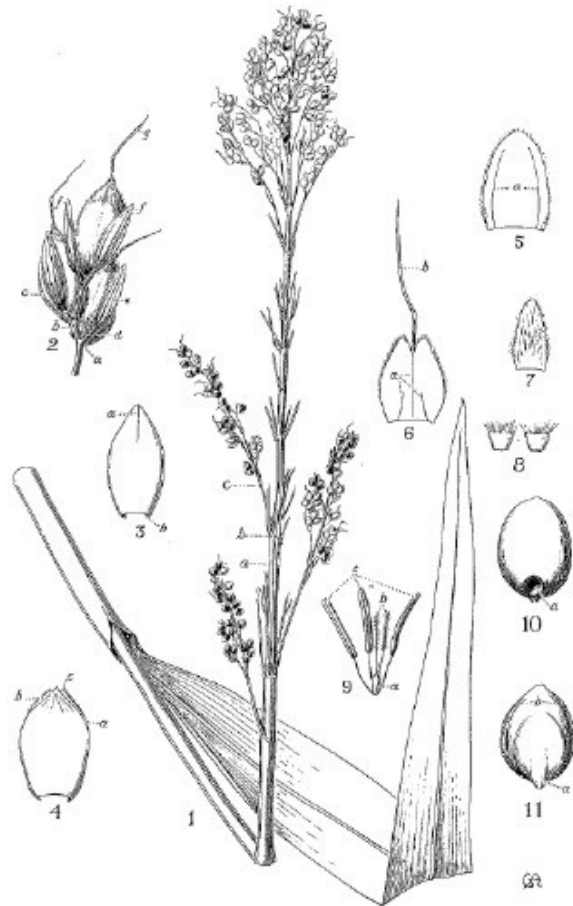
Κάθε φύλλο εμφανίζεται σε ένα γόνατο έτσι ο αριθμός των φύλλων του φυτού είναι ίσος με τον αριθμό των γονάτων του. Οπότε ο αριθμός των φύλλων του φυτού εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που καθορίζουν τον αριθμό των γονάτων του σόργου που είναι η ποικιλία και η φωτοπερίοδος. Φυτά σε περιοχές με μεγάλες φωτοπερίόδους (μεγαλύτερο γεωγραφικό μήκος) αναφέραμε ότι έχουν μεγαλύτερη ανάπτυξη άρα και περισσότερα γόνατα. Έτσι έχουν και μεγαλύτερο αριθμό φύλλων καθώς η περισσότερη ηλιοφάνεια μπορεί να θρέψει τα φυτά με την

μεγαλύτερη βιομάζα. Αντίστοιχα, ο αριθμός των φύλλων μειώνεται όσο πλησιάζουν στον ισημερινό οι καλλιέργειες (Guiying et al, 2014).

Από όλα τα φύλλα του φυτού το μικρότερο είναι το πρώτο που εμφανίζεται μετά την βλάστηση. Ακολούθως, βαθμιαία αυξάνεται το μέγεθος των φύλλων και το μέγιστο μήκος εμφανίζεται στην μέση του στελέχους του φυτού (συνήθως μεταξύ των γονάτων 5 και 13, αναλόγως και των συνολικών γονάτων που έχει το φυτό). Εν συνεχεία, όσο συνεχίζουμε να ανεβαίνουμε προς τα πάνω, το μέγεθος των φύλλων μειώνεται βαθμιαία. Το μεγαλύτερο φύλλο ονομάζεται και φύλλο – θέση. Η θέση του φύλλου – θέση είναι άμεσα συγκρίσιμη με τον βιολογικό κύκλο του φυτού και με το κέρδος (ποσότητα παραγωγής). Όσο χαμηλότερα βρίσκεται το φύλλο θέση σημαίνει πως πρόκειται για ένα φυτό με μικρή ανάπτυξη άρα έχει μικρό βιολογικό κύκλο και μικρότερο κέρδος σε παραγωγή χλωρής βιομάζας ή σακχαρούχου χυμού. Αντίστοιχα, όσο πιο ψηλά είναι το φύλλο θέση τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάπτυξη του φυτού άρα πρόκειται για φυτό με μεγαλύτερο βιολογικό κύκλο που θα αποφέρει μεγαλύτερη απόδοση. (Guiying et al, 2014).

1.4.4 Ταξιανθία

Τα άνθη του φυτού εμφανίζονται σε μορφή ταξιανθίας. Η ταξιανθία εκφύεται από το φύλλο σημαία. Το συνολικό της μήκος κυμαίνεται μεταξύ 50 και 60 εκατοστών και το μέγιστο πλάτος της φτάνει τα 30 εκατοστά. Η ταξιανθία αποτελείται από πρωτογενή και δευτερογενή κλαδιά στα οποία αναπτύσσονται τα άνθη. Σε κάθε ταξιανθία μπορούν να δημιουργηθούν από 1600 έως και 4000 άνθη. Τα άνθη παράγονται από σταχύδια τα οποία αναπτύσσονται στα κλαδιά της ταξιανθίας. Τα σταχύδια έχουν σχήμα σαν δόρυ, μήκος 10 χιλιοστά, πλάτος 2 έως 5 χιλιοστά και συνήθως εμφανίζονται σε ζευγάρια (GTRO, 2017). Αφού αναπτυχθεί πλήρως η ταξιανθία τότε ξεκινάει η άνθιση. Πρώτα ανοίγουν τα άνθη τα οποία βρίσκονται στο επάνω μέρος της ταξιανθίας, ακολούθως αυτά τα οποία βρίσκονται στο κέντρο και εν τέλει τα άνθη που βρίσκονται στο κάτω μέρος της ταξιανθίας. (Guiying et al, 2014).



Εικόνα 8: Μορφή ταξιανθίας σόργου (GTRO, 2017)

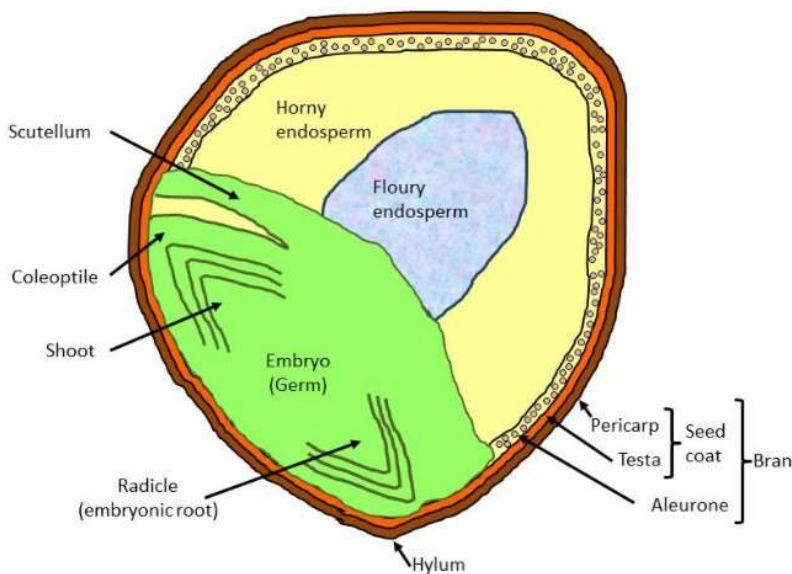
Όσο είναι ανοικτά τα άνθη γίνεται η επικονίαση. Τα άνθη σε ποικιλίες σόργου παράγουν έως και 24 εκατομμύρια κόκκων γύρης τα οποία παραμένουν γόνιμα έως και 6 ώρες, αναλόγως των καιρικών συνθηκών που επικρατούν την στιγμή της άνθησης. Συνήθως γίνεται αυτεπικονίαση και πολύ σπάνια σταυρεπικονίαση. Συγκεκριμένα, αναλόγως της ποικιλίας, η αυτεπικονίαση ξεκινάει από ποσοστά 70% και φτάνει έως και 95% της συνολικής επικονίασης. Αυτό συνεπάγεται ότι η επικονίαση του φυτού από γειτονικά φυτά, με την βοήθεια του αέρα ή εντόμων επικονιαστών μπορεί να είναι από 5 έως και 30% κάτι που εμποδίζει την μεγάλη διασταύρωση των ποικιλιών (GTRO, 2017).

Ακολούθως ξεκινάει η δημιουργία των καρπών και η ταξιανθία μετασχηματίζεται σε ταξικαρπία. Η μορφή των ταξικαρπιών διαφέρει αναλόγως της ποικιλίας του σόργου και μπορεί να είναι συμπαγής, χαλαρή ή κάτι ενδιάμεσο, ημισυμπαγής. Το σχήμα των ταξικαρπιών επίσης ποικίλει αναλόγως της ποικιλίας. Το βάρος της ταξικαρπίας εξαρτάται από την ποικιλία και κυμαίνεται μεταξύ του 5% και του 20% της συνολικής βιομάζας του φυτού. Συνήθως τα φυτά τα

οποία εμφανίζουν μεγάλα κέρδη βιομάζας εξαιτίας της ανάπτυξης του βλαστού έχουν μικρές ταξιανθίες και μικρά κέρδη καρποδοσίας. Αντίθετα οι ποικιλίες με μικρή ανάπτυξη βλαστού έχουν μεγάλα κέρδη καρποδοσίας. Για αυτό και οι ποικιλίες σόργου καρποδοσίας έχουν ύψος από 0,5 έως 1,5 μέτρα (Guiying et al, 2014).

1.4.5 Καρπός

Ο καρπός του σόργου ονομάζεται καρυόψης, όπως και όλων των σιτηρών και αποτελείται από το περίβλημα, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Το μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα του διαφέρουν αναλόγως της ποικιλίας του σόργου. Τα συνήθη σχήματα τους είναι το στρόγγυλο, το οβάλ, και τα ελλειπτική σχήματα. Τα συνήθη χρώματά τους είναι το λευκό, το ανοικτό κίτρινο, το ροζ, το καφέ, το σκούρο καφέ και το κοκκινωπό καφέ. Οι σπόροι του σόργου είναι λίγο όξινοι γιατί είναι πλούσιοι σε τανίνη (Guiying et al, 2014). Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η μορφή των καρπών του σόργου.



Εικόνα 9: Καρπός σόργου (FAO, 1999)

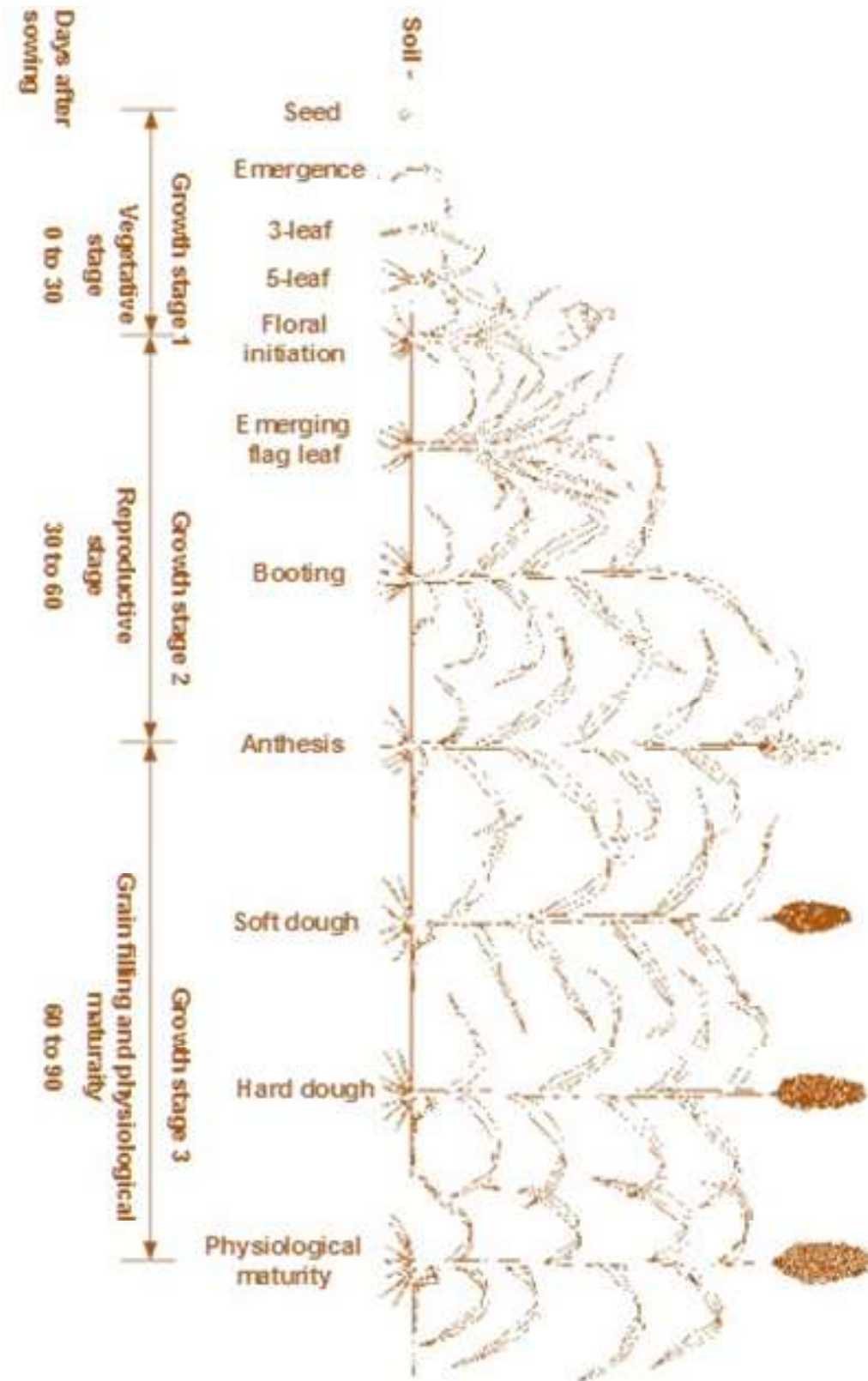
Συνήθως τον μεγαλύτερο αριθμό σπόρων και το μεγαλύτερο μέγεθος τον έχουν τα καρποδοτικά σόργα. Τα γλυκά σόργα έχουν βάρος σπόρου περίπου 21 γραμμάρια σε κάθε 1000 σπόρους ενώ ποικιλίες διάφορες ποικιλίες γλυκού σόργου μπορούν να φτάσουν και τα 28 γραμμάρια σε 1000 σπόρους (Guiying et al, 2014). Κάθε φυτό σόργου περιέχει από 800 έως και 6000 καρπούς. Τα καρποδοτικά σόργα, φυτεμένα σε πυκνότητα 100000 φυτών ανά εκτάριο, μπορούν να παράξουν έως και 1kg καρπών ανά φυτό (GTRO, 2017).

1.5 Φαινολογία

Η διαδικασία ανάπτυξης του φυτού υποδιαιρείται σε διάφορες κλίμακες ανάλογα με τους επιστήμονες που την μελέτησαν και την εισηγήθηκαν. Μια από τις σημαντικότερες κλίμακες παρουσιάστηκε από τον Vaderlip και παρουσιάζει την ανάπτυξη του σόργου των τροπικών περιοχών σε 9 στάδια (Rao et al, 2008). Στην πορεία όμως παρουσιάστηκαν και άλλες κλίμακες, οι οποίες συμπύκνωσαν τις κλίμακες σε τρεις ή τέσσερις. Μια από αυτές είναι η κλίμακα του Keller η οποία παρουσιάζει τρία στάδια, τα growing stage 1, 2 και 3 τα οποία αντιστοιχούν στην περίοδο βλάστησης και αύξησης του βλαστού, στην περίοδο άνθησης ή περίοδο αναπαραγωγής και στην γεμίματος του σπόρου και ωρίμανσης (Du Plessis, 2008, GTRO, 2017). Το φυτό για να περάσει από το ένα στάδιο στο άλλο χρειάζεται περίπου 30 – 35 ημέρες. Αντίστοιχα ο Guiying την πρώτη κλίμακα την χωρίζει σε δύο, στην κλίμακα της βλάστησης του σπόρου και στην κλίμακα της επιμήκυνσης του φυτού (Guiying et al, 2004). Στις παραγράφους αναλύονται οι τρεις κατηγορίες που προκύπτουν με βάση την κλίμακα του Keller και όπου απαιτείται γίνονται αναφορές και σε επιμέρους στάδια που αντιστοιχούν στην κλίμακα Vaderlip. Στον επόμενο πίνακα φαίνεται η αντιστοίχιση της κλίμακας του Keller με την κλίμακα του Vaderlip και στην εικόνα της επόμενης σελίδας φαίνεται οπτικά το κάθε στάδιο των δύο κλιμάκων. Στον πίνακα φαίνεται και η ημέρα από την έναρξη βλάστησης που αναμένεται να εμφανιστεί η κάθε στάση.

| Developmental phase | Growth Stage | Days after germination* | Identifying characteristic |
|--------------------------|--------------|-------------------------|---|
| Vegetative | 0 | 0 | Emergence – coleoptile visible at soil surface |
| | 1 | 10 | Collar of 3 rd leaf visible |
| | 2 | 20 | Collar of 5 th leaf visible |
| | 3 | 30 | Growing point differentiation at approximately the 8 leaf stage |
| Flowering | 4 | 40 | Final leaf visible in a whorl |
| | 5 | 50 | Boot stage – panicle extended into flag leaf sheath |
| | 6 | 60 | Half-bloom – half of the plants flowered |
| Physiological maturation | 7 | 70 | Seed at Soft dough stage |
| | 8 | 85 | Seed at Hard dough stage |
| | 9 | 95 | Physiological maturity – maximum dry matter production |

Εικόνα 10: Φάσεις ανάπτυξης και κλίμακα Vaderlip (GTRO, 2017)



Εικόνα 11: Στάδια αύξησης του φυτού του σόργου (Du Plessis, 2008)

1.5.1 Στάδιο ανάπτυξης I

Στο στάδιο αυτό εκφύει το φυτό και αναπτύσσεται ο βλαστός του φυτού. Η έκπτυξη ξεκινάει 3 έως 10 ημέρες μετά την φύτευση. Δημιουργούνται το ριζικό σύστημα, ο βλαστός, τα φύλλα και τα αδέρφια. Το στάδιο αυτό διαρκεί περίπου 30 με 35 ημέρες και αυτό εξαρτάται από τις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος την εποχή αυτή και από την ποικιλία και συγκεκριμένα πόσα φύλλα αναπτύσσει η κάθε ποικιλία. Όσο πιο πολλά σχηματίζει τόσο πιο πολύ διαρκεί αυτό το στάδιο. Τα υποστάδια αυτού του σταδίου καθορίζονται από τον αριθμό των φύλλων. Ένα φύλλο προσμετράτε όταν το κολάρο που δημιουργεί γύρω από τον βλαστό είναι ορατό. Στο στάδιο αυτό το σόργο μπορεί να ανεχθεί χαμηλές θερμοκρασίες χωρίς αυτό να επηρεάζει την παραγωγή του αλλά είναι ευαίσθητο στα ζιζάνια καθώς ακόμη δεν είναι αρκετά ισχυρό ώστε να τα ανταγωνιστεί και να τα υπερνικήσει (Gerik, 2014, GTRO, 2017).

1.5.2 Στάδιο ανάπτυξης II

Στο δεύτερο στάδιο ανάπτυξης του φυτού παράγονται οι αναπαραγωγικές δομές του φυτού. Και αυτό το στάδιο διαρκεί 30 με 35 ημέρες. Η εμφάνιση της ταξιανθίας σταματάει ταυτόχρονα την παραγωγή νέων φύλλων. Αυτό όμως δεν συνεπάγεται ότι σταματάει και η μεγέθυνση των ήδη υπαρχόντων φύλλων. Μάλιστα μόνο το 1/3 της επιφάνειας των φύλλων του φυτού έχει αναπτυχθεί με την είσοδο του φυτού στο αναπαραγωγικό στάδιο. Η υπόλοιπη επιφάνεια αναπτύσσεται μαζί με την ανάπτυξη της ταξιανθίας. Το τελευταίο φύλλο που αναπτύχθηκε είναι το φύλλο σημαία, ένα φύλλο μικρότερο από τα άλλα. Μόλις λοιπόν το κολάρο του φύλλου σημαία εμφανιστεί τότε εισερχόμαστε στο στάδιο της αναπαραγωγής και ταυτόχρονα στην έντονη αύξηση του μεγέθους των φύλλων του φυτού όπως προειπώθηκε. Η ανάπτυξη των φύλλων ολοκληρώνεται με την άνθηση της ταξιανθίας. Λόγω της πολύ έντονης ανάπτυξης του φυτού σε αυτό το στάδιο πρέπει να διασφαλίζεται η παρουσία του νερού, είτε διαμέσου βροχοπτώσεων είτε διαμέσου άρδευσης. Στην συνέχεια γίνεται η γονιμοποίηση και οι σπόροι τοποθετούνται μέσα στην ταξιανθία (Gerik, 2014, GTRO, 2017).

1.5.3 Στάδιο ανάπτυξης III

Το τρίτο στάδιο ανάπτυξης είναι το στάδιο της δημιουργίας των σπόρων μέσα στην ταξιανθία και η ωρίμανσή τους. Ξεκινάει το στάδιο αυτό με την άνθηση του φυτού, ακολουθεί η γονιμοποίηση και η τοποθέτηση των σπόρων στις ταξιανθίες. Το φυτό θεωρείται ότι είναι σε πλήρη άνθηση όταν το 50% των ανθέων του 50% των φυτών της καλλιέργειας είναι ανοικτά. Η

επικονίαση που γίνεται σε αυτό το στάδιο δεν επηρεάζεται πολύ από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Αντίθετα επηρεάζεται η παραγωγή σε αυτό το στάδιο από διάφορους εντομολογικούς εχθρούς του σόργου. Μετά την γονιμοποίηση ξεκινάει η δημιουργία του καρπού. Όλα τα θρεπτικά στοιχεία που υπάρχουν στο φυτό διοχετεύονται άμεσα προς τις ταξικαρπίες για την δημιουργία των καρπών. Οι καρποί έχουν την μέγιστη διάστασή τους 10 μέρες μετά την άνθηση όταν βρίσκονται στο στάδιο του γάλακτος. Εν συνεχεία οι σπόροι αφυδατώνονται μέχρι να φτάσουν στο τελικό τους στάδιο στο οποίο είναι ασυμπίεστοι με το χέρι και έχουν πλέον το 75% τους ως ξηρή μάζα (Gerik, 2014, GTRO, 2017).

1.6 Απαιτήσεις φυτού

Το φυτό, κατά τα στάδια της ανάπτυξης του έχει μερικές απαιτήσεις οι οποίες θα οδηγήσουν σε μεγαλύτερες αποδόσεις της καλλιέργειας. Αυτές οι απαιτήσεις μπορεί να είναι απαιτήσεις σε βροχοπτώσεις, σε θερμοκρασίες, σε ηλιοφάνεια, σε συστατικά εδάφους και άλλα.

Αρχίζοντας καταρχήν με τα εδάφη στα οποία καλλιεργείται το σόργο. Το σόργο δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις και συναντάται σε μεγάλη ποικιλία εδαφών. Μπορεί να καλλιεργηθεί σε ελαφρά, αμμώδη εδάφη αλλά και σε αργιλώδη βαρέα εδάφη. Μεταξύ όλων όμως προτιμάει τα γόνιμα μέσης σύστασης εδάφη. Αναπτύσσεται σε εδάφη τα οποία έχουν σύσταση με pH 5 έως 8,5. Ταυτόχρονα έχει μια ανοχή στην αλμυρότητα που μπορεί να προκύψει από την παρουσία αλάτων στο νερό. (Guiying et al, 2014).

Το σόργο έχει ένα πολύ ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα το οποίο διεισδύει βαθιά στο έδαφος έτσι ώστε να προσλαμβάνει υγρασία ακόμη και αν η επιφάνεια του εδάφους έχει ξεραθεί. Ταυτόχρονα η επικάλυψη με την λευκή κηρώδη σκόνη που υπάρχει στα φύλλα και στο στέλεχος του φυτού αποτρέπει την έξοδο της υγρασίας από αυτό έτσι έχει μεγάλη αντοχή σε περιόδους ξηρασίας. Παρόλα αυτά όμως, για να είναι αποδοτικό χρειάζεται να λαμβάνει υγρασία. Ειδικά στην περίοδο της έντονης ανάπτυξης του είναι απαιτούμενη η ύπαρξη υγρασίας. Οπότε οι βροχοπτώσεις είναι επιθυμητές για το σόργο ώστε να έχει υψηλή παραγωγή. Περιοχές οι οποίες έχουν βροχοπτώσεις μεταξύ 450mm και 800mm είναι ιδανικές για την καλλιέργεια του σόργου. Πέραν της αντοχής σε βροχή το σόργο όμως έχει και την ικανότητα αντοχής σε πλημμύρες εξαιτίας της ίδιας επικάλυψης που αποτρέπει το βαλτωμένο νερό να διεισδύσει στο φυτό και να το καταστρέψει. (Guiying et al, 2014, GTAO, 2017).

Το σόργο είναι ένα φυτό που εμφανίστηκε στην τροπική ζώνη του πλανήτη έτσι απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες. Για αυτό οι ιδανικές θερμοκρασίες ανάπτυξης του σόργου είναι οι 20 – 35°C. Αριστες είναι οι θερμοκρασίες 27°C έως και 30°C. Οι χαμηλές θερμοκρασίες δημιουργούν πρόβλημα στα φυτά. Άλλωστε αν η θερμοκρασία δεν ξεπεράσει τους 8 – 10°C οι σπόροι δεν βλαστάνουν. Χρειάζεται μάλιστα μια θερμή περίοδο τεσσάρων – πέντε μηνών, από την αρχή της καλλιέργειας μέχρι και την συγκομιδή. Για αυτό στις εύκρατες περιοχές του πλανήτη το σόργο είναι μια εποχιακή θερινή καλλιέργεια. Αντίθετα στις τροπικές περιοχές μπορεί να καλλιεργηθεί όλο τον χρόνο. Σημαντικές όμως για το σόργο είναι και οι θερμοκρασίες της νύκτας. Θερμοκρασίες μικρότερες των 13°C μειώνουν την απόδοση σε καρπό και πολύ χαμηλές βραδινές θερμοκρασίες στην περιοχή του μηδενός καταστρέφουν το φυτό. Αυξημένες νυχτερινές θερμοκρασίες, άνω των 31°C περιορίζουν την ανάπτυξη του φυτού. Μετά την άνθηση το σόργο απαιτεί μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύκτας κάτι που του επιτρέπει να μεταφέρει εύκολα τα θρεπτικά συστατικά από το φυτό στον καρπό (Guiying et al, 2014, GTAΟ, 2017).

Η ωρίμανση του σόργου προσδιορίζεται με βαθμοημέρες. Προσμετρούνται όλες οι ημέρες με θερμοκρασίες πάνω από 10°C. Αναλόγως της ποικιλίας ποικίλουν και η βαθμοημέρες που απαιτούνται για την ωρίμανση. Ποικιλίες με μικρό βιολογικό κύκλο χρειάζονται μόλις 1500 βαθμοημέρες. Ποικιλίες με πολύ μεγάλο κύκλο χρειάζονται έως και 2500 βαθμοημέρες. Οι συνηθέστερες ποικιλίες σόργου όμως, όπως η ποικιλία Keller χρειάζονται περί τις 1800 βαθμοημέρες για την πλήρη ωρίμανση τους (Guiying et al, 2014).

Η διάρκεια της ημέρας είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την αποδοτικότητα του σόργου. Συνήθως το σόργο θέλει μικρής διάρκειας ημέρες και μεγάλης διάρκειας νύκτες. Αυτό οδηγεί βέβαια στην παραγωγή μικρότερης ποσότητας βιομάζας αλλά μεγαλύτερης ποσότητας καρπού. Πολλές ποικιλίες που ανακαλύφθηκαν στην πορεία όμως δεν επηρεάζονται τόσο από τις μεταβολές στην διάρκεια της ημέρας και της νύκτας έτσι ευδοκιμούν και σε εύκρατα κλίματα με μεγαλύτερες διάρκειες ημέρας. Αυτό τους επιτρέπει να είναι πιο αποδοτικά στο σκέλος της παραγωγής βιομάζας (Guiying et al, 2014).

Τέλος, ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την αποδοτικότητα του σόργου είναι η ακτινοβολία. Το σόργο ανήκει στα φυτά κατηγορίας C4 τα οποία είναι από τα πιο αποδοτικά φυτά όσο αφορά την φωτοσύνθεση. Έτσι εκμεταλλεύεται και μετατρέπει μεγάλο ποσοστό της

ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται σε βιομάζα. Για αυτό και ευδοκιμεί περισσότερο σε περιοχές με έντονη ηλιακή ακτινοβολία γιατί αυτή μετατρέπεται σε περισσότερη βιομάζα (Guiying et al, 2014).

2 Κεφάλαιο «Καλλιέργεια σόργου»

Τα χαρακτηριστικά, η μορφή, οι απαιτήσεις του φυτού του σόργου παρουσιάστηκα στο προηγούμενο κεφάλαιο. Πως αυτό όμως καλλιεργείται; Καταρχήν γιατί καλλιεργείτε; Και που χρησιμοποιείται; Αυτά είναι ερωτήματα που απαντούνται στο παρόν κεφάλαιο. Πρώτα πρώτα παρουσιάζονται οι κυριότερες καλλιέργειες σόργου και ακολούθως η χρήση του εστιάζοντας περισσότερο στην χρήση του ως χορτοδοτική ζωοτροφή. Εν συνεχεία καταγράφεται η βέλτιστη καλλιεργητική πρακτική και το κεφάλαιο κλείνει παρουσιάζοντας τις σημαντικότερες περιοχές καλλιέργειάς του στον πλανήτη και στατιστικά στοιχεία σχετικά με τα μεγέθη καλλιέργειάς του.

2.1 Κατηγορίες καλλιεργειών σόργου

Το σόργο όπως παρουσιάστηκε και στο πρώτο κεφάλαιο έχει ένα μεγάλο αριθμό ποικιλιών και υποποικιλιών. Πρακτικά όμως μπορεί να διακριθεί σε πέντε είδη καλλιεργειών αναλόγως της χρήσης του. Τα είδη αυτά είναι τα ακόλουθα:

- **Καρποδοτικό σόργο:** Είναι ποικιλίες χαμηλού ύψους που παράγουν πολλούς κόκκους και μεγάλου μεγέθους έτσι ώστε να υπάρχει ικανοποιητική συγκομιδή σε καρπό. Οι ταξιανθίες τους είναι μεγάλες, πυκνές, συμπαγείς ώστε να περιέχουν μεγάλο αριθμό καρπών. Τα στελέχη, αναλόγως της ποικιλίας, μπορεί να ξηραίνονται στην ωρίμανση και να είναι κατάλληλα μόνο για την παραγωγή σανού. Σπανιότερα μπορεί να είναι χυμώδη και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή χορτοδοτικής ζωοτροφής (Παπαστυλιανού et al, 2015).
- **Γλυκό σόργο:** Είναι ποικιλίες μεγάλου ύψους, πλούσιες σε βιομάζα με στελέχη γλυκά και χυμώδη κάτι που τα κάνει εύγευστα. Για αυτό χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χορτοδοτικής ζωοτροφής. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται και για την παραγωγή βιοαιθανόλης κατόπιν αλκοολικής ζύμωσης που υφίσταται ο σακχαρούχος χυμός που περιέχουν (Παπαστυλιανού et al, 2015).
- **Ινώδες σόργο:** Είναι ποικιλίες επίσης πλούσιες σε βιομάζα, ποικιλίες όπου τα στελέχη τους είναι ινώδη, πλούσια σε κυτταρίνη. Χρησιμοποιούνται για παραγωγή βιοκαυσίμων διαμέσου της βιομάζας τους η οποία υδρολύεται και ακολούθως οδηγείται για αλκοολική ζύμωση με μια τεχνολογία αιχμής που τώρα άρχισε να εφαρμόζεται. Προέρχονται από

διασταύρωση ποικιλιών καρποδοτικού σόργου και σόργου σαρωθροποιίας (Δαναλάτος & Αρχοντούλης, 2008).

- Σόργο χορτοδοτικό: Παρόλο που κάποιες από τις παραπάνω κατηγορίες μπορούν να δώσουν και χορτοδοτική ζωοτροφή εντούτοις υπάρχουν ποικιλίες οι οποίες καλλιεργούνται αποκλειστικά για την παραγωγή ζωοτροφής. Οι ποικιλίες αυτές είναι πλούσιες σε βιομάζα όμως η επιφάνεια των φύλλων τους είναι μεγαλύτερη από τις άλλες ποικιλίες και τα στελέχη τους πιο λεπτά. Έτσι η φυλλική μάζα είναι μεγαλύτερη ως ποσοστό. Είναι ποικιλίες που μετά την κοπή αναπτύσσονται ξανά και δίνουν έως και τρεις με τέσσερεις κοπές αναλόγως της ποικιλίας. Χρησιμοποιούνται κυρίως για άμεση κατανάλωση ως χλωρή ζωοτροφή αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ενσίρωση ή παραγωγή σανού (Παπαστυλιανού et al, 2015).
- Σόργο σαρωθροποιίας: Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι ποικιλίες σόργου που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκούπας. Οι ταξιανθίες τους είναι μικρού μήκους αλλά με πολύ μεγάλες διακλαδώσεις κάτι που τις καθιστά ιδανικές για παραγωγή σκούπας (Παπαστυλιανού et al, 2015).

2.2 Χρήση σόργου

Το σόργο έχει πάρα πολλές χρήσεις. Χρησιμοποιείται για παραγωγή τροφίμων ως καρποδοτικό σόργο, για παραγωγή ζωοτροφών ως χορτοδοτικό σόργο και για παραγωγή βιοκαυσίμων διαμέσου των σακχάρων που περιέχει. Οι σημαντικότερες χρήσεις του σόργου μπορούν να συμπτυκνωθούν στα παρακάτω σημεία.

- Ως νωπή ή ενσιρωμένη ζωοτροφή.
- Ως σανός για ζωοτροφή.
- Ως αλεσμένη ζωοτροφή προερχόμενη από την ξηρή βιομάζα.
- Ως αλεσμένη ζωοτροφή προερχόμενη από τους καρπούς.
- Ως αλεύρι.
- Διαμέσου του παραπάνω ως μέρος της διατροφής του ανθρώπου, ειδικά στην Αφρική.
- Για την παραγωγή μύρας.
- Για την παραγωγή ζάχαρης.
- Για την παραγωγή σιροπιού για βιομηχανική χρήση.

- Για την παραγωγή βιοαιθανόλης διαμέσου αλκοολικής ζύμωσης των σακκάρων.
- Για την παραγωγή βιοαιθανόλης διαμέσου υδρόλυσης των φυτικών αποβλήτων της.
- Για την παραγωγή στερεών καυσίμων (πέλλετ,) από τα υπολείμματα της καλλιέργειας.
- Για την παραγωγή πολτού και εν συνεχεία χαρτονιού και νοβοπάν.
- Για την παραγωγή σκουπών.

2.3 Παραγωγή ζωοτροφών - χορτοδοσία

Μια από τις σημαντικότερες χρήσεις του σόργου είναι η παραγωγή ζωοτροφών διαμέσου της χορτοδοσίας. Από το σόργο παράγονται διάφορα ήδη ζωοτροφών. Παράγονται ζωοτροφές από την άλεση των σπόρων του. Παράγονται ζωοτροφές από τα υπολείμματα της καλλιέργειας. Παράγονται ζωοτροφές ακόμη και από τα υπολείμματα της επεξεργασίας για παραγωγή βιοαιθανόλης. Ο κύριος τρόπος όμως παραγωγής ζωοτροφών είναι η χρήση ποικιλιών οι οποίες προορίζονται αποκλειστικά ως χορτοδοτικές ποικιλίες.

| Crop Type | Variety | Maturity | Main Use |
|--------------------------|------------------|----------|---|
| Sorghum x | 'Jumbo' | VL | Grazing (cattle); hay; silage |
| Sudan grass hybrid | 'Sweet Jumbo' | VL | |
| | 'Pacific BMR' | L | |
| | 'SuperSudax' | Q | |
| | 'Cow Pow' | VL | |
| | 'Beta Graze' | Q | |
| | 'Everlush' | VL | |
| | 'Revolution BMR' | L | |
| Sorghum x | 'Chopper' | M | Pit silage; limited grazing (cattle) |
| Sorghum hybrid | 'Graze-N-Sile' | M | Grazing (cattle); stand over autumn and winter grazing; pit silage; hay |
| Sweet sorghum x | 'Sugargraze' | L | |
| Sweet sorghum hybrid | 'Mega Sweet' | M | |
| | 'Hunnigreen' | VL | |
| Sweet sorghum x | 'Nectar' | L | Grazing (cattle); pit and round bale silage; hay |
| Sudan grass hybrid | | | Grazing (sheep & cattle); hay; pit round bale silage |
| Sudan grass x | 'Superdan' | L | |
| Sudan grass hybrid | 'New Pac 8288' | M | |
| Pennisetum hybrid millet | 'Nutrifeed' | VL | Grazing (sheep & cattle); pit and round bale silage |
| Open-pollinated millet | 'Shirohie' | Q | Quick feed (sheep & cattle) earliest effective sowing time |
| Echinochloa spp. | 'Jap Millet' | Q | |

Maturity code :

Q Quick - short vegetative growth phase (about 7 weeks of grazing)

M Medium - medium vegetative growth phase (about 9 weeks of grazing)

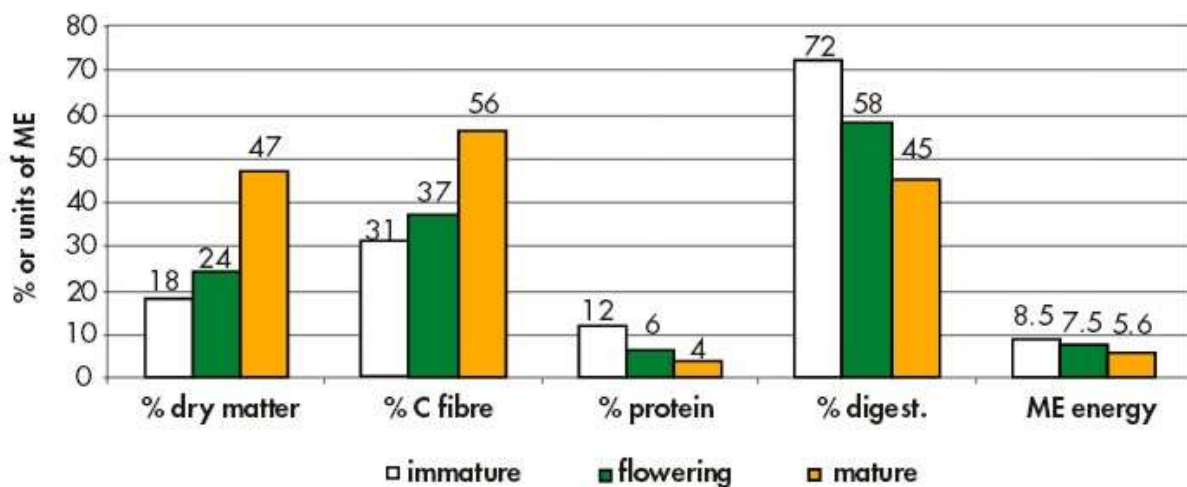
L Late - long vegetative growth phase, photoperiodic (about 11 weeks of grazing)

VL Very Late - very long vegetative growth phase, photoperiodic (about 12 weeks of grazing)

Εικόνα 12: Χορτοδοτικές ποικιλίες σόργου (Collett, 2004)

Η εποχή της συγκομιδής είναι πολύ σημαντική για την θρεπτική αξία της χορτοδοτικής ζωοτροφής. Παρατηρείται ότι όσο ωριμάζει το φυτό αυξάνεται η ξηρή του μάζα και οι ίνες που

περιέχει και ταυτόχρονα μειώνονται τα ποσοστά σε πρωτεΐνες και ενέργεια που περιέχει. Επίσης όσο ωριμάζει το φυτό γίνεται λιγότερο εύπεπτο από τα ζώα. Έτσι η καλύτερη εποχή για την συγκομιδή του για χορτοδοτική ζωοτροφή είναι πριν την άνθηση. Μάλιστα σε αυτή την εποχή είναι και πιο εύγευστο καθώς τα σάκχαρα του ακόμη βρίσκονται στο στέλεχος του φυτού. Βέβαια συγκομιδή πριν την άνθηση συνεπάγεται ότι δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τους καρπούς αλλά ούτως ή άλλως οι χορτοδοτικές ποικιλίες δεν είναι πολύ αποδοτικές σε καρπούς (Collett, 2004). Το παρακάτω γράφημα δείχνει την μεταβολή στην θρεπτική αξία των φυτών του σόργου χορτοδοσίας αναλόγως της ωριμότητάς τους.



Εικόνα 13: Θρεπτικά στοιχεία σόργου αναλόγως του στάδιο ωριμότητας (Collett, 2004)

Οι ποικιλίες του χορτοδοτικού σόργου μπορούν να συγκομιστούν είτε μια είτε περισσότερες φορές (έως και 4 κοπές). Στην δεύτερη περίπτωση σαφώς τα κέρδη είναι περισσότερα στην πρώτη όμως η ζωοτροφή είναι ποιοτικότερη και χρησιμοποιείται για το τάισμα ζώων που προορίζονται για γαλακτοπαραγωγή και παραγωγή κρέατος (Ferard & Verdier, 2016).

Σύμφωνα μάλιστα με μελέτες που έχουν γίνει έχει προκύψει πως η καλλιέργεια χορτοδοτικού σόργου είναι οικονομικά συμφέρουσα σε σχέση με άλλες καλλιέργειες ζωοτροφών όπως για παράδειγμα ο αραβόσιτος. Έγινε μεγάλος αριθμός μελετών που καταλήγουν στο ίδιο συμπέρασμα. Μια από αυτές που έγινε στο Πακιστάν δείχνει ότι σε ένα εκτάριο τα καθαρά κέρδη από την καλλιέργεια χορτοδοτικού σόργου είναι αυξημένα κατά

περίπου 60% (57,25% κατ' ακρίβειαν) σε σχέση με τα καθαρά κέρδη από την καλλιέργεια χορτοδοτικού καλαμποκιού (Iqbal et al, 2015).

Η προοπτική της καλλιέργειας χορτοδοτικού σόργου στην Ελλάδα είναι μεγάλη. Αλλωστε στην Θεσσαλία, τον μεγαλύτερο κάμπο της χώρας, το 1/3 του καλαμποκιού που καλλιεργείται γίνεται με σκοπό την παραγωγή ζωοτροφής. Οπότε είναι αντιληπτό ότι αυτό θα μπορούσε να αντικατασταθεί από το σόργο κάτι που θα έφερνε μεγαλύτερες παραγωγές για την χώρα συνολικά αλλά και μεγαλύτερα οικονομικά κέρδη για τους αγρότες. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται μια πειραματική καλλιέργεια στον Παλαμά Καρδίτσας (Δαναλάτος & Αρχοντούλης, 2008). Παρατηρούμε τις τεράστιες διαφορές στην βιομάζα μεταξύ σόργου και καλαμποκιού. Είναι εμφανές λοιπόν γιατί οι αποδόσεις του χορτοδοτικού σόργου είναι πολύ καλύτερες ανά στρέμμα.



Εικόνα 14: Σύγκριση χορτοδοτικών καλλιεργειών καλαμποκιού και σόργου (Δαναλάτος & Αρχοντούλης, 2008)

2.4 Καλλιεργητική πρακτική

Η καλλιεργητική πρακτική είναι πολύ σημαντική για την σωστή, μέγιστη απόδοση των καλλιεργειών σόργου. Και με τον όρο καλλιεργητική πρακτική εννοούμε όλους εκείνους τους παράγοντες που επηρεάζουν μια καλλιέργεια. Τέτοιοι παράγοντες είναι η σπορά, η προετοιμασία του εδάφους, η ζιζανιοκτονία, η καταπολέμηση των εχθρών και των ασθενειών, η

λίπανση, η άρδευση και η συγκομιδή. Όλα αυτά τα στοιχεία αναλύονται στις επόμενες παραγράφους.

2.4.1 Σπορά

Η σπορά του σόργου καθορίζεται από πολλούς παράγοντες όπως η πρώτη ανοιξιάτικη βροχή, η βροχόπτωση του προηγούμενου διαστήματος, η θερμοκρασία του εδάφους και η ποικιλία η οποία θα χρησιμοποιηθεί. Συνήθως στο βόρειο ημισφαίριο, στις εύκρατες περιοχές, η σπορά γίνεται από τα μέσα Απριλίου μέχρι τον Ιούνιο. Ιδανικά αν μπορεί να μετρηθεί η θερμοκρασία του αγρού πριν την σπορά θα πρέπει να είναι περί τους 15°C σε απόσταση 10 εκατοστών από το έδαφος ώστε να είναι βέλτιστη για την ταχύτερη βλάστηση του σπόρου. Επίσης το φυτάριο που θα προκύψει είναι πολύ ευαίσθητο στους παγετούς έτσι η σπορά πρέπει να γίνει αφού έχει ο αγρότης βεβαιωθεί ότι ο τελευταίος παγετός της χρονιάς έχει παρέλθει. Ταυτόχρονα θα πρέπει να επιλεγεί η ημερομηνία της σποράς ώστε να υπάρχει σχετική υγρασία στο έδαφος. Πρέπει να είναι βέβαιος ο αγρότης ότι δεν υπάρχει παρατεταμένη περίοδος ξηρασίας και έχει στεγνώσει το έδαφος πριν να σπείρει το σόργο. (Du Plessis, 2008).

Ο σπόρος του σόργου είναι μικρός έτσι πρέπει να σπείρετε επιφανειακά ώστε να μπορέσει να βλαστήσει. Σε καλλιέργειες στις οποίες υπάρχει επαρκής υγρασία ένα βάθος φύτευσης περί τα 25 χιλιοστά θεωρείται βέλτιστο. Σε περιοχές όπου η υγρασία του εδάφους είναι χαμηλή η φύτευση γίνεται πιο βαθιά. Μπορεί να φτάσει και σε βάθη έως και 50 χιλιοστά αλλά όχι περισσότερο γιατί δεν θα μπορέσει να βλαστήσει. Το βάθος σποράς εξαρτάται και από τον τύπο του εδάφους. Σε ελαφρά αμμώδη εδάφη η σπορά μπορεί να φτάσει έως και τα 50 χιλιοστά ενώ σε βαριά αργιλώδη εδάφη το βάθος σποράς δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 25 χιλιοστά. Ταυτόχρονα είναι σημαντικό το έδαφος στο οποίο γίνεται η σπορά να είναι σταθερό έτσι ώστε να γίνεται ταχύτερη απορρόφηση του νερού και η βλάστηση να γίνεται σύντομα (Du Plessis, 2008).

Η απόσταση μεταξύ των γραμμών φύτευσης είναι πολύ σημαντική για την αύξηση της απόδοσης των φυτών. Η απόσταση αυτή είναι άμεσα συναρτώμενη με την βροχόπτωση που επικρατεί στην περιοχή της καλλιέργειας. Σε περιοχές με χαμηλές βροχοπτώσεις, περί τα 450mm προτείνεται μεγάλη απόσταση μεταξύ των σειρών, περί τα 1,5 μέτρα. Το ίδιο ισχύει και σε περίπτωση που τα εδάφη είναι ελαφρά και δεν μπορούν να συγκρατήσουν μεγάλες ποσότητες βροχής. Αντίθετα, σε περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις, περί τα 800mm, ή σε περιοχές με

εδάφη που μπορούν να συγκρατήσουν μεγάλες ποσότητες βροχής, προτείνεται η πυκνή φύτευση σε αποστάσεις γραμμών μικρότερες από 1 μέτρο. Γενικά οι αποστάσεις των γραμμών φύτευσης που προτείνεται όπως καλλιεργείται το σόργο είναι 0,91 μέτρα για πυκνές φυτεύσεις, 1,5 μέτρα για ενδιάμεσες φυτεύσεις και 2,3 μέτρα για αραιές φυτεύσεις. Η απόσταση των 2,3 μέτρων επιλέγεται μόνο σε περιπτώσεις όπου με μηχανικά μέσα γίνονται διάφορες εργασίες κατά την διάρκεια της καλλιέργειας όπως η ζιζανιοκτονία (Du Plessis, 2008).

Σημαντική όμως είναι και η απόσταση των φυτών μεταξύ των γραμμών φύτευσης. Σε πυκνές γραμμές φύτευσης τα φυτά δεν μπορούν να είναι πολύ πυκνά μεταξύ τους, και η ενδιάμεσή τους απόσταση ξεκινάει από 25 εκατοστά και φτάνει έως και το 1,5 μέτρο. Σε αραιές φυτεύσεις όμως με αποστάσεις σειρών 2,3 μέτρα τα φυτά μπορούν να έχουν μικρότερη απόσταση μεταξύ τους, έως και 10 εκατοστά. Η πυκνή ή αραιή απόσταση μεταξύ των φυτών της σειράς καθορίζεται με τα ίδια κριτήρια που καθορίζεται και η πυκνότητα των σειρών. (Du Plessis, 2008).

Ο αριθμός των σπόρων που θα φυτευτούν είναι σημαντικός για τον αριθμό των φυτών που θα βλαστήσουν και θα αποτελέσουν την καλλιέργεια. Μικρός αριθμός σπόρων σε συνδυασμό με μικρή βλαστικότητα που μπορεί να προέλθει από έλλειψη υγρασίας, από καταστροφή σπόρων από ασθένειες και από χαμηλή βλαστικότητα των ίδιων σπόρων μπορεί να οδηγήσει σε μια καλλιέργεια με μικρό αριθμό φυτών. Συνήθως προτείνεται η χρήση μιας ποσότητας τριών έως επτά κιλών σπόρων ανά καλλιεργήσιμο εκτάριο. Αναλόγως της ποικιλίας του σόργου το ένα κιλό μπορεί να περιέχει μεταξύ 30000 και 40000 σπόρους. Η ποσότητα των σπόρων που θα επιλεγθεί εξαρτάται από την περιοχή. Σε περιοχές με πλούσια, γόνιμα εδάφη, υψηλές βροχοπτώσεις και μεγάλη ηλιοφάνεια προτιμούνται πυκνές φυτεύσεις, περί τα επτά κιλά σπόρων ανά εκτάριο, γιατί υπάρχουν οι προϋποθέσεις για να αναπτυχθούν περισσότερα φυτά. (Du Plessis, 2008). Στην επόμενη εικόνα φαίνεται ο αριθμός των σπόρων που απαιτείται αναλόγως των αποστάσεων των γραμμών φύτευσης και των αποστάσεων των φυτών στις γραμμές φύτευσης για την καλλιέργεια ενός εκταρίου με σόργο.

| In-row spacing (mm) | Plants per hectare (kg seed/ha) | | |
|---------------------|---------------------------------|----------------|----------------|
| | 0,91 m rows | 1,5 m rows | 2,3 m rows |
| 10 | | | 434 700 (12,4) |
| 15 | | 444 444 (12,7) | 289 800 (8,3) |
| 20 | | 333 333 (9,5) | 217 350 (6,2) |
| 25 | 439 560 (12,6) | 266 666 (7,6) | 173 913 (5,0) |
| 50 | 219 780 (6,3) | 133 333 (3,8) | 86 956 (2,5) |
| 75 | 146 520 (4,2) | 88 888 (2,5) | 57 971 (1,7) |
| 100 | 109 890 (3,1) | 66 666 (1,9) | 43 478 (1,2) |
| 125 | 87 912 (2,5) | 53 333 (1,5) | 34 478 (1,0) |
| 150 | 73 260 (2,1) | 44 444 (1,3) | 28 985 (0,8) |

Εικόνα 15: Απαιτούμενος αριθμός σπόρων και βάρος για διάφορες πυκνότητες φύτευσης σόργου (Du Plessis, 2008)

2.4.2 Προετοιμασία εδάφους

Η προετοιμασία του εδάφους είναι πολύ σημαντική για την ορθή και γρήγορη ανάπτυξη των φυτών κάτι που θα οδηγήσει σε μεγαλύτερες αποδόσεις. Η προετοιμασία του εδάφους στοχεύει στην δημιουργία δύο ζωνών εντός της καλλιέργειας οι οποίες εναλλάσσονται διαδοχικά. Η μια ζώνη είναι η ζώνη στην οποία φυτεύεται ο σπόρος και πρέπει να έχει τις ιδανικές συνθήκες για την φύτευση του σπόρου και την έκπτυξη του φυταρίου. Η δεύτερη είναι η ζώνη που βρίσκεται ενδιάμεσα των ζωνών φύτευσης και πρέπει να μπορεί να δεχτεί και να απορροφήσει την μέγιστη ποσότητα νερού ενώ ταυτόχρονα να μην διαβρώνεται και να μην επιτρέπει την εύκολη ανάπτυξη των ζιζανίων (Du Plessis, 2008).

Η προετοιμασία του εδάφους επηρεάζει σημαντικές ιδιότητες του εδάφους. Καταρχήν επηρεάζει την δυνατότητα απορρόφησης υγρασίας αλλά και εξάτμισης. Είναι σαφές ότι επιθυμούμε μέγιστη απορρόφηση και ελάχιστη εξάτμιση. Ταυτόχρονα επηρεάζεται η θερμοκρασία του εδάφους κάτι που ελέγχει την έκπτυξη του βλαστού. Τέλος, προστατεύει το έδαφος από διαβρώσεις προερχόμενες είτε από το νερό είτε από τον αέρα. Αυτά όλα επιτυγχάνονται με την δημιουργία μεγάλων σκισιμάτων τα οποία ξεκινούν από την επιφάνεια προς τα κάτω. Το βάθος συνήθως αυτών των σκισιμάτων είναι περί τα 20 εκατοστά. Στην πάνω επιφάνεια επιθυμείτε μια χαλαρή μορφή του χώματος. Αυτή η προετοιμασία μπορεί να γίνει με

διάφορα μηχανήματα, αναλόγως του εδάφους το οποίο πρόκειται να καλλιεργηθεί (Du Plessis, 2008, Guiying et al, 2004).

2.4.3 Ζιζανιοκτονία

Το σόργο είναι ένα φυτό με πολύ έντονη ανάπτυξη έτσι παρουσιάζει μεγάλη ανταγωνιστικότητα με τα ζιζάνια και καταφέρνει να επιβιώσει. Αυτό γίνεται όμως από την 30^η μέρα και μετά όταν μπαίνει στο στάδιο της έντονης ανάπτυξης, στο στάδιο II. Όταν όμως είναι στο στάδιο I το νεαρό φυτό του σόργου είναι ευάλωτο στα ζιζάνια. Για αυτό σε αυτά τα στάδια τα ζιζάνια πρέπει να καταστρέφονται. Αυτό γίνεται είτε με μηχανικές μεθόδους, είτε με το χέρι είτε με την χρήση ζιζανιοκτόνων. Μηχανικά ή με το χέρι γίνεται σκάλισμα το οποίο καταστρέφει τα ζιζάνια. Χημικά η καταπολέμηση γίνεται με σκευάσματα που ψεκάζονται στον αγρό με την εμφάνιση των ζιζάνιων. Σε περίπτωση που τα ζιζάνια είναι ποικιλίες άγριο σόργου τότε η καταπολέμηση δεν μπορεί να γίνει με χημικά παρά μόνο με μηχανικά μέσα ή με το χέρι (Du Plessis, 2008).

2.4.4 Εχθροί και ασθένειες

Το σόργο έχει διάφορους εχθρούς και ασθένειες που επηρεάζουν την παραγωγή του. Η καταπολέμηση γίνεται με διάφορους τρόπους. Καταρχήν η καταπολέμηση μπορεί να γίνει με την επιλογή της ποικιλίας της καλλιέργειας που θα χρησιμοποιηθεί, το σκάλισμα του αγρού κατά τον χειμώνα ώστε να καταστραφούν οι εχθροί και την χρήση φυτών εθελοντών τα οποία καταστρέφουν συγκεκριμένους εχθρούς του σόργου. Επίσης καταπολέμηση μπορεί να γίνει με την χρήση άλλων εντόμων τα οποία είναι εχθροί των εχθρών του σόργου και καταστρέφουν τον πληθυσμό τους πριν δημιουργήσουν πρόβλημα στην καλλιέργεια. Συνήθως όμως η πιο κοινή τακτική είναι η χρήση κοινών φυτοφαρμάκων για τους σημαντικότερους εχθρούς του σόργου όπως η αφίδα που εμφανίζεται την εποχή γεμίσματος του καρπού (Du Plessis, 2008).

2.4.5 Λίπανση

Για την βελτίωση της απόδοσης της καλλιέργειας απαιτείται λίπανση ώστε να είναι διαθέσιμα στο φυτό όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξή του θρεπτικά στοιχεία. Της λίπανσης πρέπει να προηγηθεί ανάλυση εδάφους ώστε να διαπιστωθούν οι απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία του προς καλλιέργεια αγρού. Η λίπανση γίνεται είτε πριν την καλλιέργεια, είτε σε δύο στάδια, ένα πριν την καλλιέργεια και ένα περίπου 30 ημέρες μετά την έναρξη της βλάστησης,

στην περίοδο που αναμένεται να ξεκινήσει η ταχεία αύξηση της βιομάζας του φυτού (Du Plessis, 2008).

Σε περίπτωση που δεν γίνει ανάλυση εδάφους και λίπανση πριν την καλλιέργεια η έλλειψη των βασικών στοιχείων θα φανεί στην μορφή των φυτών. Η έλλειψη του αζώτου φαίνεται στο χρώμα των νεαρών φυτών τα οποία έχουν ανοικτό πράσινο ή ελαφρά κιτρινωπό χρώμα. Η έλλειψη φωσφόρου φαίνεται μετά από υγρές και κρύες περιόδους όταν τα νεαρά φυτά αποκτούν πράσινο σκούρο χρώμα και στα φύλλα τους υπάρχει ένα κοκκινωπό περίγραμμα και κοκκινωπά στίγματα. Η έλλειψη καλίου φαίνεται στα φύλλα των νεαρών φυτών. Τα περιγράμματα των φύλλων είτε κιτρινίζουν είτε νεκρώνουν, κάτι που ξεκινάει από τα χαμηλότερα φύλλα και επεκτείνεται στα πιο ψηλά. Σε περίπτωση λοιπόν που θεαθούν αυτά τα συμπτώματα πρέπει να γίνει και η κατάλληλη λίπανση (Du Plessis, 2008).

2.4.6 Άρδευση

Για την ανάπτυξη του σόργου απαιτείται η ύπαρξη υγρασίας στο έδαφος. Μπορεί το σόργο να έχει μεγάλη αντοχή στην ξηρασία όμως απαιτεί ύπαρξη υγρασίας για την σωστή του ανάπτυξη. Του είναι αδιάφορο αν η υγρασία αυτή θα προκύψει από βροχόπτωση ή από άρδευση. Ιδιαίτερα αυξημένες ανάγκες νερού έχει στο στάδιο II κατά το οποίο αναπτύσσεται ταχύτατα το φυτό και δημιουργούνται οι ταξιανθίες. Επίσης σημαντικές ποσότητες νερού απαιτεί κατά την άνθηση και την αναπαραγωγή μέχρι το γαλάκτωμα του σπόρου. Σε αυτή την περίοδο μάλιστα είναι κρίσιμη η ύπαρξη νερού στο φυτό αλλιώς μειώνεται η καρποδοτική ικανότητά του αφού προκύπτουν σπόροι μειωμένου βάρους. Οπότε άρδευση απαιτείται εάν το κλίμα της περιοχής της καλλιέργειας δεν έχει σημαντικές βροχοπτώσεις σε αυτές τις περιόδους του φυτού. Η άρδευση μπορεί να γίνει είτε με σταγόνες είτε με την χρήση κανονιών. Σε κάθε περίπτωση όμως θα πρέπει να προβλεφθεί πριν την σπορά εάν θα απαιτηθεί άρδευση έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες αποστάσεις στις γραμμές φύτευσης για να γίνει η άρδευση (Guiying et al, 2004).

2.4.7 Συγκομιδή

Η συγκομιδή του σόργου είναι ανάλογη της χρήσης του. Έτσι σε περίπτωση καρποδοτικού σόργου αυτό συγκομίζεται μετά την ωρίμανση του με συλλογή των ταξικαρπιών. Αυτό γίνεται στις σύγχρονες καλλιέργειες με μηχανική συγκομιδή. Σε περίπτωση που το σόργο όμως χρησιμοποιείται ως χορτοδοτική ζωοτροφή τότε η συγκομιδή γίνεται την εποχή που έχει

αναπτυχθεί πλήρως το φυτό και έχει τις μέγιστη θρεπτική αξία. Μόνο που αυτά τα δύο δεν συμβαδίζουν. Η μέγιστη θρεπτική αξία του φυτού είναι στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού πριν την πλήρη ανάπτυξη. Σε αυτά τα στάδια υπάρχει όμως οξύτητα στον βλαστό και λόγω της αυξημένης ποσότητας υγρασίας δεν μπορεί να διατηρηθεί αρκετά. Στο τέλος της ανάπτυξης του φυτού υπάρχει μεγαλύτερη βιομάζα αλλά τα θρεπτικά συστατικά είναι μειωμένα καθώς έχουν κινηθεί προς την ταξιανθία του φυτού ώστε να τροφοδοτήσουν τους σπόρους που δημιουργούνται. Γενικά καλύτερη εποχή για συλλογή φυτών για χορτοδοτική ζωοτροφή θεωρείται η εποχή γαλακτώματος των καρπών. Σε περίπτωση που η συγκομιδή του φυτού γίνεται για εκμετάλλευση των σακχάρων του (παραγωγή ζάχαρης, παραγωγή βιοαιθανόλης) τότε η καλύτερη εποχή είναι η εποχή που υπάρχουν τα περισσότερα σάκχαρα στο στέλεχος του φυτού. Αυτό γίνεται την εποχή ωρίμανσης του σπόρου. Μάλιστα αν αφαιρεθεί η ταξικαρπία και μείνει μερικές μέρες ακόμη το φυτό (5 έως 20) αυξάνεται περαιτέρω το περιεχόμενό του σε σάκχαρα και τότε είναι η ιδανική στιγμή για την συγκομιδή (Guiying et al, 2004).

2.5 Ο ρόλος του αζώτου

Τα φυτά του σόργου λαμβάνουν από το έδαφος πολλά θρεπτικά στοιχεία για να αυξήσουν την βιομάζα τους. Ένα από αυτά τα στοιχεία είναι το άζωτο το οποίο λαμβάνουν σε μεγάλες ποσότητες με αποτέλεσμα να εξαντλούν το έδαφος. Το πρόβλημα είναι ακόμη πιο έντονο σε ποικιλίες με έντονη παραγωγή βιομάζας όπως το γλυκό σόργο και το χορτοδοτικό σόργο. Για αυτό και λίπανση με άζωτο οδηγεί σε βελτίωση της παραγωγής βιομάζας από το σόργο κάτι ιδιαίτερος θεμιτό για το χορτοδοτικό σόργο.

Σε μελέτη που έγινε στο Ιράν σε δύο καλλιέργειες χορτοδοτικού σόργου έγινε λίπανση με τρεις διαφορετικές ποσότητες αζώτου, με 69 kg ανά εκτάριο, με 138kg ανά εκτάριο και με 205kg ανά εκτάριο. Το αποτέλεσμα είναι τα φυτά να έχουν μεγαλύτερο ύψος κατά 2,5% ανά κατηγορία λίπανσης. Αυτό οδήγησε σε αύξηση του νωπού βάρους κατά περίπου 4% ανά κατηγορία λίπανσης και του ξηρού βάρους κατά περίπου 10% ανά κατηγορία λίπανσης. Εν τέλει, αυτό που πρακτικά ενδιαφέρει, η αύξηση της βιομάζας, το κέρδος αυξήθηκε κατά περίπου 4% ανά κατηγορία κάτι που σημαίνει περίπου 2000 τόνοι βιομάζας περισσότεροι ανά εκτάριο (Morghini & Emam, 2015).

Σημαντική όμως είναι και η εποχή στην οποία θα γίνει η λίπανση. Το φυτό του σόργου δεν έχει τις ίδιες ανάγκες αζώτου σε όλες τις εποχές. Υπάρχουν εποχές με μεγαλύτερες ανάγκες

και εποχές με μικρότερες ανάγκες. Αυξημένη απαίτηση αζώτου υπάρχει κατά την ανάπτυξη, μόλις περνάει το φυτό στο δεύτερο στάδιο ανάπτυξης όπου ξεκινάει η ταχεία αύξηση της βιομάζας του. Οπότε πρέπει να γίνει λίπανση με άζωτο λίγο πριν από αυτό το στάδιο ώστε να εμπλουτιστεί το έδαφος και να μπορέσει το φυτό να το προσλάβει όταν το χρειάζεται. Συνήθως η σωστή στιγμή είναι όταν το φυτό βρίσκεται μεταξύ του 6^{ου} και του 8^{ου} φύλλου (Ferard & Verdier, 2016).

Πολλές φορές όμως απαιτείται λίπανση και πριν την φύτευση. Αυτό γίνεται κατόπιν ανάλυσης του χώματος και εάν διαπιστωθεί έλλειψη αζώτου στον αγρό. Αν δεν διαπιστωθεί τέτοια έλλειψη τότε δεν χρειάζεται λίπανση πριν την φύτευση. Το σόργο είναι ένα φυτό που εξαντλεί το έδαφος σε άζωτο. Οπότε μετά από καλλιέργεια σόργου, δεύτερη συνεχόμενη καλλιέργεια απαιτεί αζωτούχο λίπανση πριν την σπορά. Εναλλακτικά, θα μπορούσε το σόργο να προσαρμοστεί σε ένα σύστημα αμειψισποράς με ένα ψυχανθές το οποίο μέσω της αζωτοδέσμωσης αυξάνει το άζωτο στο έδαφος. Ειδικά στις εύκρατες περιοχές του πλανήτη όπου το σόργο είναι μια θερινή καλλιέργεια θα μπορούσε να συνδυαστεί με ένα χειμερινό ψυχανθές σε ένα σύστημα αμειψισποράς ώστε να μην απαιτεί λίπανση αζωτούχο πριν την καλλιέργεια.

Σύμφωνα με μελέτες η ποσότητα του αζώτου που θα χρησιμοποιηθεί για λίπανση αυξάνει την παραγωγικότητα μέχρι ενός σημείου. Έτσι έχει διαπιστωθεί πως η απαιτούμενη ποσότητα αζώτου είναι μεταξύ 60 και 120kg ανά εκτάριο. Μεγαλύτερες ποσότητες δεν οδηγούν σε μεγάλη αύξηση της παραγωγής. Αυτό δεν ισχύει σε περίπτωση που η καλλιέργεια γίνεται σε φτωχά, αμμώδη εδάφη. Σε αυτές τις περιπτώσεις η λίπανση μπορεί να φτάσει και τα 150kg ανά εκτάριο (Olugbemi, 2017).

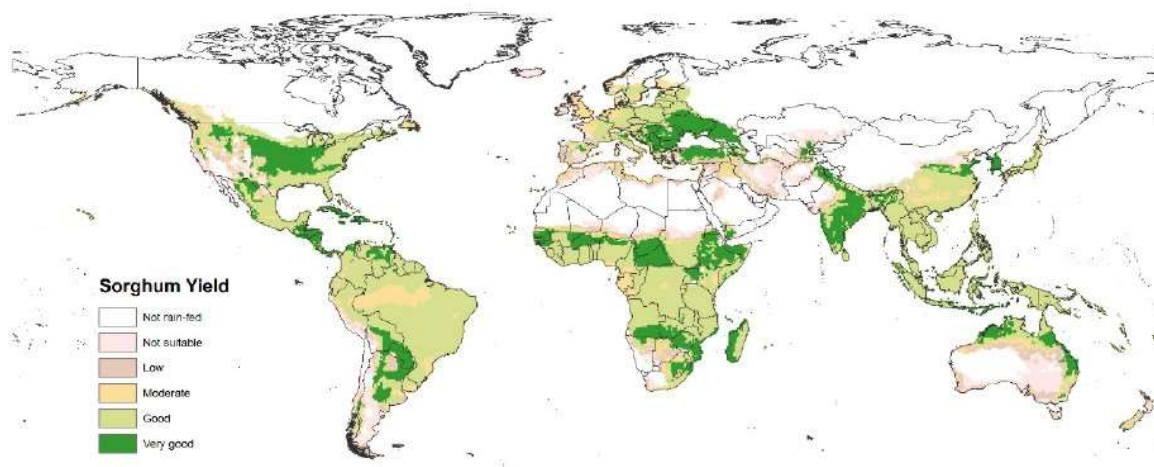
Το αποτέλεσμα της αζωτούχου λίπανσης είναι η αύξηση της βιομάζας του καλλιεργούμενου σόργου άρα και η αύξηση της παραγωγής στις χορτοδοτικές ποικιλίες. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην αύξηση του ύψους του φυτού και στην αύξηση του μεγέθους των φύλλων του. Η αύξηση του μεγέθους των φύλλων του φυτού οδηγεί σε περισσότερη φωτοσύνθεση με αποτέλεσμα την αύξηση της βιομάζας του φυτού άρα και της απόδοσης της χορτοδοτικής καλλιέργειας. Ταυτόχρονα αυξάνει και ο βιολογικός κύκλος του φυτού με αποτέλεσμα αυτά να παραμένουν περισσότερο διάστημα πράσινα (Δαναλάτος & Αρχοντούλης, 2008).

2.6 Παραγωγή σόργου

Το σόργο, σύμφωνα με διάφορους επιστήμονες (Deu & Hamon, 1994) είναι το πέμπτο σε σπουδαιότητα φυτό που καλλιεργείται στον πλανήτη. Την θέση αυτή την καταλαμβάνει τόσο από τον αριθμό των σπόρων που παράγονται ετησίως όσο και από τις εκτάσεις που καλλιεργούνται. Είναι πίσω μόνο από το σιτάρι, το ρύζι, το καλαμπόκι και την πατάτα. Βέβαια η αλήθεια είναι πως βρίσκεται αρκετά πίσω από τα τρία σημαντικότερα σιτηρά που προαναφέρθηκαν. Στην ενότητα παρουσιάζονται οι περιοχές καλλιέργειας του σόργου και οι ετήσιες παραγωγές τόσο στον κόσμο όσο και στην Ελλάδα αν και τα στατιστικά στοιχεία για την χώρα μας είναι περιορισμένα.

2.6.1 Περιοχές καλλιέργειας

Το σόργο πλέον καλλιεργείται παντού στον πλανήτη στο εύρος μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 30° στο νότιο ημισφαίριο έως 50° στο βόρειο ημισφαίριο και σε υψόμετρα από το επίπεδο της θάλασσας έως και 2200 μέτρα πάνω από την θάλασσα (Hermuth et al, 2016). Καλλιεργείται πλέον σε όλο τον πλανήτη σε αυτές τις ζώνες. Οι κύριες παραγωγικές περιοχές είναι οι περιοχές καταγωγής του δηλαδή η τροπική Αφρική και Ασία. Πέραν αυτών όμως εξαπλώθηκε σε μεγάλο βαθμό στην τροπική Νότιο Αμερική και στις εύκρατες Ευρώπη, Αμερική και Αυστραλία. Ο χάρτης παρακάτω δείχνει τις περιοχές καλλιέργειας του σόργου το 2010 (Mundia et al, 2019). Ο χρωματισμός στον χάρτη δείχνει τις βροχοπτώσεις ανά περιοχή και συσχετίζει τις περιοχές παραγωγής με τις βροχοπτώσεις. Με πράσινο χρώμα είναι οι ιδανικές βροχοπτώσεις και με λευκό οι μη ιδανικές.



Εικόνα 16: Περιοχές καλλιέργειας σόργου σε συνδυασμό με τις βροχοπτώσεις (Mundia et al, 2019)

Στην Ελλάδα ιστορικά το σόργο καλλιεργείται στην Θράκη από την αρχή του 20^{ου} αιώνα ως σόργο σαρωθροποιίας για την παραγωγή σκούπας. Η Θράκη λοιπόν είναι μια από τις κύριες περιοχές που ευδοκίμει το σόργο και πλέον καλλιεργείται τόσο το γλυκό όσο και το ινώδες σόργο για παραγωγή βιοκαυσίμου. Το σόργο πλέον, με την ανάγκη παραγωγής βιοκαυσίμου καλλιεργείται και σε άλλες παραδοσιακές καλλιεργητικές περιοχές της χώρας όπως οι κάμποι των Σερρών και της Καβάλας, ο Θεσσαλικός κάμπος και σε μέρη της Πελοποννήσου. Συνήθως καλλιεργείται το γλυκό σόργο για την παραγωγή βιοαιθανόλης και το χορτοδοτικό σόργο για την παραγωγή ζωοτροφής.

2.6.2 Αποδόσεις

Στην Αφρική όπου ιστορικά εμφανίστηκε και είναι ευνοϊκές οι συνθήκες καλλιέργειάς του σε μεγάλη της έκταση το σόργο έχει την δεύτερη θέση ως καλλιέργεια μόνο πίσω από το καλαμπόκι το οποίο καλλιεργείται σχεδόν στην διπλάσια έκταση. Παρόλα αυτά εξαιτίας της μη βελτιστοποίησης της απόδοσης η παραγωγή ανά εκτάριο στην Αφρική είναι 0,7 τόνοι. Αντιθέτως, η μέση παραγωγή στον πλανήτη είναι 1,3 τόνοι ανά εκτάριο. Και στην Αμερική, παρόλο που καλλιεργείται λίγο παραπάνω από 150 έτη, εξαιτίας της εξέλιξης, της μελέτης και της βελτιστοποίησης της παραγωγής, η παραγωγή φτάνει τους 3,5 τόνους ανά εκτάριο (Deu & Hamon, 1994).

Στον πίνακα της επόμενης εικόνας καταγράφονται οι 12 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή σόργου (παραγωγή καρπών) το έτος 2014 (OECD, 2017). Στην δεύτερη εικόνα φαίνονται οι παραγωγές ανά ήπειρο. Παρατηρείται ότι όντως η Αφρική είναι η κυρίαρχη περιοχή στην οποία καλλιεργείται το σόργο, με σχεδόν τριπλάσια παραγωγή από τις περιοχές που ακολουθούν. Τέλος στην τρίτη εικόνα φαίνεται η απόδοση ανά εκτάριο. Φαίνεται ότι το 2014 η μέση παραγωγή ήταν στους 1,53 τόνους ανά εκτάριο, αυξημένη από την παραγωγή που αναφέρουν οι Deu και Hamon (1994) εξαιτίας της τεχνολογικής εξέλιξης και της βελτιστοποίησης της παραγωγής. Παρόλα αυτά το συμπέρασμα είναι το ίδιο, η Αφρική έχει την χαμηλότερη απόδοση ανά στρέμμα ενώ στις εξελιγμένες χώρες με τις σύγχρονες καλλιεργητικές τεχνικές (Βόρεια Αμερική, Ευρώπη, Αυστραλία, Κεντρική Αμερική) εμφανίζονται οι μεγαλύτερες αποδόσεις ανά εκτάριο (OECD, 2017).

| Country | Total production (10 ⁶ t) |
|------------------------------|--------------------------------------|
| United States | 11.0 |
| Mexico | 8.4 |
| Nigeria | 6.7 |
| Sudan | 6.3 |
| India | 5.4 |
| Ethiopia | 4.3 |
| Argentina | 3.5 |
| China (People's Republic of) | 2.9 |
| Brazil | 2.3 |
| Burkina Faso | 1.7 |
| Niger | 1.4 |
| Australia | 1.3 |

Εικόνα 17: Παραγωγή καρπών σόργου το 2014 (OECD, 2017)

| Region | Total production (10 ⁶ t) |
|-----------------|--------------------------------------|
| Africa | 29.2 |
| North America | 11.0 |
| Asia | 9.7 |
| Central America | 8.8 |
| South America | 7.5 |
| Europe | 1.4 |
| Oceania | 1.3 |

Εικόνα 18: Παραγωγή καρπών σόργου το 2014 ανά ήπειρο (OECD, 2017)

| Region | Average yield (kg/ha ⁻¹) |
|-----------------|--------------------------------------|
| Europe | 3 525 |
| North America | 4 242 |
| Central America | 3 954 |
| South America | 3 308 |
| Oceania | 2 413 |
| Asia | 1 298 |
| Africa | 994 |
| World average | 1 533 |

Εικόνα 19: Μέση παραγωγή ανά εκτάριο ανά ήπειρο το 2014 (OECD, 2017)

Σύμφωνα με το τμήμα αγροτικής στατιστικής του υπουργείου ανάπτυξης στην Ελλάδα η μέση παραγωγή σόργου είναι από 1500 έως 2500 κιλά ανά εκτάριο. Παρατηρούμε ότι αυτή τη τιμή είναι πολύ χαμηλότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες της Ευρώπης και αυτό έχει να κάνει με την καλλιεργητική τακτική που ακολουθείται. Ταυτόχρονα παράγεται σανός βάλτου 13 έως 20 τόνων ανά εκτάριο. Πέραν του καρπού όμως το σόργο καλλιεργείται στην Ελλάδα και για παραγωγή χορτοδοτικής ζωοτροφής με απόδοσης από 55 έως 110 τόνους νεπού βάρους ανά εκτάριο (με έως 4 κοπές ανά φύτευση) (Ταβουλάρης, 2012). Μάλιστα σύμφωνα με μελέτες η καλλιέργεια του γλυκού σόργου για την παραγωγή βιοκαυσίμων μπορεί να δώσει 150 ευρώ ανά στρέμμα και μπορεί να αντικαταστήσει τόσο το σιτάρι όσο και το κριθάρι με κέρδος στον παραγωγό (Κιττας et al, 2007).

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Στοιχεία πειράματος

Το πείραμα έλαβε χώρα στην περιοχή του Βελεστίνου στο αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κατά την χρονική περίοδο 2017. Στην πειραματική έκταση του αγροκτήματος πραγματοποιήθηκε έλεγχος της επίδρασης της λίπανσης με διαφορετικά επίπεδα αζώτου στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου (*Sorghum bicolor*).

Γενικότερα, όσον αναφορά στην περιοχή εγκατάστασης της καλλιέργειας, το αγρόκτημα έχει γεωγραφικό πλάτος 39°23', γεωγραφικό μήκος 22°45' και βρίσκεται σε υψόμετρο 50m από την επιφάνεια της θάλασσας. Επιπλέον, στην περιοχή του αγροκτήματος επικρατεί ένα τυπικό Μεσογειακό κλίμα με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ψυχρούς και υγρούς χειμώνες.

3.2 Έδαφος πειραματικού αγρού

Το έδαφος, όπου το πείραμα πραγματοποιήθηκε είναι καλά στραγγιζόμενο, ασβεστούχο, ιλσοαργιλοπηλώδους υφής και ανήκει στην υποομάδα των Typic Xerochrepts (U.S.D.A. 1990). Στην περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας xeric και εδαφικής θερμοκρασίας thermic. Τα εδάφη αυτά έχουν υφή αμμοαργιλοπηλώδη έως αργιλώδη και κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη έως λεπτόκοκκη. Κατάσταση υδρομορφίας είναι καλή και εκφράζεται με β' βαθμό αποστράγγισης, ο οποίος βελτιώνεται με το βάθος του εδάφους, εξαιτίας της πορώδους σύστασής του. Τα ανθρακικά άλατα υπάρχουν στην εδαφοτομή σε χαμηλά επίπεδα και εμφανίζουν τάση μετακίνησης και έκπλυσης προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Το pH του εδάφους είναι αλκαλικό (7,9-8,2) χωρίς όμως να προκαλεί προβλήματα στην καλλιέργεια. Το πορώδες είναι καλά ανεπτυγμένο και η οργανική ουσία είναι επαρκής μέχρι το βάθος των 60cm.

3.3 Καλλιεργητικές εργασίες

Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθούν οι προσπαρτικές φροντίδες που εφαρμόστηκαν στο έδαφος ώστε να επικρατούν οι ιδανικότερες για το φύτευμα του σπόρου και την μετέπειτα ανάπτυξή του. Για την καλλιέργεια του σόργου εφαρμόστηκε παρόμοια καλλιεργητική τεχνική με αυτή του αραβοσίτου. Ειδικότερα, για την προετοιμασία του εδάφους έγιναν όλες οι ενδεδειγμένες καλλιεργητικές φροντίδες όπως φθινοπωρινό όργωμα, καλλιεργητής μεσαιού τύπου τον Ιανουάριο, δισκοσβάρνισμα και καλλιεργητής ελαφρού τύπου προετοιμασίας. Με την χρήση αυτών των

καλλιεργητικών τεχνικών επιτεύχθηκαν καλύτερες συνθήκες υγρασίας, αερισμού και επαφή του σπόρου με το χώμα .

3.4 Εγκατάσταση καλλιέργειας

Είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας του σόργου στο πειραματικό τεμάχιο του αγροκτήματος είχε προηγηθεί η καλλιέργεια του ψυχανθούς *Pisum sativum*, κτηνοτροφικό μπιζέλι του οποίου η απόδοση σε βιομάζα ήταν 700 kg/στρ.

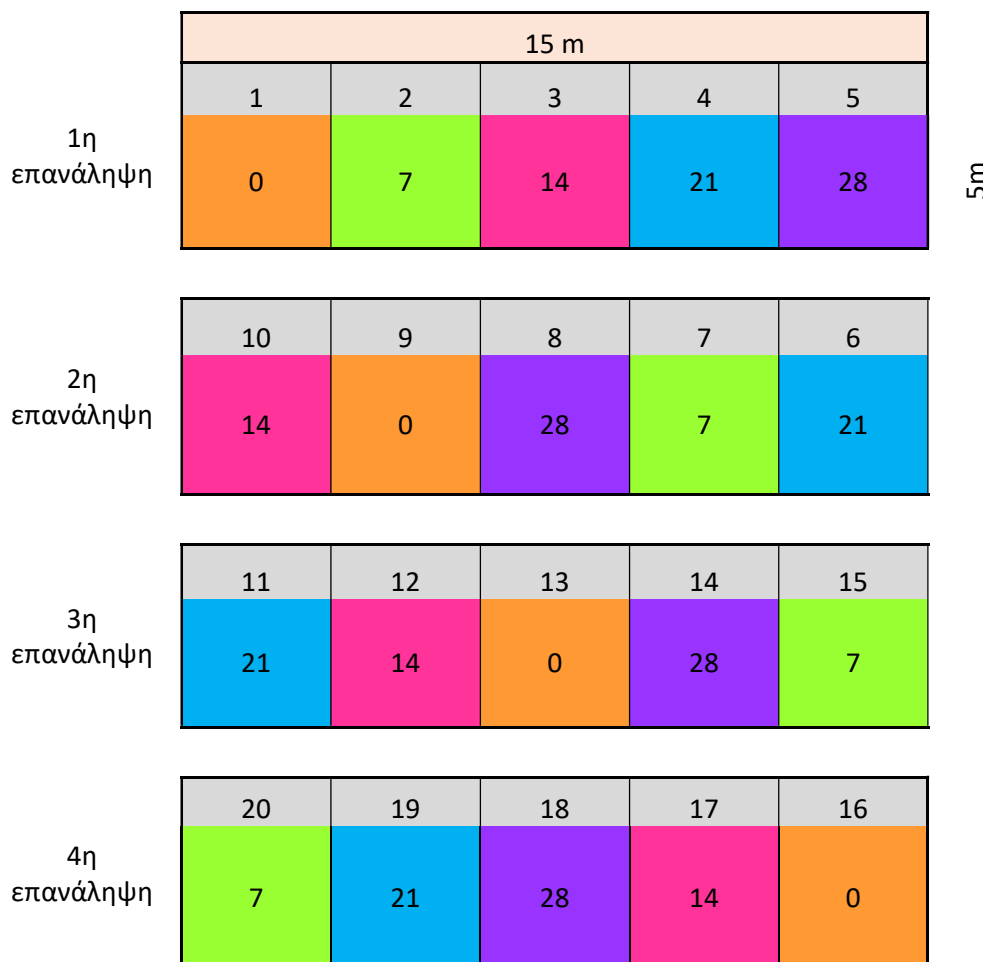
Για την εγκατάσταση της καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκε ένα τυχαιοποιημένο σχέδιο μονοπαραγοντικό με πέντε επίπεδα σε τέσσερις επαναλήψεις (συνολικά 20 πειραματικά τεμάχια). Η έκταση στην οποία εξελίχθηκε το πείραμα ήταν περίπου 1 στρέμμα. Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 20/6/2017, έγινε με πνευματική σπαρτική μηχανή, η οποία είχε τέσσερις σπαρτικές κεφαλές. Πιο αναλυτικά, η επιφάνεια του κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν 15 m² (κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε 5 m μήκος και 3 m πλάτος). Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών σποράς ήταν 0,75 m και πάνω στη γραμμή σποράς ήταν 0,08 m. Η ποσότητα του σπόρου που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1 kg/ στρ και η καλλιεργούμενη ποικιλία ήταν *Sorghum bicolor*.

Κάθε επανάληψη περιλάμβανε σε τυχαία σειρά πειραματικά τεμάχια που περιείχαν τους εξής συνδυασμούς λιπαντικών μονάδων :

1. Μάρτυρας με μηδενική λίπανση
2. Βασική λίπανση με 7 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και μηδενική επιφανειακή λίπανση
3. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και μηδενική επιφανειακή λίπανση
4. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και επιφανειακή λίπανση με το 46-0-0 με 7 μονάδες αζώτου
5. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και επιφανειακή λίπανση με το 46-0-0 με 14 μονάδες αζώτου
6. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και μηδενική επιφανειακή λίπανση
7. Μάρτυρας με μηδενική λίπανση
8. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και επιφανειακή λίπανση με το 46-0-0 με 14 μονάδες αζώτου
9. Βασική λίπανση με 7 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και μηδενική επιφανειακή λίπανση
10. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και επιφανειακή λίπανση με το 46-0-0 με 7 μονάδες αζώτου
11. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και επιφανειακή λίπανση με το 46-0-0 με 7 μονάδες αζώτου
12. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και μηδενική επιφανειακή λίπανση
13. Μάρτυρας με μηδενική λίπανση

14. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και επιφανειακή λίπανση με το 46-0-0 με 14 μονάδες αζώτου
15. Βασική λίπανση με 7 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και μηδενική επιφανειακή λίπανση
16. Βασική λίπανση με 7 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και μηδενική επιφανειακή λίπανση
17. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και επιφανειακή λίπανση με το 46-0-0 με 7 μονάδες αζώτου
18. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και επιφανειακή λίπανση με το 46-0-0 με 14 μονάδες αζώτου
19. Βασική λίπανση με 14 μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0 και μηδενική επιφανειακή λίπανση
20. Μάρτυρας με μηδενική λίπανση

Πειραματικό σχέδιο



Εικόνα 2.1. Πειραματικός αγρός στο Βελεστίνο

1, 2, 3, 4 : επαναλήψεις

0, 7, 14, 21, 28 : επίπεδα N



Εικόνα 20: Εγκατάσταση καλλιέργειας στο αγρόκτημα του Βελεστίνου

3.5 Λίπανση

Όπως προαναφέρθηκε, σκοπός του πειράματος είναι η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην καλλιέργεια του σόργου. Στο συγκεκριμένο πείραμα εφαρμόστηκαν τέσσερις διαφορετικά επίπεδα αζώτου (N) τα οποία ήταν: 7, 14, 21, 28. Η πρώτη εφαρμογή λιπάσματος (βασική λίπανση) έγινε στις 25/7/2017 κατά την οποία προστέθηκαν 7 μονάδες αζώτου σε όλα τα πειραματικά τεμάχια εκτός του μάρτυρα και έπειτα προστέθηκαν ακόμη 7 μονάδες αζώτου στα πειραματικά τεμάχια όπου θα εφαρμοστούν λιπαντικές μονάδες ίσες ή μεγαλύτερες από 14. Το λίπασμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε ήταν η ουρία 46-0-0. Η εφαρμογή της έγινε με το χέρι. Οι υπόλοιπες λιπαντικές μονάδες συμπληρώθηκαν στις 23/8/2017 (επιφανειακή λίπανση) όπου προστέθηκαν οι υπόλοιπες μονάδες αζώτου με το λίπασμα 46-0-0.

3.6 Έλεγχος ζιζανίων

Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε έγινε μεταφυτρωτική εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, καθώς επίσης και καταπολέμηση των ζιζανίων χειρωνακτικά στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών.

Η άρδευση έγινε με τη βοήθεια σταλακτηφόρων σωλήνων οι οποίοι τοποθετήθηκαν στις δυο μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου.

3.7 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών

Το γεγονός πως δεν παραιτήθηκε κάποιος σημαντικός αριθμός εχθρών και ασθενειών στον αγρό, οδήγησε στο να μην πραγματοποιηθεί επέμβαση ούτε με χημικό ούτε με μηχανικό τρόπο για την αντιμετώπισή τους.

3.8 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Οι μέσες κλιματικές τιμές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης είναι για την περιοχή της Ν. Αγχιάλου διότι δεν υπάρχουν στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή του Βελεστίνου.

3.9 Μετρήσεις – προσδιορισμού χλωροφύλλης, αύξησης και ανάπτυξης

Κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του σόργου, πραγματοποιήθηκαν δυο μετρήσεις χλωροφύλλης σε όλα τα πειραματικά τεμάχια . Από κάθε τεμάχιο λαμβάνονταν δέκα τιμές, οι μετρήσεις αυτές έγιναν με τη βοήθεια φορητού μετρητή χλωροφύλλης.



Εικόνα 21 : Φορητός μετρητής χλωροφύλλης

3.10 Συγκομιδή και μετέπειτα διεργασίες

Η μελέτη της αύξησης και ανάπτυξης των φυτών πραγματοποιήθηκε με μια δειγματοληψία-κοπή κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Για να προσδιοριστεί όμως, ο κατάλληλος χρόνος κοπής του σόργου έγιναν μικρές δειγματοληψίες φυτών από τον αγρό. Κάθε δειγματοληψία περιέλαβαν την κοπή ενός φυτού, τον τεμαχισμό του, την τοποθέτηση του σε σακούλα, την μέτρησης του βάρους του και τέλος την εισαγωγή τους στο ξηραντήριο του αγροκτήματος. Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 50 ο C. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας. Μια εβδομάδα μετρά από κάθε δειγματοληψία γινόταν έλεγχος της απώλειας υγρασίας του δείγματος ώστε να δούμε ποτέ περίπου θα σταθεροποιηθεί για να μπορέσουμε να κάνουμε την τελική κοπή. Οι μετρήσεις που έγιναν ήταν στις 3/10/2017, στις 17/10/2017, στις 20/11/2017 και στις 25/10/2017 οπότε και τελικά σταθεροποιήθηκε το βάρος του. Η τελική κοπή του σόργου έγινε στις 3/11/2017. Πιο συγκεκριμένα από κάθε πειραματικό κομμάτι κόβονταν δυο φυτά, τεμαχίζονταν, γίνονταν διαλογή, δηλαδή διαχωρισμός των φύλλων, των βλαστών και των ανθοταξιών, αποθηκεύονταν σε σακούλα και τοποθετούνταν στο ξηραντήριο.

Στη συνέχεια πάρθηκε υπόδειγμα 1 φυτού από κάθε σακούλα και μεταφέρθηκε στο ξηραντήριο του πανεπιστήμιου. Εκεί τα δείγματα (φύλλα, βλαστοί) θρυμματίστηκαν σε τεφρά για να μπορέσει να γίνει η ανάλυση των πρωτεϊνών με τη βοήθεια του φασματοφωτόμετρου (NIR)

Η ανάλυση με το φασματοφωτόμετρο έγινε σε φύλλα και βλαστούς για τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου (N) % ώστε να υπολογιστεί το ποσοστό της περιεχόμενης πρωτεΐνης, αλλά και να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα χρήσης των λιπασμάτων. Οι παράγοντες που λήφθηκαν υπόψη στην ανάλυση του φασματοφωτόμετρου ήταν οι εξής: πρωτεΐνη φύλλων ή βλαστών αντίστοιχα (leaf protein or steam), η τεφρά στα φύλλα ή στο βλαστού (ASH), ο παράγοντας ουδέτερης αντιδράσεως ίνας (NDF), ο όξινης αντιδράσεως ίνας (ADF), ο ακατέργαστης ίνας (Crude fiber), λίπη (Fat), ασβέστιο (Calcium) και φωσφόρο (Phosphorus) .

Όσο αναφορά τους παράγοντες ουδέτερης αντιδράσεως ίνας (NDF), όξινης αντιδράσεως ίνας (ADF) και ακατέργαστης ίνας (Crude fiber) υποδηλώνουν ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυτού τα οποία σχετίζονται με την ηλικία και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Επιπλέον, η τιμή NDF και ADF εκτιμά την περιεκτικότητα των ζωοτροφών σε ημικυτταρίνες, λιγνίνη, κουτίνη και αδιάλυτα ανόργανα συστατικά. Η μονή διαφορά αυτών των δυο είναι ότι το NDF χρησιμοποιεί διάλυμα ουδέτερης αντιδράσεως ενώ το ADF χρησιμοποιεί διάλυμα όξινης αντιδράσεως

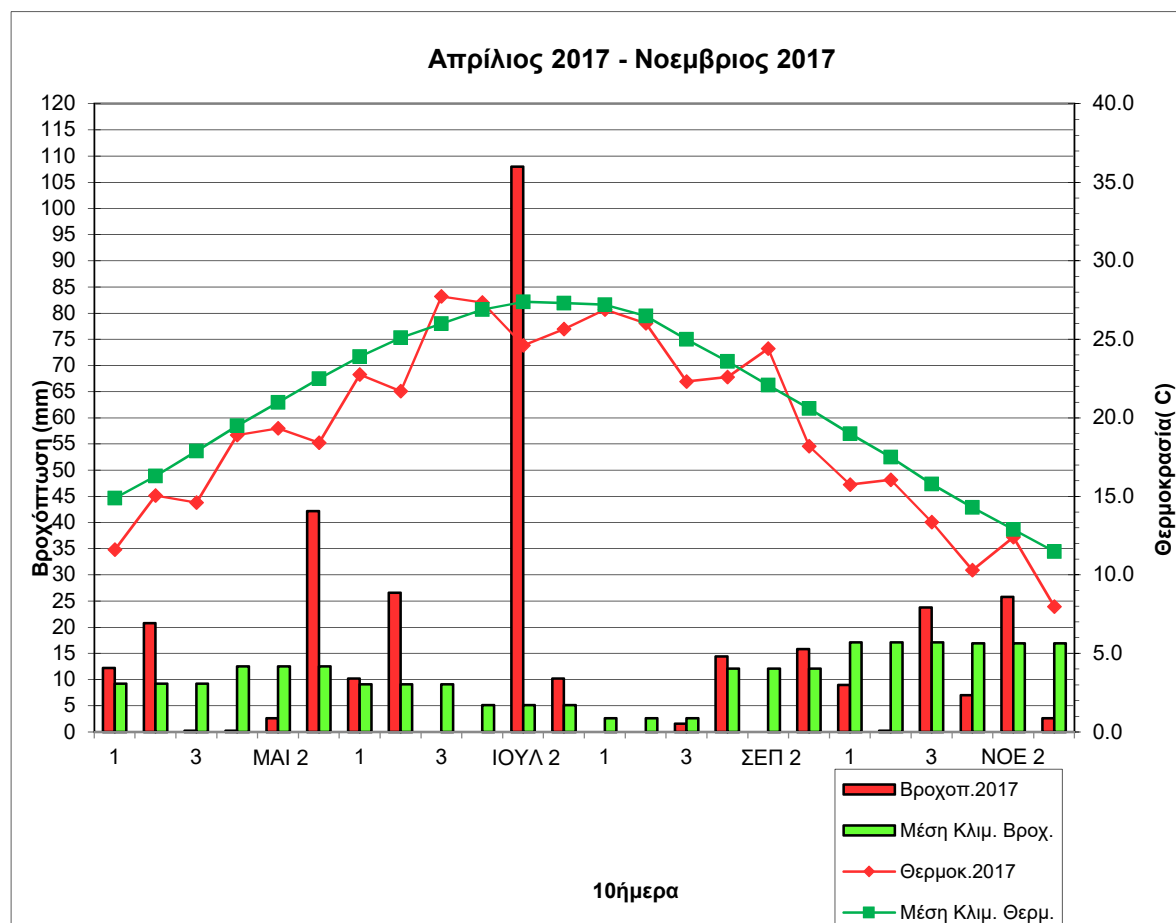


Εικόνα 22: Φασματοφωτόμετρο

4. Αποτελέσματα

4.1 Καιρικές συνθήκες

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι καιρικές συνθήκες που επικράτησαν καθ' όλο το διάστημα της εξέλιξης του πειράματος.



Διάγραμμα 1: Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά δεκάημερο, το 2017 στο Βελεστίνο

Η σπορά της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε το δεύτερο 10ήμερο του Ιουνίου. Όπως είναι εμφανές και από το Διάγραμμα 1, την περίοδο εκείνη στην περιοχή του Βελεστίνου επικράτησαν χαμηλές για την εποχή θερμοκρασίες. Η συνέπεια των χαμηλών θερμοκρασιών ήταν η ελαφρώς οψίμιση στην έναρξη του φυτρώματος γεγονός όμως, που δεν επηρέασε αρνητικά τη φυτρωτικότητα.

Στο στάδιο της αύξησης και ανάπτυξης της καλλιέργειας οι απαιτήσεις σε νερό είναι αυξημένες. Αυτή η περίοδος για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια εκτιμάτε περί τα μέσα Ιουλίου όπου το φυτό χρειάζεται αυξημένη υγρασία για να αύξηση την απόδοση του. Με αποτέλεσμα οι καιρικές συνθήκες που επικράτησαν ήταν ευνοϊκές για τις ανάγκες

του σόργου, καθώς το ύψος βροχής το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουλίου κυμάνθηκε στα 108 mm

Τέλος, θα μπορούσε να σημειωθεί ότι η καλλιεργητική περίοδος το 2017 ήταν μια ευνοϊκή περίοδος για την καλλιέργεια του σόργου. Σε γενικές γραμμές οι θερμοκρασίες που επικρατούσαν στην περιοχή από την εγκατάσταση της καλλιέργειας έως τη συγκομιδή ήταν ευνοϊκές για την καλλιέργεια καθώς το φυτό έχει αρίστη θερμοκρασία ανάπτυξης του 27 -32 °C και όπως φαίνεται στο διάγραμμα οι θερμοκρασίες κυμαινόντουσαν σε αυτά τα πλαίσια. Επιπλέον, ο σόργος είναι ένα φυτό χωρίς ιδιαίτερες ανάγκες σε υγρασία πάρα μόνο κατά τα μέσα Ιουλίου και όπως φαίνεται από τον πίνακα εκείνη την περίοδο στην περιοχή του Βελεστίνου επικρατούσαν αρκετές βροχές.

4.2 Αύξηση, Ανάπτυξη και Απόδοση

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την αύξηση, ανάπτυξη και απόδοση του σόργου. Εδώ θα παρουσιαστούν οι πίνακες των μετρήσεων από την κοπή της καλλιέργειας και από τις μετρήσεις που έγιναν στο εργαστήριο και θα συζητηθούν τα αποτελέσματα.

4.2.1 Μετρήσεις βιομάζας

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης της κοπής του σόργου στις 3/11/2017.

Πίνακας 1: Χλωρό βάρος, ξηρό βάρος, ξηρό βάρος βλαστών, ξηρό βάρος φύλλων, ξηρό βάρος σπορών υπο διαφορετικά επίπεδα αζωτούχο λίπανσης στο Βελεστίνο

| Παραγωγή Βιομάζας Δειγματοληψία 3/11/2017 | | | | | | |
|---|----|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Μεταχείριση | | Χλωρό βάρος (kg/στρ) | Ξηρό βάρος (kg/στρ) | Ξηρό βάρος βλαστών (kg/στρ) | Ξηρό βάρος φύλλων (kg/στρ) | Ξηρό βάρος σπόρων (kg/στρ) |
| Αζωτούχος Λίπανση kg/στρέμμα | 0 | 6444 | 1771 | 2224 | 360 | 93,1 |
| | 7 | 9520 | 2966 | 3531 | 424 | 141,4 |
| | 14 | 8941 | 2542 | 3155 | 431 | 182,2 |
| | 21 | 9532 | 2877 | 3477 | 446 | 153,4 |
| | 28 | 8589 | 2354 | 2910 | 422 | 134,1 |
| ΕΣΛ.05 | | 2167,5 | 907,2 | ns | ns | 49,15 |
| CV (%) | | 16,3 | 23,5 | 22,3 | 21,1 | 22,7 |

Το πρώτο χαρακτηριστικό που αναλύθηκε στην καλλιέργεια του σόργου ήταν η απόδοση σε ολικό χλωρό βάρος. Έτσι στον παρακάτω πίνακα (Πίνακα 1), αναλύονται τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης των διαφορετικών επίπεδων αζωτούχο λίπανσης τα οποία παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Αρχικά, αυτό που παρατηρούμε είναι την μεγάλη διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στο πειραματικό τεμάχιο στο οποίο δεν εφαρμόστηκε καθόλου λίπανση και σε αυτά που έγινε αζωτούχος λίπανση, αποτέλεσμα που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή λιπασμάτων αυξάνει την απόδοση της καλλιέργειας. Επιπρόσθετα παρατηρούμε ότι στο πειραματικό τεμάχιο όπου εφαρμόστηκαν 7 μονάδες αζώτου το χλωρό βάρος (9520 kg/ στρ) ήταν περίπου ίσο με το πειραματικό τεμάχιο όπου εφαρμόστηκαν 21 μονάδες αζώτου (9532 kg/στρ), αλλά και τα δυο, χλωρά βάρη, ήταν μεγαλύτερα από αυτό του πειραματικού τεμαχίου όπου εφαρμόστηκαν 28 μονάδες αζώτου. Αυτό το αποτέλεσμα πιθανώς οφείλεται στην προηγηθείσα καλλιέργεια, κτηνοτροφικό μπιζέλι, η οποία έχει αζωτοδεσμευτική ιδιότητα.



Διάγραμμα 1: Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων διαφορετικών επιπέδων αζωτούχο λίπανσης ως προς το χλωρό βάρος

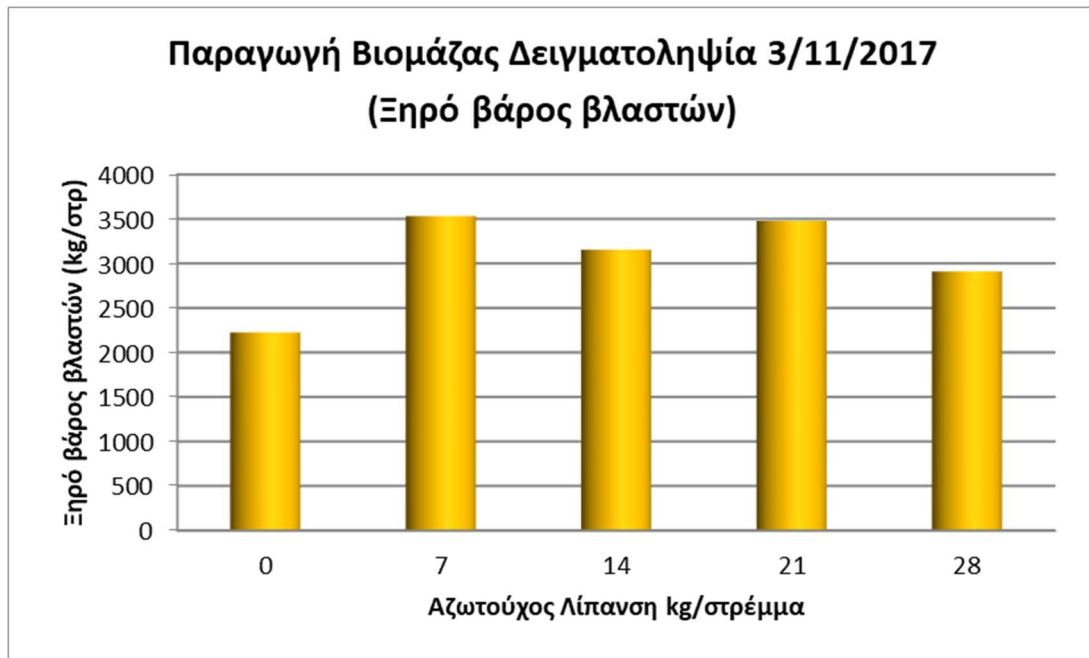
Το δεύτερο χαρακτηριστικό που αναλύθηκε ήταν η αλληλεπίδραση της διαφορετικής δόσης αζωτούχου λίπανση στο ολικό ξηρό βάρος τα οποία είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Πρώτα, πρώτα παρατηρούμε την μεγάλη διαφορά

ανάμεσα στην τιμή του ξηρού βάρους με τη μηδενική δόση λίπανσης όπου ήταν 1771 kg/στρ και σε αυτή με τις 7 λιπαντικές μονάδες όπου ήταν 2966 kg/στρ. Επιπλέον, παρατηρούνται μικρότερης κλίμακας διαφορές στα πειραματικά τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν διαφορά επίπεδα αζώτου, διότι το μεγαλύτερο ξηρό βάρος σε κιλά ανά στρέμμα έχει το πειραματικό κομμάτι με το μικρότερο επίπεδο αζώτου που εφαρμόστηκε. Αυτό, όπως προανέφερα, πιθανώς να οφείλεται στην προηγούμενη καλλιέργεια μπιζελιού.



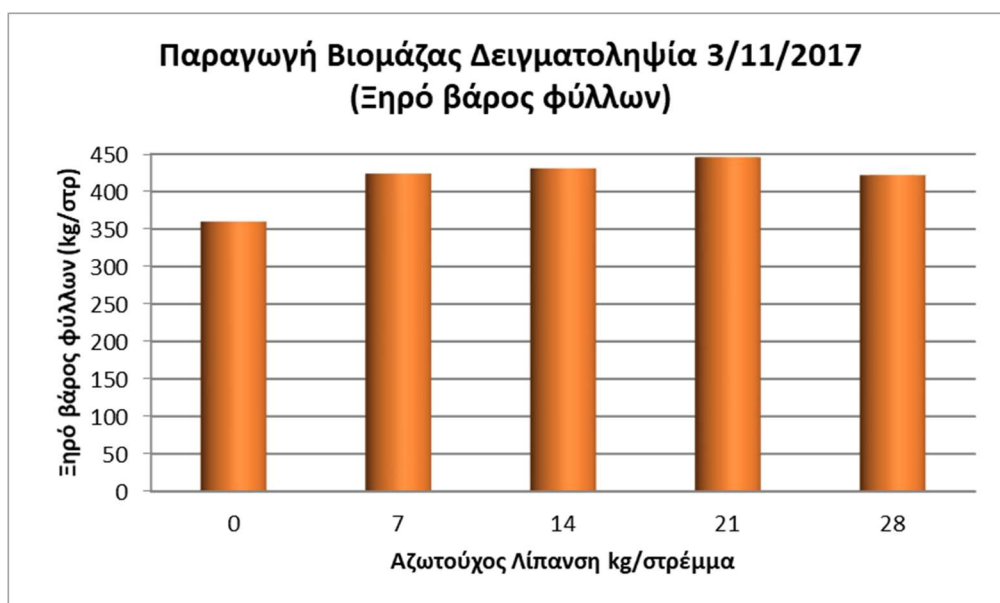
Διάγραμμα 2: Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων διαφορετικών επιπέδων αζωτούχο λίπανσης ως προς το ξηρό βάρος

Στον Πίνακα 1 φαίνονται ακόμη τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης των διαφορετικών επιπέδων αζωτούχο λίπανσης στο βάρος ξηρών βλαστών τα οποία δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Έτσι, παρατηρούμε όπως και στο ολικό χλωρό και ξηρό βάρος τη διαφορά ανάμεσα στο τεμάχιο με την μηδενική λίπανση και σε αυτά όπου εφαρμόστηκε λίπανση, καθώς επίσης και τις διαφορές που υπάρχουν στα πειραματικά τεμάχια με διαφορετικά επίπεδα αζώτου αφού παρατηρείτε μεγαλύτερο ξηρό βάρος βλαστών στο τεμάχιο με τις 7 μονάδες αζώτου. Η αιτία αυτού του αποτελέσματος πιθανών να είναι η καλλιέργεια του μπιζελιού.



Διάγραμμα 3: Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων διαφορετικών επίπεδων αζωτούχο λίπανσης ως προς το ξηρό βάρος βλαστών

Ακόμη, στον πίνακα φαίνονται τα δεδομένα του συνδυασμού της διαφορετικής δόσης λίπανσης ως προς το ξηρό βάρος των φύλλων, τα οποία δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Το πειραματικό τεμάχιο στο οποίο εφαρμοστήκαν 21 μονάδες αζώτου είχε την μέγιστη απόδοση σε βάρος ξηρών φύλλων, με 446 kg/στρ, ενώ όπως ήταν αναμενόμενο το τεμάχιο με την μηδενική λίπανση απέδωσε το λιγότερο ξηρό βάρος φύλλων με 360 kg/στρ ποσό το οποίο δεν έχει μεγάλη διαφορά με τα τεμαχίου όπου εφαρμόστηκε λίπανση.



Διάγραμμα 4: Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων διαφορετικών επίπεδων αζωτούχο λίπανσης ως προς το ξηρό βάρος φύλλων

Το τελευταίο αποτέλεσμα στο Πίνακα 1 ήταν η αλληλεπίδραση των διαφορετικών επιπέδων αζωτούχο λίπανσης στο βάρος του ξηρού σπόρου, τα οποία εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους πράγμα που οφείλεται στον υψηλό συντελεστή παραλακτικότητας. Αναλυτικότερα, το μεγαλύτερο ξηρό βάρος σπόρου είχε το πειραματικό τεμάχιο στο οποίο εφαρμόστηκαν 14 μονάδες αζώτου με 182,5 kg/στρ ενώ το μικρότερο ξηρό βάρος σπορών είχε το τεμάχιο με τη μηδενική λίπανση με 93,1 kg/στρ.



Διάγραμμα 5: Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων διαφορετικών επιπέδων αζωτούχο λίπανσης ως προς το ξηρό βάρος σπορών

4.2.2 Μετρήσεις χλωροφύλλης

Ο επόμενος πίνακας (Πίνακας 2) που ακολουθεί παρουσιάζει τα αποτελέσματα από τις δυο μετρήσεις χλωροφύλλης που έγιναν η μια στις 23/8/2017 και η άλλη στις 4/11/2017.

Πίνακας 2 :Μέτρηση χλωροφύλλης

| Μετρήσεις Χλωροφύλλης | | |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Μεταχείριση | Χλωροφύλλη 23/8/2017 | Χλωροφύλλη 4/11/2017 |
| Αζωτούχος Λίπανση kg/στρέμμα | 0 | 28,8 |
| | 7 | 50,5 |
| | 14 | 43,5 |
| | 21 | 46,4 |
| | 28 | 49 |
| ΕΣΛ.05 | 13,94 | ns |
| CV (%) | 20,7 | 35,7 |

Στο παραπάνω πίνακα φαίνεται η αλληλεπίδραση των διαφορετικών επίπεδων αζωτούχο λίπανσης στη χλωροφύλλη. Όσον αφορά την μέτρηση της χλωροφύλλης στις 23/8/2017 παρατηρούμε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Επίσης, παρατηρείτε η μεγάλη διαφορά στη ποσότητα της χλωροφύλλης ανάμεσα στο τεμάχιο με την μηδενική λίπανση με 28,8 και στο τεμάχιο στο οποίο εφαρμόστηκαν 7 μονάδες αζώτου με 50,5. Ακόμη μια διαφορά που παρατηρείτε είναι ότι το τεμάχιο με το μεγαλύτερο ποσό χλωροφύλλης είναι αυτό στο οποίο εφαρμοστή οι λιγότερες λιπαντικές μονάδες (7 μονάδες αζώτου) , ενώ σε αυτό που εφαρμόστηκαν οι περισσότερες (28 μονάδες αζώτου) είναι το δεύτερο με το μεγαλύτερο ποσό χλωροφύλλης με 49.



Διάγραμμα 6 :Μέτρηση χλωροφύλλης 23/8/2017

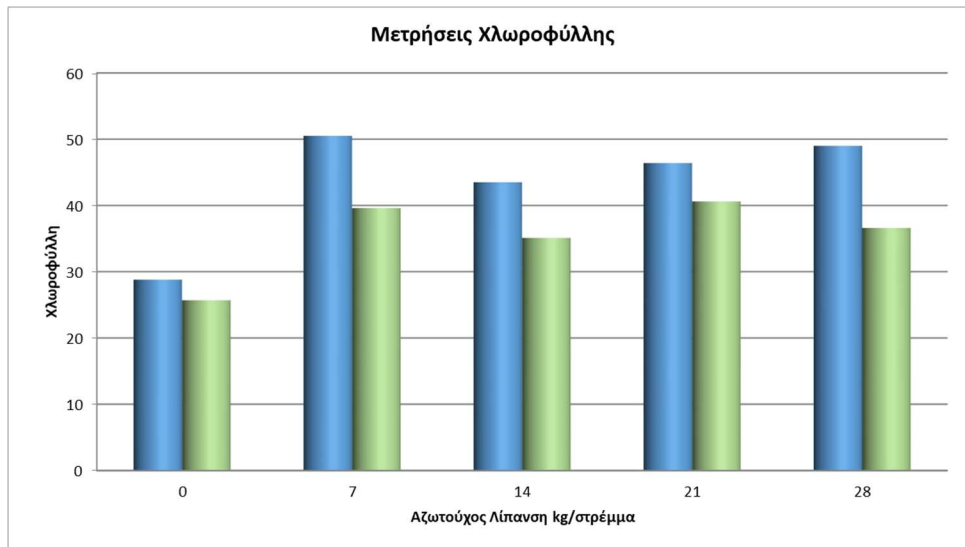
Στη μέτρηση της χλωροφύλλης που έγινε στις 4/11/2017 παρουσιάζεται η αλληλεπίδραση των διαφορετικών επίπεδων αζωτούχο λίπανσης. Οι μετρήσεις αυτές δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Σε αυτές τις μετρήσεις φαίνεται επίσης η διαφορά στο ποσό της χλωροφύλλης στο τεμάχιο με την μηδενική αζωτούχο λίπανση με 25,7 και στα άλλα τεμάχια όπου εφαρμόστηκαν

διαφορετικά επίπεδα αζώτου. Επιπλέον, το πειραματικό τεμάχιο με το μεγαλύτερο ποσό χλωροφύλλης είναι αυτό στο οποίο εφαρμόστηκαν 21 μονάδες αζώτου με 40,6 και το μικρότερο ποσό χλωροφύλλης βρίσκεται στο πειραματικό τεμάχιο όπου εφαρμόστηκαν 14 μονάδες αζώτου με 35,1.



Διάγραμμα 7ι :Μέτρηση χλωροφύλλης 4/11/2017

Συγκριτικά με τις δυο μετρήσεις χλωροφύλλης που έγιναν στις 23/8/2017 και στις 4/11/2017 παρατηρείται ότι το πειραματικό τεμάχιο με μηδενική αζωτούχο λίπανση στις 23/8/2017 είχε μεγαλύτερη διαφορά με τα άλλα πειραματικά τεμάχια σε σύγκριση με τα αντίστοιχα τις μετρήσεις στις 4/11/2017 . Επιπρόσθετα, παρατηρείται μια γενικότερη μείωση του ποσού της χλωροφύλλης από τη μια μέτρηση στην άλλη. Αυτή η μείωση οφείλεται στο γεγονός ότι η πρώτη μέτρηση έγινε την περίοδο κατά την οποία το φυτό βρισκόταν στην πλήρη ανάπτυξη και τα φύλλα βρίσκονται στην καλύτερη φάση του βιολογικού τους κύκλου, ενώ η δεύτερη έγινε την περίοδο λίγο πριν την συγκομιδή. Επομένως, οι διαφορές στα ποσά της χλωροφύλλης από τη μια μέτρηση στην άλλη ήταν αναμενόμενες.



Διάγραμμα 8 : Μετρήσεις χλωροφύλλης για της 23/11/2017 και για της 4/8/2017

4.2.3 Μετρήσεις NIR στα φύλλα

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακα 3) φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων NIR που έγιναν στα φύλλα

Πίνακας 3: Μέτρηση NIR για τα φύλλα

| Μεταχείριση | Αζωτούχος Λίπανση (kg/στρέμμα) | Πρωτεΐνη φύλλων | Τέφρα φύλλου | Ίνα ουδέτερης αντιδράσεως φύλλου | Ίνα όξινης αντιδράσεως φύλλου | Ακατέργαστη ίνα φύλλου | Λίπος φύλλου | Ασβέστιο φύλλου | Φώσφορος φύλλου |
|---------------------|--------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | 0 | 3,89 | 4,737 | 55,66 | 33,39 | 37,01 | 1,552 | 0,29 | 0,1425 |
| | 7 | 3,66 | 5,02 | 55,22 | 33,14 | 35,91 | 1,595 | 0,295 | 0,15 |
| | 14 | 3,36 | 4,99 | 56,15 | 33,96 | 37,34 | 1,51 | 0,3 | 0,1525 |
| | 21 | 4,05 | 5,118 | 55,06 | 33,14 | 36,11 | 1,557 | 0,295 | 0,155 |
| | 28 | 4,39 | 5,223 | 55,08 | 33,19 | 35,67 | 1,55 | 0,295 | 0,1575 |
| EΣΔ _{0.05} | | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | | 17,4 | 8,4 | 2,6 | 3,2 | 5,1 | 4,4 | 5,7 | 12 |

Όπως παρατηρείτε από τον Πίνακα 3 όπου αναλύονται τα φύλλα υπο διαφορετικούς παράγοντες για τα διαφορά επίπεδα αζώτου δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Αυτά τα αποτελέσματα είναι χαρακτηριστικά της γενετικής παραλακτικότητας του φυτού.

4.2.4 Μετρήσεις NIR στους βλαστούς

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακα 4) φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων NIR που έγιναν στους βλαστούς

Πίνακας 4: Μέτρηση NIR για τους βλαστούς

| Μετρήσεις NIR Βλαστός | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------|------------------|------------------|--------|
| Μεταχείριση | Πρωτεΐνη βλαστών | Τέφρα βλαστών | Ίνα ουδέτερης αντιδράσεως βλαστού | Ίνα όξινης αντιδράσεως βλαστού | Ακατέργαστη ίνα βλαστού | Λίπος βλαστού | Ασβέστιο βλαστού | Φώσφορος βλαστού | |
| Αζωτούχος Λίπανση | 0 | 0,75 | 2,44 | 41,05 | 22,99 | 31,49 | 1,455 | 0,1025 | 0,1025 |
| | 7 | 1,06 | 2,33 | 40,66 | 22,91 | 31,88 | 1,46 | 0,0975 | 0,09 |
| | 14 | 0,99 | 2,427 | 40,01 | 22,36 | 30,7 | 1,433 | 0,105 | 0,0975 |
| | 21 | 1,01 | 2,485 | 41,05 | 23,06 | 31,4 | 1,458 | 0,1125 | 0,0975 |
| | 28 | 1,44 | 2,76 | 42,68 | 24,3 | 32,93 | 1,35 | 0,1225 | 0,0875 |
| ΕΣΔ _{0,05} | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | 60 | 15,7 | 6,7 | 8,9 | 8,6 | 5,4 | 20,9 | 14,6 | |

Όπως παρατηρείτε από τον Πίνακα 4 όπου αναλύονται οι βλαστοί υπο διαφορετικούς παράγοντες για τα διαφορά επίπεδα αζώτου δεν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Αυτά τα αποτελέσματα είναι χαρακτηριστικά της γενετικής παραλακτικότητας του φυτού

4.2.5 Περιεχομένη πρωτεΐνη στους ιστούς

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την περιεχομένη πρωτεΐνη στα φύλλα και στους βλαστούς.

Πίνακας 5: Μέτρηση περιεχομένης πρωτεΐνης στους ιστούς

| Περιεχόμενη πρωτεΐνη στους ιστούς | | | | | |
|-----------------------------------|----|---|--|-------------------------------------|------------------------------|
| Μεταχείριση | | Περιεχόμενη πρωτεΐνη στα φύλλα (kg/στρ) | Περιεχόμενη πρωτεΐνη στους βλαστούς (kg/στρ) | Ολική περιεχόμενη πρωτεΐνη (kg/στρ) | Ολική περιεχόμενη πρωτεΐνη % |
| Αζωτούχος Λίπανση kg/στρέμμα | 0 | 13,98 | 12,4 | 26,4 | 1,23 |
| | 7 | 14,34 | 28,1 | 42,5 | 1,32 |
| | 14 | 14,35 | 22,3 | 36,7 | 1,26 |
| | 21 | 17,56 | 26,1 | 43,6 | 1,36 |
| | 28 | 18,38 | 35,4 | 53,7 | 1,82 |
| ΕΣΔ.05 | | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | | 21,5 | 52,9 | 34,9 | 39,9 |

Όσον αφορά την περιεχόμενη πρωτεΐνη στα φύλλα παρατηρούμε από τα αποτελέσματα που λήφθηκαν, ότι δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5 το μικρότερο ποσοστό πρωτεΐνης είχε το πειραματικό τεμάχιο με την μηδενική λίπανση και το μεγαλύτερο το πειραματικό τεμάχιο με τις 28 λιπαντικές μονάδες αζώτου. Παρόλο αυτά οι διαφορές στην ποσότητα πρωτεϊνών για τα διαφορετικά επίπεδα αζώτου ήταν πολύ μικρές.



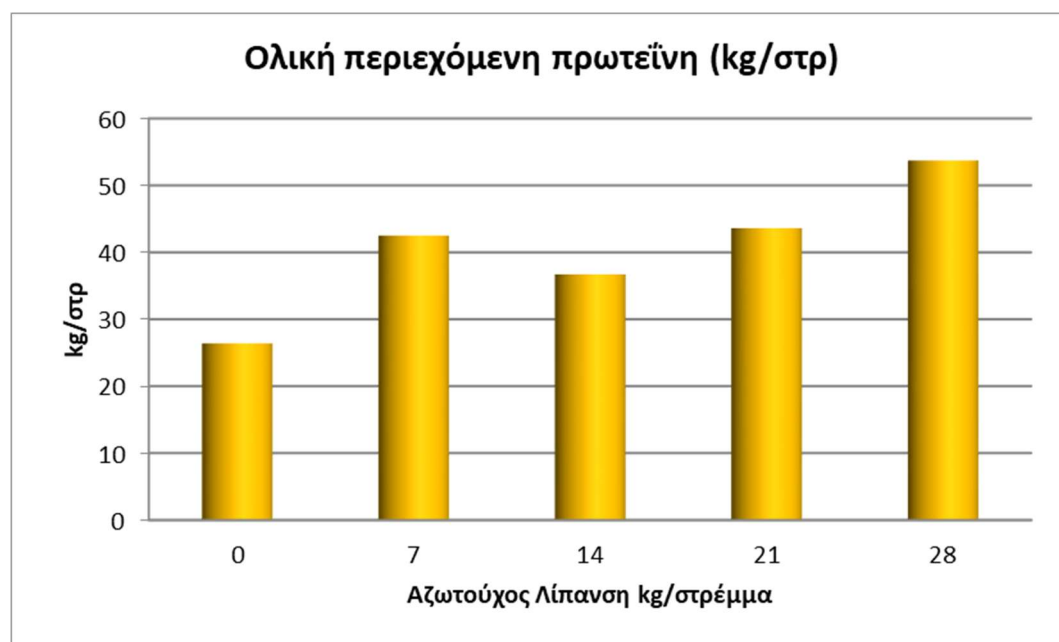
Διάγραμμα 9: Μέτρηση περιεχομένης πρωτεΐνης στα φύλλα

Στον Πίνακα 5 αναπαριστάτε επιπλέον η περιεχόμενη πρωτεΐνη στους βλαστούς. Οι μετρήσεις αυτές δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Αυτό που παρατηρείτε είναι ότι η περιεχόμενη πρωτεΐνη στους βλαστούς ήταν περισσότερη σε σύγκριση με αυτή των φύλλων. Επιπλέον, φαίνεται ότι την μεγαλύτερη ποσότητα πρωτεΐνης έχει το πειραματικό τεμάχιο με τις 28 λιπαντικές μονάδες αζώτου αλλά και πάλι οι διαφορές στην ποσότητα πρωτεϊνών για τα διαφορετικά επίπεδα αζώτου ήταν πολύ μικρές.



Διάγραμμα 10: Μέτρηση περιεχομένης πρωτεΐνης στους βλαστούς

Τέλος, στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η ολική περιεχομένη πρωτεΐνη σε κιλά ανά στρέμμα και %. Παρατηρούμε ότι είναι μικρές οι διαφορές στην ολική περιεχομένη πρωτεΐνη για τα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχο λιπάνσεως, η οποία βέβαια δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Το μόνο που θα μπορούσε να προστεθεί είναι ότι καθώς ανεβαίνουν τα επίπεδα αζώτου αυξάνεται παράλληλα και η περιεχομένη πρωτεΐνη αλλά με μικρό ποσοστό. Επομένως θα μπορέσαμε να συμπεράνουμε ότι μεγαλύτερα επίπεδα αζώτου έχουν επίδραση στην απόδοση και όχι στην περιεκτικότητα πρωτεϊνών.



Διάγραμμα 11: Μέτρηση περιεχομένης πρωτεΐνης στα φύλλα και στους βλαστούς

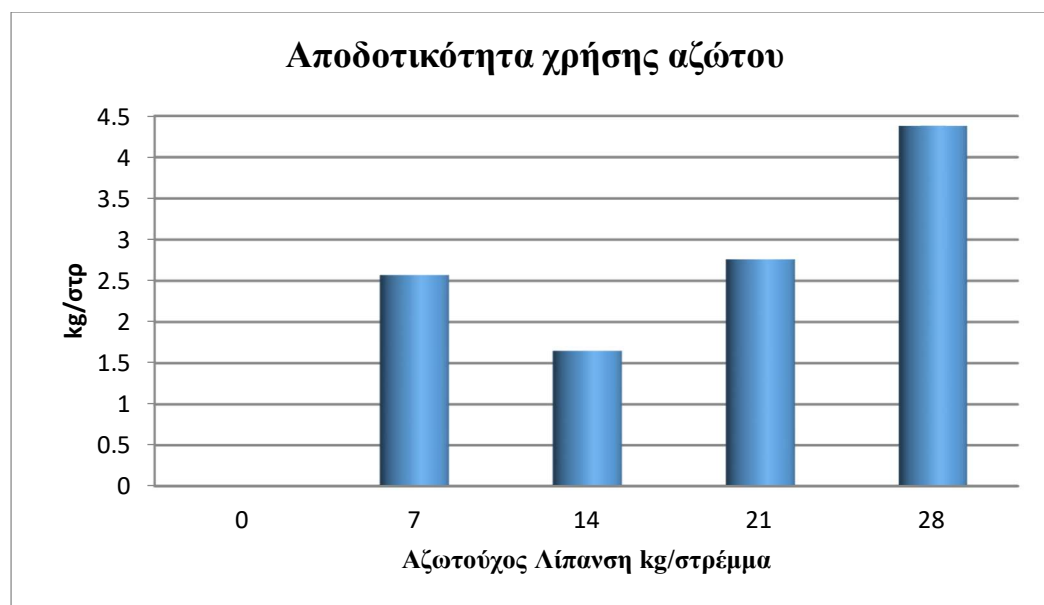
4.2.6 Χρήση αζώτου

Στο παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6) φαίνονται τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις για τη χρήση του αζώτου.

Πίνακας 6 : Μέτρηση χρήσεις αζώτου

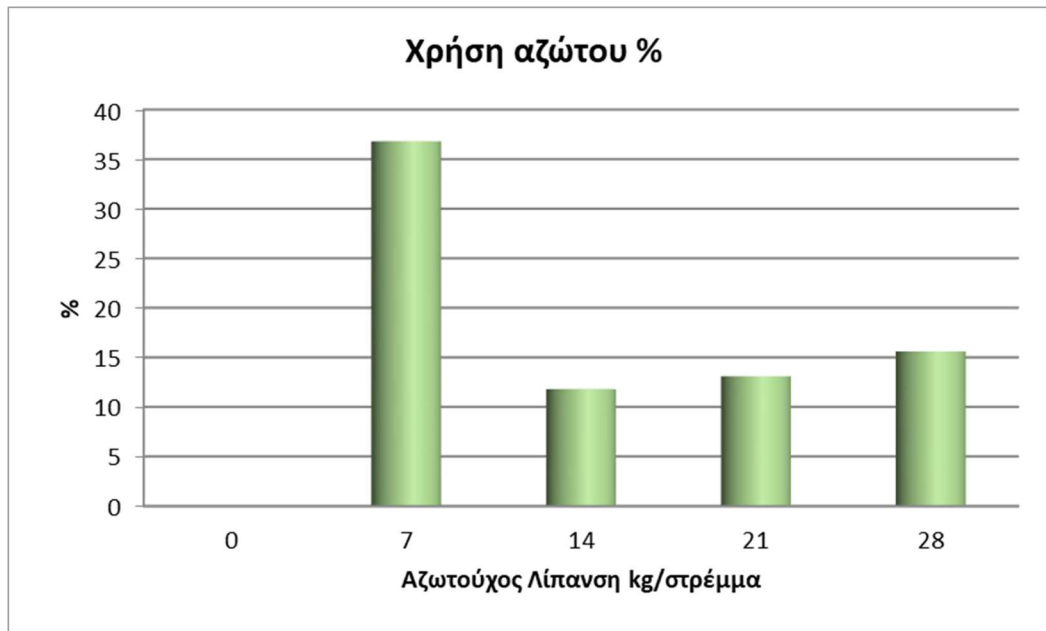
| Χρήση αζώτου | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| Μεταχείριση | Αποδοτικότητα χρήσης αζώτου (kg/στρ) | |
| | Χρήση αζώτου % | |
| Αζωτούχος Λίπανση kg/στρέμμα | 0 | 0 |
| | 7 | 2,57 |
| | 14 | 1,65 |
| | 21 | 2,76 |
| | 28 | 4,38 |
| ΕΣΔ.05 | 3,492 | 22,85 |
| CV (%) | 19,3 | 95,9 |

Ειδικότερα, στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται η αποδοτικότητα της χρήσης του αζώτου σε κιλά ανά στρέμμα (kg/στρ). Τα αποτελέσματα αυτά εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές της στήλης υποδηλώνουν το ποσό του αζώτου το οποίο αφομοιώθηκε από το φυτό. Αυτό που παρατηρούμε μελετώντας τον Πίνακα 6 είναι ότι καθώς τα επίπεδα αζώτου αυξάνονταν οι διαφορές του δεν ήταν τόσο αισθητές.



Διάγραμμα 12: Μέτρηση αποδοτικότητας χρήσης αζώτου

Επιπρόσθετα, η δεύτερη στήλη μας δείχνει το ποσοστό % της χρήσης αζώτου στην καλλιέργεια του σόργου. Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του. Ακόμη, παρατηρούμε ότι καθώς τα επίπεδα αζώτου ανεβαίνουν το ποσοστό της χρήσης του μειωνόταν. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι η προσθήκη αζώτου έδωσε στην καλλιέργεια μεγαλύτερη απόδοση και άζωτο περιεκτικότητα στους φυτικούς ιστούς.



Διάγραμμα 13: Μέτρηση χρήσης αζώτου %

5. Συμπεράσματα

Στην ενότητα αυτή θα συζητηθούν τα αποτελέσματα της εργασίας.

Γενικά όπως έχω προαναφέρει ο σκοπός της εργασίας είναι η επίδραση των διαφορετικών επίπεδων αζώτου στην αύξηση και ανάπτυξη του γλυκού σόργου. Με λίγα λόγια σκοπός μας ήταν να βρούμε ποιο από τα τέσσερα εφαρμοσθέντα επίπεδα αζώτου είναι το ιδανικότερο όχι μόνο για την καλλιέργεια, όσο αναφορά την ποιότητα και την απόδοση, αλλά και για τον ίδιο τον καλλιεργητή.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρούμε ότι στη παραγωγή βιομάζας υπάρχει αισθητή διαφορά αναμεσα στον μάρτυρα και στα πειραματικά τεμάχια όπου εφαρμοστήκαν διαφορετικά επίπεδα αζώτου. Άρα, η λίπανση ήταν ευεργετική για την καλλιέργεια. Επιπλέον, διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των τεμαχίων όπου εφαρμόστηκε αζωτούχος λίπανση. Αυτές οι διαφορές όμως, ενδεχομένως να οφείλονται και στο γεγονός ότι πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας του γλυκού σόργου υπήρχε καλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού όπου έχει αζωτοδεσμευτικές ιδιότητες, γεγονός που ωφέλησε την καλλιέργεια μας.

Ακόμη, στα αποτελέσματα από τη μέτρηση της περιεχομένης πρωτεΐνης στους ιστούς φαίνεται ότι υπάρχει μικρή διαφορά στη περιεχόμενη πρωτεΐνη στα φύλλα για τα διαφορα επίπεδα αζώτου, ενώ όσον αναφορά τη περιεχόμενη πρωτεΐνη στους βλαστούς παρατηρείται μεγαλύτερη διακύμανση μεταξύ των τιμών. Από το γεγονός αυτό εξάγουμε το συμπέρασμα ότι μετά το πέρας ενός συγκεκριμένου ορίου, η αζωτούχος λίπανση προσφέρει στην καλλιέργεια του σόργου μόνο σε απόδοση και όχι σε ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Τέλος, αυτό που θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε είναι ότι η αυξημένη δόση λίπανσης έχει επίδραση στην απόδοση της καλλιέργειας, αλλά αυτό δεν συνεπάγεται και για την ποιότητα. Το τελικό συμπέρασμα με βάση τα δεδομένα του πειράματος και λαμβάνοντας σοβαρά υπόψιν την προηγηθείσα καλλιέργεια του κτηνοτροφικού μπιζελιού, ήταν πως το καλύτερο επίπεδο αζώτου για την καλλιέργεια του γλυκού σόργου είναι οι 7 λιπαντικές μονάδες οι οποίες έδωσαν την καλύτερη συσχέτιση απόδοσης – ποιότητας, οι οποίες σε μερικές μετρήσεις έδωσαν παρόμοια αν όχι καλύτερα αποτελέσματα από τα μεγαλύτερα επίπεδα αζώτου.

Βιβλιογραφία

1. Arnold, T.H., 1983, «Comments on primitive South African crop sorghums and the evolution of sorghum races in Africa», *Bothalia*, Vol 14 (3&4), pp587-594
2. Collet, I.J., 2004, «Forage Sorghum and Millet», Division of plant issues, NSW Department of Primary Industries.
3. Dahlberg, J., 2000, «Classification and characterization of sorghum. [Book article]». In Smith, C.W., Fredericksen, R.A., 2000, «Sorghum: Origin, History, Technology and production [Book]» John Wiley & Sons Editions, USA.
4. De Wet, J.M.J., 1978, «Systematics and evolution of Sorghum sect. Sorghum (Gramineae)», *American Journal of Botany*, Vol. 65 (4), pp477-484.
5. Deu M., Hamon, P., 1994, «The genetic organization of Sorghum», *Agriculture et developpement*, Special Issue.
6. Du Plessis, J., 2008, «Sorghum Production», Department of Agriculture, Republic of South Africa.
7. Gerik, T., Bean, B., Vanderlip, R., 2014, «Sorghum Growth and Development», *Agricultural Communications*, Texas Cooperative Extension, The Texas A&M University System.
8. GTRO, 2017, «The Biology of Sorghum bicolor (L.) Moench subsp. Bicolor (Sorghum)», Gene Technology Regulator Office, Department of Health, Australian Government
9. Guiying, L., Weibin, G., Hicks, A., Chapman, K.R., 2004, «Training Manual For Sweet Sorghum», FAO Project TCP/CPR/0066.

10. Hermuth, J., Janovska, D., Cepkova, P.H., Ustak, S., Strasil, Z., Dvorakova, Z., 2016, «Sorghum and Foxtail Millet – Promising Crops for the Changing Climate in Central Europe», Chapter 1 in book “Alternative Crops and Cropping Systems”, Intech Open.
11. FAO, 1999, «Sorghum: Post-harvest Operations», Food and Agriculture Organization, of the United Nations.
12. Ferard, A., Verdier, J.L., 2016, «Forage Sorghum: The Crop & its Uses», Booklet, Arvalis Editions, Arvalis Institut du Vegetal.
13. Iqbal, M.A., Ahmad, B., Shah, M.H., Ali, K., 2015, «A study on Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Production in Perspectives of White Revolution in Punjab, Pakistan: Issues and Future Options» American-Eurasian Journal Agriculture & Environment Science, Vol 15 (4), pp640-647.
14. Lazarides M., Hacker J.B., Andrew M.H., 1991, «Taxonomy, Cytology and Ecology of Indigenous Australian Sorghums (*Sorghum Moench*: *Andropogoneae*: *Poaceae*)», Australian Systematic Botany, Vol 4, pp591-635.
15. Morghini, N., Emam, Y., 2015, «Growth and yield responses of two forage sorghum cultivars to different nitrogen fertilizer rates», Iran Agricultural Research, Vol 34 (1), pp39-45.
16. Mundia, C.W., Secchi, S., Akamani, K., Wang, G., 2019, «A Regional Comparison of Factors Affecting Global Sorghum Production: The Case of North America, Asia and Africa’s Sahel», Sustainability Journal, Vol 11, pp2135-2153.
17. OECD, 2017, «Sorghum», Chapter 1 in book “Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 7: OECD Consensus Documents”, Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, OECD Publishing, Paris.
18. Olugbemi, O., 2017, «Sweet Sorghum and Nitrogen Fertilizer Application – A review», Journal of Agricultural Science, Vol 2, pp28-35.
19. Online etymology dictionary, 2019, online website. Λήψη από: <https://www.etymonline.com/search?q=sorghum> (31/05/2019)

20. Rao, S.S., Elangovan, A.V., Seetharama, N., 2008, «Characterizing phenology and growth stages of sorghum hybrids», Chapter in Book “Sorghum Improvements in the New Millennium”, Patancheru 502324, Andhra Pradesh, India, pp 16-22.
21. Wiersema J.H., Dahlberg, J., 2007, «The nomenclature of Sorghum Bicolor», TAXON, Vol 56(3), pp941-946.
22. USDA, 2019, «Plant Database: Sorghum Moench», Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture. Internet Database. Λήψη από: <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=sorgh2> (29/05/2019).
23. Δαναλάτος, Ν., Αρχοντούλης, Σ., 2008, «Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων Αγριοαγκινάρας, Ηλιάνθου, Σόργου», Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Λήψη από: <https://www.scribd.com/document/16713591/Ενεργειακά-φυτά-οδηγός-καλλιεργητικών-φροντίδων> (01/06/2019)
24. Κίττας, Κ., Γέμτος, Θ., Φούντας, Σ., Μπαρτζάνας Θ., «Βιοκαύσιμα και Ενεργειακές Καλλιέργειες», Άρθρο που παρουσιάστηκε στο σεμινάριο “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – Η θέση τους στο ενεργειακό τοπίο της χώρας και στην περιοχή της Θεσσαλίας”, ΤΕΕ – ΚΔΘ, Λάρισα, 2007.
25. Παπαστυλιανού Παπασωτηρίου, Π., Μπιλάλης, Δ., Τραυλός, Η., Παπαθεοχάρη, Α, 2015, «Σόργο». Κεφάλαιο 3 στο ηλεκτρονικό βιβλίο “Ειδική γεωργία ΙΙ” Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Λήψη από: <http://hdl.handle.net/11419/5155> (16/05/2019)
26. Ταβουλάρης, Κ., 2012, «Μέσες Αποδόσεις Φυτικών Καλλιεργειών στην Ελλάδα», Τμήμα Αγροτικής Στατιστικής, Διεύθυνση Αγροτικής Πολιτικής και Τεκμηρίωσης, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.