



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της άρδευσης στην παραγωγικότητα του ενεργειακού σόργου στη δυτική Θεσσαλία.

Πτυχιακή διατριβή: Αναγνώστου Χρήστος

Επιβλέπων καθηγητής: Δαναλάτος Νικόλαος

Βόλος 2019

Αποποίηση ευθυνών

Οι απόψεις που εκφράζονται σε αυτή τη μελέτη-πραγματεία ανήκουν στο συγγραφέα και δεν αντανακλούν τις επίσημες θέσεις της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Αυτή η εργασία ανήκει στον συγγραφέα και στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

**« Σε αυτούς που προσπαθούν την κάθε στιγμή
να παραμερίσουν τους δισταγμούς ,
σε αυτούς που επιμένουν ενάντια στο φόβο,
σε αυτούς που βάζουν υψηλούς στόχους,
σε εκείνους που τολμούν
να αγαπήσουν και να αγαπηθούν »**

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	6
Περίληψη.....	7
1 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	8
1.1 Ενεργειακές καλλιέργειες.....	8
1.2 Γενικά στοιχεία για το σόργο.....	9
1.2.1 Ιστορική αναδρομή.....	9
1.2.2 Γεωγραφική κατανομή παραγωγής.....	10
1.2.3 Κατηγορίες σόργου.....	12
1.2.4 Συστηματική κατάταξη.....	12
1.2.5 Προϊόντα παραγωγής από την καλλιέργεια σόργου.....	13
1.3 Είδη σόργου που χρησιμοποιούνται ως ενεργειακή καλλιέργεια.....	15
1.3.1 Ινώδες σόργο.....	15
1.3.2 Γλυκό σόργο.....	16
1.4 Στάδια ανάπτυξης του σόργου.....	17
1.5 Μορφολογικά χαρακτηριστικά σόργου.....	19
1.5.1 Φύλλα.....	19
1.5.2 Βλαστός.....	20
1.5.3 Ριζικό σύστημα.....	22
1.5.4 Καρπός.....	24
1.5.5 Άνθος.....	24
1.6 Καλλιέργεια σόργου.....	25
1.6.1 Περιβαλλοντικές απαιτήσεις.....	25
1.6.1.1 Έδαφος.....	25
1.6.1.2 Θερμοκρασία.....	25
1.6.1.3 Υγρασία.....	26
1.6.1.4 Φωτοπερίοδος.....	26
1.6.2 Προετοιμασία εδάφους.....	27
1.6.3 Αμειψισπορά.....	28
1.6.4 Σπορά.....	29
1.6.5 Λίπανση.....	30
1.6.6 Άρδευση.....	32
1.6.7 Ζιζανιοκτόνια.....	33

1.6.8	Εχθροί.....	33
1.6.9	Ασθένειες.....	33
1.6.10	Συγκομιδή.....	34
1.7	Σκοπός της παρούσας μελέτης.....	36
2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	36
2.1	Στοιχεία πειράματος	36
2.2	Καλλιεργητικές εργασίες	37
2.2.1	Κατεργασία εδάφους	37
2.2.2	Σπορά	38
2.2.3	Λίπανση.....	39
2.2.4	Άρδευση.....	40
2.2.5	Έλεγχος ζιζανίων.....	40
2.2.6	Έλεγχος εχθρών – ασθενειών.....	40
2.3	Μετρήσεις – προσδιορισμοί αύξησης και ανάπτυξης.....	41
3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	42
3.1	Στατιστικά αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων.....	42
3.2	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	45
3.2.1	Ανάπτυξη φυτών.....	46
3.2.2	Παραγωγή βιομάζας (χλωρό βάρος).....	46
3.2.3	Παραγωγή βιομάζας (ξηρό βάρος).....	47
3.2.4	Ποσοστό υγρασίας.....	48
3.2.5	Δείκτης φυλλικής επιφάνειας.....	49
3.3	Συμπεράσματα.....	50
	Βιβλιογραφία.....	52

Ευχαριστίες

Με την ευκαιρία του «βήματος» που μου δίνεται συγγράφοντας την πτυχιακή διατριβή, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά το σύνολο των διδασκόντων όλων των βαθμίδων της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις πολύτιμες γνώσεις, την μεθοδολογία, τον τρόπο σκέψης που μετέδωσαν σε μένα, αλλά και στους υπόλοιπους φοιτητές.

Τον επιβλέποντα Καθηγητή Δρ. Νικόλαο Δαναλάτο, ευχαριστώ εκ καρδίας, καταρχάς που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με τον κλάδο των ενεργειακών φυτών, καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε, ώστε να περατωθεί η παρούσα διατριβή. Τον Δρ. Δημήτριο Μπαρτζιάλη, ειλικρινά ευχαριστώ για την ανεκτίμητη καθοδήγηση, συμπαράσταση, βοήθεια καθ' όλη την διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος και της συγγραφής της παρούσας διατριβής.

Μεγάλη παράλειψη θα ήταν αν δεν αναφερόμουν στα μέλη του εργαστηρίου, την Δρ. Ελπινίκη Σκουφογιάννη και τον μεταδιδάκτορα Δρ. Κυριάκο Γιαννούλη για την αμέριστη συμπαράσταση, την επιστημονική γνώση και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης του πειράματος.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή Ζιζανιολογίας Ανέστη Καρκάνη για τις χρήσιμες συμβουλές που μου έδωσε ως μέλος της επιτροπής αξιολόγησης της διατριβής. Σας Ευχαριστώ!

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη εγκαταστάθηκε πείραμα καλλιέργειας σόργου στην περιοχή των Τρικάλων το 2017. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η παραγωγικότητα του σόργου υπό την επίδραση τριών επιπέδων άρδευσης και λίπανσης. Κυρίως μας ενδιέφερε η παραγωγή χλωρής βιομάζας που είναι και το προϊόν που θέλουμε (ενσίρωμα για ζωοτροφή). Αρχικά παρατίθενται βιβλιογραφικά στοιχεία γενικά για το σόργο ως φυτό και για την καλλιέργεια του. Στη συνέχεια περιγράφονται και αναλύονται τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την περάτωση της συγκεκριμένης έρευνας. Τέλος παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξήχθησαν στο πείραμα. Το συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι μια μέση μεταχείριση ως προς την άρδευση και την λίπανση είχε την καλύτερη απόδοση. Ακόμη ότι το σόργο μπορεί να καλλιεργηθεί και σε περιοχές χωρίς δυνατότητα άρδευσης και με πολύ χαμηλά επίπεδα λίπανσης.

1. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

1.1 Ενεργειακές καλλιέργειες

Τα φυτά χρησίμευαν από την αρχή της δημιουργίας του ανθρώπινου πολιτισμού ως ζωτικής σημασίας πηγή τροφής, πρώτων υλών και ενέργειας. Τον ρόλο τους αυτό τον οφείλουν στην ικανότητά τους να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια που δέχονται σε μορφή οργανικής ύλης. Με την λειτουργία της φωτοσύνθεσης, το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας δεσμεύεται από τα φυτά και μετατρέπεται σε σάκχαρα. Η μετατροπή αυτή αποτελεί τη βάση για τη σύνθεση μιας μεγάλης ποικιλίας φυσικών οργανικών πρώτων υλών όπως το άμυλο, η λιγνίνη, η κυτταρίνη, τα φυτικά έλαια κ.τ.λ. Ο στόχος της αυξημένης συνεισφοράς της βιομάζας, στην παραγωγή ενέργειας στις βιομηχανικές χώρες με όρους ανταγωνιστικούς μέσα στο πλαίσιο του σχεδιασμού μιας βιώσιμης ανάπτυξης, μπορεί να επιτευχθεί με την εισαγωγή καλλιεργούμενων, για ενεργειακούς σκοπούς, φυτικών ειδών τα οποία έχουν υψηλές αποδόσεις ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους. Τα είδη αυτά θα πρέπει να μελετηθούν προκειμένου να προσδιοριστούν οι συνθήκες και οι καλλιεργητικές πρακτικές κάτω από τις οποίες επιτυγχάνεται η βέλτιστη αποδοτικότητά τους όσον αφορά την δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και την μετατροπή της σε οργανική ύλη. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά με βάση τα οποία κρίνεται η καταλληλότητα των φυτικών ειδών για την καλλιέργειά τους με στόχο την παραγωγή ενέργειας είναι σε γενικές γραμμές τα εξής:

- Υψηλή απόδοση στην μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε οργανική ύλη.
- Όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ικανότητα αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη περίοδο της ανάπτυξής τους.
- Ελάχιστη απαίτηση εξωτερικών παρεμβάσεων και εισροών στο στάδιο της παραγωγής και της συγκομιδής.
- Θετικό ενεργειακό ισοζύγιο, το οποίο θα πρέπει να ικανοποιεί τις προϋποθέσεις βιώσιμης ανάπτυξης του οικοσυστήματος στο οποίο εντάσσονται.
- Υψηλή απόδοση σε ξηρή βιομάζα κατά τη περίοδο της συγκομιδής.
- Υψηλή ενεργειακή αξία της παραγόμενης ξηρής βιομάζας, που σημαίνει φυτικό σώμα πλούσιο σε έλαια, σάκχαρα, άμυλο, λιγνοκυτταρίνη κ.τ.λ.
- Η παραγωγή και η χρήση τους να έχουν τις ελάχιστες δυνατές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

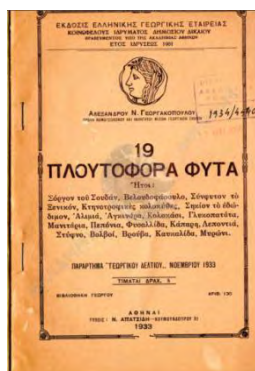
Με βάση τα κριτήρια αυτά ως καταλληλότερα θεωρούνται τα είδη που αποθηκεύουν άμεσα ζυμώσιμα σάκχαρα (ζαχαροκάλαμο, γλυκό σόργο, ζαχαρότευτλα κτλ.) ή άμυλο που μπορεί να μετατραπεί σε σάκχαρα (καλαμπόκι κτλ.) καθώς και είδη που αποθηκεύουν έλαια ή και υδρογονάνθρακες (βαμβάκι *Jojoba*, *Euphorbia*, Ηλιάνθος κτλ). Πολλά από αυτά τα φυτά, παρόλο που έχουν υψηλές αποδόσεις και η χημική σύσταση της βιομάζας τους είναι τέτοια που επιτρέπει την εύκολη μετατροπή της σε καύσιμα, αποκλείονται από την χρησιμοποίησή τους ως ενεργειακά φυτά επειδή το προϊόν τους έχει υψηλή διατροφική αξία και συνεπώς χρησιμοποιούνται κατά προτεραιότητα ως τροφή.

1.2 Γενικά στοιχεία για το σόργο

1.2.1 Ιστορική αναδρομή

Το σόργο είναι ένα από τα πρώτα φυτά που καλλιέργησε ο άνθρωπος. Οι πρώτες καλλιέργειες σόργου φαίνεται να ξεκινούν από την Αφρικανική ήπειρο και κατά κύριο λόγο την περιοχή της Αιθιοπίας, όπου και έγινε η πρώτη εξημέρωση σόργου κοντά στα 5000 π.Χ. (*Smartt & Simmonds*, 1995). Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξάπλωσή του, καθώς εμφανίστηκε αρκετές χιλιετίες αργότερα σε Μέση Ανατολή και Ινδία, περίπου το 2000 π.Χ. (*Smith & Frederiksen*, 2000). Στην Αίγυπτο δε και την Ευρώπη αργότερα, δεν υπάρχουν αναφορές σχετικά με το σόργο ως και τα Ρωμαϊκά χρόνια.

Το ενδιαφέρον για το σόργο στο δυτικό κόσμο ξεκινά μετά τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Σύμφωνα με τον *Martin* (1936) η πρώτη εισαγωγή του σόργου στην Αμερική έγινε το 1853 από τη Γαλλία, όπου είχε προηγουμένως εισαχθεί από την Κίνα το 1851 (*Undersander et al.*, 1990, *Smith & Frederiksen*, 2000). Το σόργο γνώρισε μεγάλη εξάπλωση μετά την επίτευξη προσαρμογής, τροπικών ποικιλιών σε εύκρατα κλίματα μετά από ανάλογη γενετική βελτίωση (Καραμάνος).

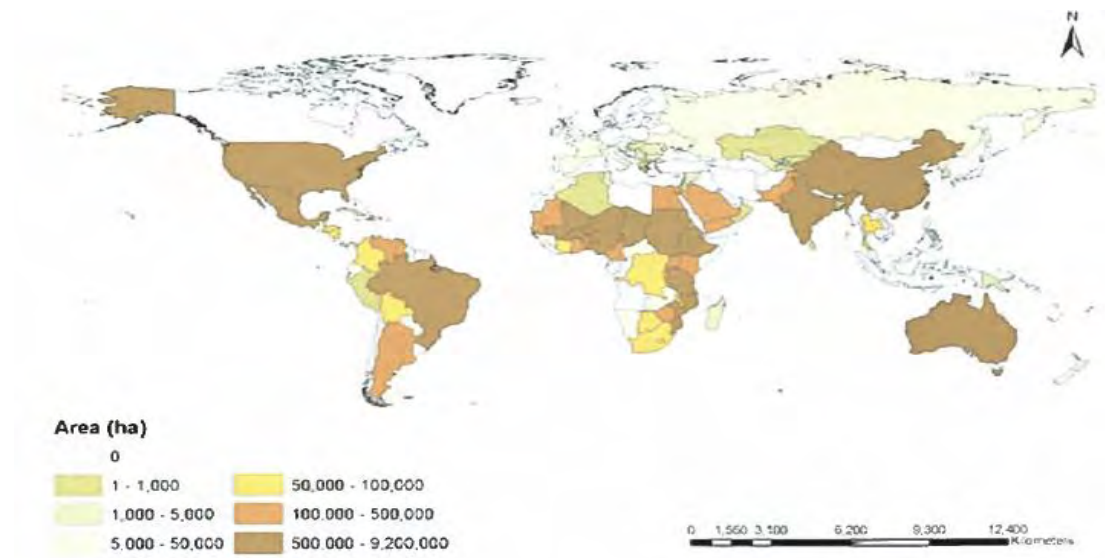


Σήμερα είναι το τέταρτο σε σειρά σημαντικό σιτηρό και καλλιεργείται κατά 90% στις αναπτυσσόμενες χώρες (Αφρικής και Ασίας) κυρίως για ζωοτροφή. Ωστόσο, στην Ελλάδα η καλλιέργεια του σόργου δεν ξεπερνά τα 10.000 στρέμματα και

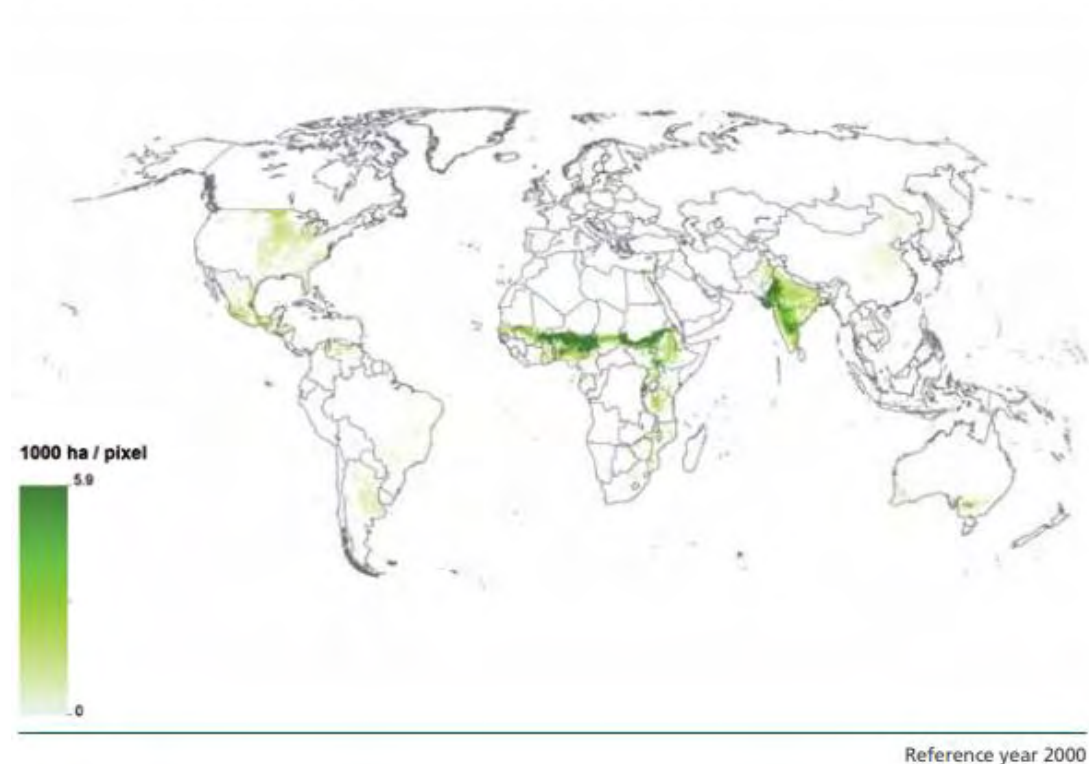
εντοπίζεται κυρίως στη Θράκη, για κατασκευή σαρώθρων (σκούπα). Προσπάθειες έγιναν κατά καιρούς για αύξηση της παραγωγής στην χώρα μας χωρίς ιδιαίτερη επιτυχία. Χαρακτηριστικά αναφέρεται από τον Αλέξανδρο Ν. Γεωργακόπουλο σε έκδοση της Ελληνικής Γεωργικής Εταιρίας το 1933. Η νέα αυτή καλλιέργεια για την Ελλάδα αντιμετωπίζεται με δυσπιστία και χωρίς το ενδιαφέρον που θα έπρεπε να της δίνεται.

1.2.2 Γεωγραφική κατανομή παραγωγής

Γεωγραφική κατανομή παραγωγής σόργου το έτος 2004 ([http://www.icrisat.org/...](http://www.icrisat.org/)).

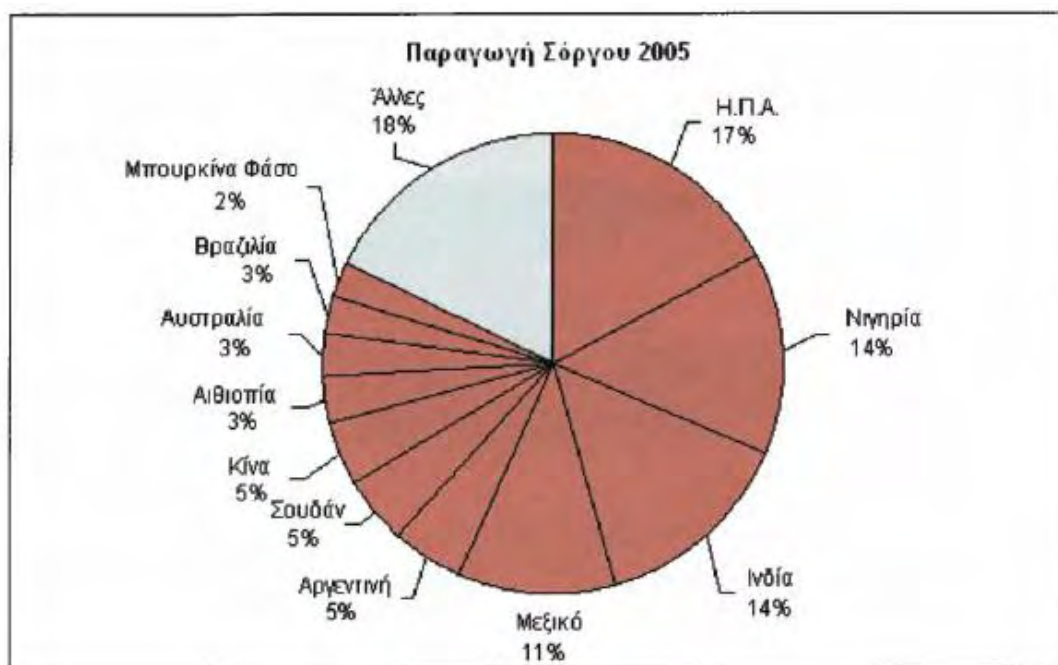


Περιοχές καλλιέργειας σόργου (GAEZ,2011)



Οι χώρες με τις μεγαλύτερες παραγωγές ανήκουν γεωγραφικά στην Ασία και είναι η Κίνα, η Ινδία, το Πακιστάν, η Κορέα και άλλες. Σημαντικές επίσης παραγωγές εμφανίζουν οι ΗΠΑ, η Αυστραλία και αρκετές χώρες της κεντρικής και Νοτίου Αφρικής με την Βραζιλία να έχει μεταξύ αυτών την σπουδαιότερη θέση. Ειδικότερα στις χώρες τις Ασίας (Ινδία), Αφρικής αλλά και της κεντρικής Αμερικής το σόργο καταναλώνεται από μεγάλο μέρος του πληθυσμού καθώς περιέχει υψηλά ποσοστά υδατανθράκων και αμύλου γεγονός που του δίδει την δυνατότητα υποκατάστασης του αραβόσιτου και του σιταριού στην παραγωγή άρτου και άλλων προϊόντων. Η τροφική ωφέλεια του σόργου κινεί και κάποιο ιατρικό ενδιαφέρον λόγω της βραδύτητας του μεταβολισμού του στον άνθρωπο με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της πέψης γεγονός που έχει ευεργετικά αποτελέσματα στους διαβητικούς. Στην Ελλάδα συγκεκριμένα η καλλιέργεια του σόργου περιορίζεται στην περιοχή του Έβρου. Παρακάτω παρατίθενται πινάκες που δείχνουν την παραγωγή σόργου μερικών χωρών που ξεχωρίζουν παγκοσμίως.

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται τα ποσοστά παραγωγής σόργου διάφορων χωρών σε σχέση με την παγκόσμια παραγωγή το έτος 2005 (<http://gramene.agrinome.org/...>).



1.2.3 Κατηγορίες σόργου

Το καλλιεργούμενο είδος σόργου είναι το *Sorghum bicolor* ($2n = 20$) του οποίου η παλαιότερη ονομασία ήταν *Sorghum vulgare*. Οι καλλιεργούμενοι τύποι κατατάσσονται σε υποείδη όπως *Dura*, *Sudanense*, κτλ. Οι καλλιεργούμενοι τύποι *Sorghum bicolor* ταξινομούνται γεωργικά στις παρακάτω ομάδες ποικιλιών.

- Καρποδοτικές (*grain sorghum*). Περιλαμβάνονται διάφορες ποικιλίες χονδροστέλεχες, χαμηλόσωμες (τύπος *Kafir*), μέτριου ύψους (τύπος *Dura*) και υψηλόσωμες (τύπος *Milo*). Οι μέτριου ύψους και υψηλόσωμες είναι οψιμότερες από τις χαμηλόσωμες αλλά έχουν πιο ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα.
- Χορτοδοτικές. Είναι ποικιλίες λεπτοστέλεχες με πολλά αδέρφια και πλούσιο φύλλωμα. Είναι κατάλληλες για χλωρή ζωοτροφή ή ενσίρωση. Θερίζονται 2-4 φορές το έτος, αρδεύονται και λιπαίνονται ισχυρά καθώς είναι απαιτητικές σε άζωτο. Παράγουν μεγάλες ποσότητες εύπεπτου χόρτου οι οποίες είναι πλούσιες σε υδατάνθρακες.
- Ζαχαρούχες (*Sorgo*). Στην εντεριόνη του στελέχους τους περιέχουν χυμό με σακχαρούχες ουσίες (17% και πλέον). Είναι τύποι χονδροστέλεχοι, υψηλόσωμοι, όψιμοι και καλλιεργούνται για την εξαγωγή του σακχαρούχου χυμού τους ή για παραγωγή χόρτου που προορίζεται για ενσίρωση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει το γλυκό σόργο.
- Σκούπα (*Bloom com*). Στην Ελλάδα καλλιεργούνται για παραγωγή καρπού καθώς και για τη παραγωγή σαρώθρων, ιδίως στο νομό Έβρου (Σφήκας 1991).

1.2.4 Συστηματική κατάταξη

Το επιστημονικό όνομα του σόργου είναι *Sorghum bicolor* και ανήκει στην οικογένεια των Αγρωστωδών. Πριν την περιγραφή του σόργου από τον *Linnaeus*, αυτό αναφερόταν με διάφορες λατινικές ονομασίες όπως *Milium indicum* ή *Melica sive Sorghum*. Αρχικά ο Πλίνιος έδωσε την πρώτη γραπτή περιγραφή του σόργου τον πρώτο αιώνα, ενώ τα σημάδια του σόργου χάνονται μέχρι τον δέκατο τέταρτο αιώνα, εκτός από κάποια αναφορά του Κινέζου *Wangzhen* το 1313. Το 1753 ο *Linnaeus* κατέταξε το σόργο στο γένος *Holcus* ενώ αργότερα ο *Moench* διαφοροποίησε το γένος *Sorghum* από το γένος *Holcus*. Το γένος

Sorghum υποδιαιρείται σε τρία διαφορετικά είδη: *S. bicolor*, *S. halepense* και *S. propinquum*. Τα δύο τελευταία είδη περιλαμβάνουν αυτοφυή φυτά με πολύ ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα, ετήσια και πολυετή, όπως το γνωστό δυσεξόντωτο ζιζάνιο "βέλιουρας" (Berenji & Dahlberg, 2004).

Σύμφωνα με το USDA δίνεται η βοτανική ταξινόμηση για το *s.bicolor*

Rank	Scientific Name and Common Name
Kingdom	Plantae – Plants
Subkingdom	Tracheobionta – Vascular plants
Superdivision	Spermatophyta – Seed plants
Division	Magnoliophyta – Flowering plants
Class	Liliopsida – Monocotyledons
Subclass	Commelinidae
Order	Cyperales
Family	Poaceae / Gramineae – Grass family
Genus	<i>Sorghum</i> Moench – sorghum
Species	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench – sorghum

Το είδος *S. bicolor* περιλαμβάνει ετήσια φυτά, καλλιεργούμενα και μη ,ενώ χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλομορφία. Υποδιαιρείται στα υποείδη *bicolor*, *drummondii* και *verticilliflorum*, από τα οποία μόνο το πρώτο (*Sorghum bicolor* spp. *bicolor*) περιλαμβάνει καλλιεργούμενα είδη. Οι γνωστότερες ποικιλίες αναφέρονται κυρίως σε τρεις τύπους σόργου, το ινώδες, το σακχαρούχο και το καρποδοτικό.

1.2.5 Προϊόντα παραγωγής από την καλλιέργεια σόργου και χρήσεις.

Το σόργο είναι μια καλλιέργεια που χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα και η χρήση του διαφέρει τόσο από εποχή σε εποχή, όσο και από

περιοχή σε περιοχή. Ανάλογα την κατεύθυνση που επιλέξουμε διαφέρει και η διαχείριση.

Μερικές χρήσεις ανάλογα με τον τύπο του σόργου αναφέρονται παρακάτω.

- Το σποροπαραγωγικό ή καρποδοτικό σόργο (*Grain Sorghum*), το οποίο καλλιεργείται για παραγωγή σπόρου, και είναι ένα εντατικά καλλιεργούμενο είδος σε πολλές χώρες της Αφρικής, ορισμένες περιοχές της Ινδίας και τις Η.Π.Α.
- Το σόργο σαρωθροποιίας (*Broomcorn*), το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή σκούπας από τις μακριές διακλαδώσεις της ταξιανθίας του.
- Το ινώδες σόργο που είναι υβρίδιο μεταξύ του σποροπαραγωγικού και του σόργου σαρωθροποιίας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παραγωγή ενέργειας με καύση ή αεριοποίηση (*Amaducci et al., 2004*), παραγωγή στερεών καυσίμων (κυρίως πέλλετς) για θέρμανση (*EECI, 1999, Monti and Venturi, 2003*) ή βιο-υδρογόνου (*Grassi and Vasen, 2004*). Επίσης, το ινώδες σόργο καθώς και τα υπολείμματα αποχύμωσης του γλυκού σόργου αποτελούν πρώτη ύλη για την παραγωγή πολύ καλής ποιότητας χαρτιού.
- Το σόργο του Σουδάν (*Sudangrass*), το οποίο καλλιεργείται για ζωοτροφή.

Εκτός από τις κλασικές του χρήσεις το σόργο χρησιμοποιείται σε πολλές ακόμη περιπτώσεις. Για παράδειγμα, στη Νότια Αφρική, το σόργο χρησιμοποιείται για την παραγωγή μύρας, συμπεριλαμβανομένης της τοπικής έκδοσης του *Guinness*. Τα τελευταία χρόνια, το σόργο έχει χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο άλλων σιτηρών σε μύρα χωρίς γλουτένη. Παρόλο που οι αφρικανικές εκδόσεις δεν είναι «χωρίς γλουτένη», καθώς χρησιμοποιείται επίσης εκχύλισμα βύνης, είναι πραγματικά διαθέσιμη η αληθινά χωρίς γλουτένη μύρα, χρησιμοποιώντας υποκατάστατα όπως το σόργο ή το φαγόπυρο. Το σόργο χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως το κριθάρι για να παράγει μια βύνη που μπορεί να αποτελέσει τη βάση ενός πολτού που θα παρασκευάσει μια μύρα χωρίς γλιαδίνη ή ορδίν (μαζί "γλουτένη") και ως εκ τούτου μπορεί να είναι κατάλληλη για άτομα με κοιλιακά προβλήματα ή άλλους ευαίσθητους σε ορισμένες γλυκοπρωτεϊνών.

Επιπρόσθετα, το Νοέμβριο του 2006, η *Lakefront Brewery* του Μίλγουόκι, Ουισκόνσιν, ξεκίνησε τη μύρα χωρίς γλουτένη "*New Grist*", που παρασκευάζεται με σόργο και ρύζι. Είναι μια από τις πιο επιτυχημένες γραμμές του. Στόχος είναι εκείνοι

με κοιλιοκάκη, αν και η περιεκτικότητα σε χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες το καθιστά δημοφιλές και στους υγιεινούς πότες. Τον Δεκέμβριο του 2006, η *Anheuser-Busch* του Σαιντ Λούις, Μισσούρι, εισήγαγε τη νέα μύρα "*Redbridge*". Αυτή η μύρα είναι χωρίς γλουτένη και παράγεται με το σόργο ως κύριο συστατικό. Η *Redbridge* ήταν η πρώτη μύρα σόργου που διανεμήθηκε σε εθνικό επίπεδο στις Ηνωμένες Πολιτείες. (FAO,1995)

Επίσης, σε μη ανεπτυγμένες περιοχές του κόσμου, το σόργο είναι μια σημαντική καλλιέργεια τροφίμων, ειδικά για τους γεωργούς. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή τροφίμων όπως κουσκούς, αλεύρι σόργου, χυλό και μελάσα. Το *Bhakri (jogada rotti* στη βόρεια Καρνάτακα), που συνήθως παρασκευάζεται από σόργο, είναι η βασική διατροφή σε πολλά μέρη της Ινδίας.

Ακόμη, το ινώδες σόργο μπορεί να γίνει εξαιρετική σανίδα τοίχου για την κατασκευή κατοικιών, καθώς και βιοδιασπώμενη συσκευασία. Δεδομένου ότι δεν συσσωρεύει στατικό ηλεκτρισμό, χρησιμοποιείται επίσης σε υλικά συσκευασίας για ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

Το γλυκό ή σακχαρούχο σόργο (*Sweet sorghum*), καλλιεργείται για τα γλυκά στελέχη του, κυρίως για την παραγωγή σιροπιού, αλλά και για ζωοτροφή. Χρησιμοποιείται επίσης για παραγωγή βιοαιθανόλης και παραγώγων της, μέσω ζύμωσης των σακχάρων που περιέχονται στο φυτικό χυμό του. Ο σακχαρούχος χυμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πρώτη ύλη για παραγωγή κρυσταλλικής ζάχαρης (Woods, 2001, Gnansounou et al., 2005, Kangama and Rumei, 2005a, Kangama and Rumei, 2005b).

1.3 Είδη σόργου που χρησιμοποιούνται ως ενεργειακή καλλιέργεια

1.3.1 Ινώδες σόργο

Το ινώδες σόργο αποτελεί υβρίδιο του καρποδοτικού σόργου και του σόργου που χρησιμοποιείτε για την κατασκευή σκούπας. Ως ενεργειακό φυτό, το ινώδες σόργο καλλιεργείται σε πολλές ευρωπαϊκές και μη χώρες. Παρόλο που έχει τροπική προέλευση από πρόσφατες έρευνες (Dalianis 1996, Chatziathanassiou et al. 1998) η συγκεκριμένη καλλιέργεια παρουσίασε μια εντυπωσιακή προσαρμοστικότητα τόσο σε εύκρατα όσο και σε υποτροπικά κλίματα. Κάποια υβρίδια παρουσίασαν μεγάλη απόδοση και σε μεσογειακές συνθήκες. Είναι ετήσιο φυτό με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, μεγάλη παραγωγή σε βιομάζα, με αντοχή στη ξηρασία και μικρές

απαιτήσεις σε άζωτο. Έχει μικρή περιεκτικότητα σε ζάχαρη (9 - 12 %) ενώ η υψηλή ενεργειακή του αξία οφείλεται στο υψηλό ποσοστό του σε λινοκυτταρικές ουσίες (περίπου 2 τόνους ανά στρέμμα) που περιέχει. Το ριζικό του σύστημα είναι πολύ ανεπτυγμένο με πολλές πλάγιες ρίζες, κάτι που κάνει το φυτό πολύ ανθεκτικό σε συνθήκες ξηρασίας και ικανό να κινητοποιεί το φυσικό άζωτο και τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους. Επίσης το εκτεταμένο ριζικό του σύστημα σε συνδυασμό με τους πυκνούς πληθυσμούς μειώνει τον κίνδυνο διάβρωσης του εδάφους σε λοφώδεις ή πλάγιες περιοχές. Το ινώδες σόργο μπορεί να φυτρώσει σε μεγάλο εύρος εδαφών (pH 5-8) και σε εδάφη με μεγάλη αλατότητα ή αλκαλικότητα. Εδάφη όξινα βαριά θα πρέπει να αποφεύγονται. Σπέρνεται την άνοιξη όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι περίπου 15°C. Οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών είναι 70 cm, ενώ τα φυτά σπέρνονται ανά 10 - 20 cm επί της σειράς. Με βάση τις Ελληνικές περιβαλλοντικές συνθήκες απαιτούνται 300 - 700 mm νερού για άρδευση ανάλογα φυσικά με την περιοχή στην οποία καλλιεργείται. Οι απαιτήσεις σε λίπανση είναι μικρές και συνήθως παρέχονται 5 μονάδες N. Η απόδοση σε χλωρό βάρος φτάνει τους 9 τόνους ανά στρέμμα, ενώ σε ξηρό τους 3 τόνους ανά στρέμμα. Γνωστές ποικιλίες ινώδους σόργου είναι η ABF 306, η NK 507, η H 132 και η FS 5 (Panoutsou 2000).

1.3.2 Γλυκό σόργο

Το γλυκό σόργο είναι ένα αγρωστώδες φυτό με C4 μεταβολισμό (τα C4 φυτά παράγουν αρχικά κατά τη φωτοσύνθεση οξαλοξικό οξύ, το οποίο έχει 4 άτομα άνθρακα, γεγονός που τα κάνει να έχουν αυξημένη δέσμευση άνθρακα σε σχέση με τα C3 φυτά) και καταγωγή από την Κεντρική Αφρική το οποίο έχει την ικανότητα να αποθηκεύει μεγάλες συγκεντρώσεις σακχάρων στο στέλεχος του. Για το λόγο αυτό μπορεί να καλλιεργηθεί ως ενεργειακό φυτό με υψηλές αποδόσεις βιοαιθανόλης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες για την ανάπτυξή του ενώ το ριζικό του σύστημα είναι θυσανώδες με πλούσια διακλάδωση και τα φύλλα του καλύπτονται από μια κηρώδη ουσία που μειώνει τις απώλειες σε νερό. Το γεγονός αυτό το καθιστά ανθεκτικό στην ξηρασία. Παρά την τροπική καταγωγή του το σόργο έχει προσαρμοστεί με επιτυχία στα εύκρατα κλίματα και έχει υψηλές αποδόσεις. Μπορεί να αναπτυχθεί με την ίδια επιτυχία σε διάφορους τύπους εδαφών όπως αργιλώδη, πηλώδη, ασβεστολιθικά καθώς και πλούσια σε οργανική ύλη εδάφη. Αντέχει σε pH εδάφους μεταξύ 5,5 και 8,0. Έχει την ικανότητα να επιβιώνει

για μεγάλα χρονικά διαστήματα κάτω από συνθήκες ξηρασίας αναστέλλοντας την ανάπτυξή του και παραμένοντας σε λανθάνουσα κατάσταση επανερχόμενο σε φυσιολογικούς ρυθμούς ανάπτυξης όταν οι συνθήκες γίνουν ευνοϊκές (Hayward & Bernstein 1958). Το γλυκό σόργο είναι φυτό βραχείας φωτοπεριόδου και οι περισσότερες ποικιλίες του απαιτούν υψηλές θερμοκρασίες (περίπου 27 - 30°C) για την καλύτερη ανάπτυξή τους. Πολλαπλασιάζεται με σπέρματα και δύο πολύ διαδεδομένες ποικιλίες στον Ευρωπαϊκό χώρο είναι η (Keller) και η (Korall).

1.4 Στάδια ανάπτυξης του σόργου

Τα βασικά στάδια ανάπτυξης του σόργου είναι τέσσερα: α) στάδιο φυταρίου, β) στάδιο βλαστικής ανάπτυξης, γ) αναπαραγωγική φάση και δ) στάδιο ωρίμανσης.

α) Στάδιο φυταρίου

Το στάδιο του φυταρίου διαρκεί από το φύτευμα του σπόρου μέχρι την έναρξη του γονατώματος. Για το φύτευμα του σπόρου χρειάζεται η ύπαρξη κατάλληλης εδαφικής υγρασίας, επάρκειας οξυγόνου και κατάλληλες θερμοκρασίες. Όταν η σπορά γίνεται την άνοιξη ο σπόρος φυτρώνει συνήθως σε 7-10 ημέρες ενώ όταν γίνεται καλοκαίρι σε 2-3 ημέρες, λόγω υψηλότερων θερμοκρασιών (Guiying et al., 2004). Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από έντονη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος το οποίο σε πέντε εβδομάδες φτάνει σε βάθος 100 cm και πλευρικά σε ακτίνα 50 cm. Οι Dercas & Liakatas (1999) αναφέρουν ότι, η αύξηση του ριζικού συστήματος του γλυκού σόργου (ποικιλία Keller) ήταν γραμμική τις πρώτες 46 ημέρες μετά το φύτευμα φθάνοντας σε βάθος 1,4 m, ενώ 84 ημέρες μετά το φύτευμα έφτασε σε βάθος 1,8 m. Το αδέρφωμα λαμβάνει χώρα όταν τα φυτά βρίσκονται στο στάδιο 3-5 φύλλων και για το γλυκό σόργο απαιτούνται περίπου 30 ημέρες από το φύτευμα. Γενικά οι ποικιλίες του γλυκού σόργου έχουν μεγαλύτερη τάση αδερφώματος. Αναφέρεται ότι η ποικιλία Brandes αδερφώνει περισσότερο από κάθε άλλη, δίνοντας 4-7 αδέρφια ανά φυτό. Στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου, το αδέρφωμα δεν είναι επιθυμητό, λόγω της αρνητικής επίδρασης στην ανάπτυξη του κυρίως βλαστού καθώς αυτός γίνεται κοντότερος, λεπτότερος και πολύ πιο ευαίσθητος στο πλάγιασμα (Guiying et al., 2004). Αντίθετα, ποικιλίες που παρουσιάζουν έντονο αδέρφωμα είναι κατάλληλες για χορτοδοτικούς σκοπούς στην κτηνοτροφία (Παπακώστα, 1996, Guiying et al., 2004). Το σόργο έχει βραδεία ανάπτυξη κατά τα πρώτα στάδια (Dalianis et al., 1994, Chiaramonti et al., 2000),

ειδικότερα κατά τις πρώτες 50 ημέρες από το φύτευμα (Claassen *et al.*, 2004) και είναι αναγκαία για τα φυτά η ύπαρξη επαρκούς εδαφικής υγρασίας και θρεπτικών. Για το λόγο αυτό είναι επιβεβλημένος ο έλεγχος των ζιζανίων στο ευαίσθητο αυτό στάδιο της καλλιέργειας.

β) Στάδιο βλαστικής ανάπτυξης

Τα φυτά εισέρχονται στο στάδιο βλαστικής ανάπτυξης περίπου 47-55 ημέρες από το φύτευμα (Guiying *et al.*, 2004). Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται αρχικά από ταχεία αύξηση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών ενώ στη συνέχεια παρατηρείται ταχύτερη αύξηση του μήκους του βλαστού (Mastrorilli *et al.*, 1999). Η χρονική διάρκεια του βλαστικού σταδίου εξαρτάται από την ποικιλία. Σε πρώιμες ποικιλίες όπως η *Italian*, το στάδιο βλαστικής ανάπτυξης διαρκεί μόνο 30 ημέρες ενώ σε ποικιλίες μεγάλου βιολογικού κύκλου όπως η *Mh 1500* διαρκεί 74-90 ημέρες, δηλαδή είναι 2-3 φορές μεγαλύτερο. Όσο μεγαλύτερο είναι το στάδιο αυτό, τόσο ψηλότερα γίνονται τα φυτά και αυξάνεται η παραγωγή βιομάζας (Guiying *et al.*, 2004). Σε πειράματα ποικιλιών γλυκού σόργου στην Ελλάδα, ο μέγιστος ρυθμός συσσώρευσης βιομάζας στα φυτά ήταν κατά την περίοδο μεταξύ 45ης και 80^η ημέρας από το φύτευμα (Dalianis *et al.*, 1994). Κατά το στάδιο του γονατώματος γίνεται η αναπαραγωγική διαφοροποίηση των νεαρών φυτών. Η διαφοροποίηση της ταξιανθίας ξεκινά νωρίτερα στις πρώιμες ποικιλίες (Guiying *et al.*, 2004). Το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης είναι κρίσιμο για την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Οι καλλιεργητικές φροντίδες και η σωστή διαχείριση είναι καίριας σημασίας και επηρεάζουν άμεσα την τελική απόδοση σε βλαστό και σπόρο (Guiying *et al.*, 2004). Στο διάγραμμα 3.3 φαίνεται η επίδραση προσωρινού υδατικού στρες κατά το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης, στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) και την τελική παραγωγή ξηρής βιομάζας του γλυκού σόργου.

γ) Στάδιο ανθοφορίας

Μετά το τελευταίο φύλλο, το οποίο ονομάζεται φύλλο "σημαία" ακολουθεί η έκπτυξη της ταξιανθίας. Μία εβδομάδα αργότερα ξεκινά η ανθοφορία και 2-5 ημέρες αργότερα η άνθιση. Τα άνθη ανοίγουν σταδιακά από την κορυφή προς τη βάση και από το εξωτερικό προς το εσωτερικό της ταξιανθίας. Κάθε άνθος παραμένει περίπου για μία ώρα ανοιχτό (Guiying *et al.*, 2004). Τα σταχύδια ανοίγουν τη νύχτα ή τις πρώτες πρωινές ώρες ενώ η ζωτικότητα των μειώνεται ταχύτατα και εκμηδενίζεται

σε 3-6 ώρες. Το σόργο είναι αυτογονιμοποιούμενο είδος. Σταυρογονιμοποίηση γίνεται με τη βοήθεια του ανέμου σε μικρό ποσοστό, το οποίο ανάλογα με την ποικιλία κυμαίνεται μεταξύ 0-10% με μέσο όρο περίπου 2% (Miller & McBee, 1993). Στο γλυκό σόργο, η έναρξη συσσώρευσης σακχάρων αρχίζει με την έναρξη του αναπαραγωγικού σταδίου αλλά μεγιστοποιείται μετά την άνθιση (Dolciotti et al, 1998). Κατά το στάδιο της άνθισης, τα φυτά έχουν τις μέγιστες υδατικές ανάγκες. Επομένως πρέπει να εξασφαλίζεται η κάλυψη των υδατικών αναγκών της καλλιέργειας κατά την πλήρη άνθιση, ιδιαίτερα όταν λαμβάνει χώρα κατά τις καλοκαιρινές ξηροθερμικές συνθήκες, με άρδευση της καλλιέργειας (Guiying et al., 2004).

δ) Στάδιο ωρίμανσης

Κατά το στάδιο ωρίμανσης μπορούμε να διακρίνουμε τρία επιμέρους στάδια το στάδιο γάλακτος, το στάδιο κηρού και το στάδιο πλήρους ωρίμανσης. Στάδιο γάλακτος : Μετά την ολοκλήρωση της γονιμοποίησης των ανθέων, ένα μέρος των θρεπτικών συστατικών του φυτού αποθησαυρίζονται στο στέλεχος και ένα άλλο οδηγείται στους σπόρους. Έτσι παρατηρείται ταχύτατη αύξηση του μεγέθους και του βάρους των σπόρων. Στο στάδιο αυτό οι σπόροι είναι υδαρείς εσωτερικά, γεμάτοι με ένα λευκό γαλακτώδες και παχύρευστο υγρό. Αν ασκηθεί πίεση στο σπόρο εξέρχεται υγρό που μοιάζει με γάλα. Στάδιο σκληρής ζύμης ή κηρού: Η υγρασία και το νωπό βάρος του σπόρου μειώνονται ταχύτατα, ο σπόρος γίνεται λιγότερο υδαρής και σκληραίνει. Αν ασκηθεί πίεση στο σπόρο, εξέρχεται μια κηρώδης πάστα. Στάδιο πλήρους ωρίμανσης: Ο σπόρος γίνεται ξηρός και σκληρός, η συσσώρευση ξηρής ουσίας φτάνει στο μέγιστο και ο σπόρος αποκτά την τελική του εμφάνιση και χρώμα. Από την άνθιση μέχρι την ωρίμανση απαιτούνται περίπου 30 ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία.

1.5 Μορφολογικά χαρακτηριστικά σόργου

1.5.1 Φύλλα

Το σόργο έχει φύλλα που μοιάζουν με του καλαμποκιού αλλά είναι μικρότερα κατά 50-60%. Είναι απλά σε δίσειρη διάταξη (δίστιχη φυλλοταξία) κατ' εναλλαγή και αποτελούνται από το έλασμα, τον κολεό και το γλωσσίδιο. Ο κολεός έχει μεγάλο μήκος και μεγάλο τμήμα του είναι προσκολλημένο στο μεσογονάτιο διάστημα του βλαστού. Το έλασμα είναι πλατύ, λογχοειδές, οδοντωτό στις παρυφές του, με λεία

επιφάνεια (Guiying et al., 2004). Τα φύλλα έχουν χαρακτηριστικά που φανερώνουν αντοχή στην ξηρασία. Συγκεκριμένα, φέρουν εφυμενίδα με κηρώδες επίχρισμα και πολλά μηχανικά κύτταρα στην άνω επιδερμίδα που προσδίδουν ικανότητα συστροφής του ελάσματος σε περιόδους ξηρασίας με αποτέλεσμα τη μειωμένη απώλεια νερού (Undersander et al., 1990). Επίσης μπορεί να φέρουν τριχίδια τα οποία προσδίδουν αντοχή σε ορισμένους εντομολογικούς εχθρούς. Το μεσόφυλλο έχει την «πανικοειδή» μορφολογία του τύπου C4). Το μήκος των φύλλων είναι 30-135 cm και το πλάτος 6-13 cm. Ο αριθμός των φύλλων είναι ίσος με τον αριθμό των γονάτων (Guiying et al., 2004). Το φυτό έχει συνήθως 14-17 φύλλα, ενώ τα στομάτια είναι τοποθετημένα αμφίπλευρα (LAMNET, 2006). Οι πρώιμες ποικιλίες έχουν μικρότερο αριθμό φύλλων από τις όψιμες, ενώ η ίδια ποικιλία σχηματίζει μεγαλύτερο αριθμό φύλλων σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη λόγω της μεγαλύτερης φωτοπεριόδου (Guiying et al., 2004). Το πρώτο φύλλο του φυταρίου είναι το μικρότερο και το μέγεθος των φύλλων αυξάνει σταδιακά ως το μέσο του φυτού όπου και γίνεται μέγιστο, ενώ κατόπιν μειώνεται βαθμιαία προς την κορυφή. Η θέση του μεγαλύτερου φύλλου είναι συνήθως μεταξύ των φύλλων 5-13 (από την κορυφή). Η θέση αυτή σχετίζεται στενά με τη βλαστική περίοδο των διαφόρων ποικιλιών και με την απόδοση διότι όσο χαμηλότερα βρίσκεται αυτή η θέση, τόσο μεγαλύτερη είναι η βλαστική περίοδος και τόσο υψηλότερη η απόδοση της καλλιέργειας. Το τελευταίο φύλλο που εκφύεται ονομάζεται και φύλλο-σημαία (Guiying et al., 2004). Σε καλά διαχειριζόμενες καλλιέργειες γλυκού και ινώδους σόργου, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) είναι 4-6 σε έναν έως δύο μήνες από το φύτευμα και ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό μπορεί να φτάσει τα 22. Το μέσο νωπό βάρος των φύλλων ανά φυτό κυμαίνεται από 150 ως 250 g. Τα φύλλα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και συνεπώς υψηλή θρεπτική αξία ως ζωοτροφή (Guiying et al., 2004).

1.5.2 Βλαστός

Μετά το φύτευμα, αναπτύσσεται ο γονατώδης βλαστός, από τον οποίο εκφύονται τα «αδέρφια» από τη βάση του φυτού. Το αδέρφωμα της ποικιλίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν πολύ έντονο. Τα ώριμα στελέχη του σόργου έχουν διάμετρο 1 - 5 εκατοστά ενώ η τυπική διάμετρος είναι 1,5 - 3 εκατοστά. Το βάρος του βλαστού ποικίλει ευρέως ανάλογα με την ποικιλία, την πυκνότητα φύτευσης, το περιβάλλον και τις συνθήκες ανάπτυξης και μπορεί να φτάσει μέχρι και 3,6 κιλά). Στο γλυκό

σόργο τα σάκχαρα αποτελούν περίπου το 38-41% του ξηρού βάρους των στελεχών, ενώ στο ινώδες μόνο το 9-12% (ΚΑΠΕ , 2004). Στο γλυκό σόργο, οι χλωροί βλαστοί του αποτελούνται κατά 65% από χυμώδη εντεριώνη πλούσια σε διαλυτά σάκχαρα και κατά 35% από το φλοιό που είναι πλούσιος σε ίνες, λιγνίνη και φαινολικά οξέα. Ο βλαστός αποτελείται κατά 85% από νερό και σάκχαρα με το 98% των σακχάρων του γλυκού σόργου να βρίσκεται στο στέλεχος και μόνο το 2% στα φύλλα και τα καρποφόρα όργανα. Ο σακχαρικός τίτλος (*Brix*) του χυμού στο βλαστό εξαρτάται από την ποικιλία, τις συνθήκες του περιβάλλοντος και το χρόνο συγκομιδής. Έχει τιμές 7-24% και μπορεί να διαφέρει ανάμεσα στα φυτά της ίδιας ποικιλίας (*Manual FAO*). Εξωτερικά ο βλαστός καλύπτεται από ένα σκληρό και παχύ μεμβρανώδη ιστό ενώ η επιδερμίδα του βλαστού καλύπτεται από λευκή κηρώδη σκόνη, η οποία έχει διπλό ρόλο. Αφενός εμποδίζει την απώλεια υγρασίας από το φυτό σε περιόδους ξηρασίας και αφετέρου δεν επιτρέπει την είσοδο νερού στο βλαστό σε συνθήκες περίσσειας νερού, κάνοντας το σόργο ιδιαίτερα ανθεκτικό τόσο στην ξηρασία όσο και σε συνθήκες υπερβολικής υγρασίας. Το ύψος των στελεχών ποικίλει από 0,6 - 5 μέτρα και εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία και δευτερευόντως από τη γονιμότητα του εδάφους, τη θερμοκρασία, τη φωτοπερίοδο τις συνθήκες ανάπτυξης και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων το οποίο καθορίζεται από τέσσερεις ανεξάρτητους γόνους που δρουν προσθετικά. Αυτοί επηρεάζουν το μήκος του μεσογονατίου χωρίς να επηρεάζουν τον αριθμό των φύλλων ή τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (*Quinby & Karper, 1954*). Σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη όπου η φωτοπερίοδος είναι μεγαλύτερη και το βλαστικό στάδιο ανάπτυξης των φυτών είναι μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας, τα φυτά αποκτούν μεγαλύτερο ύψος. Γενικά όταν οι γενότυποι του σόργου καλλιεργούνται σε μικρότερα γεωγραφικά πλάτη, κοντά στον ισημερινό, τα φυτά γίνονται κοντότερα, ενώ βορειότερα τα φυτά αποκτούν μεγαλύτερο ύψος . Γενικά, στο στέλεχος σχηματίζονται από 10 έως 20 γόνατα. Τα μεσογονάτια διαστήματα είναι μικρότερα στη βάση και μεγαλύτερα στο μέσο του στελέχους. Στο ανώτερο τμήμα του βλαστού τα μεσογονάτια διαστήματα σταδιακά γίνονται μικρότερα αλλά το τελευταίο μεσογονάτιο (κάτω από το φύλλο «σημαία») είναι μακρύτερο. Η βάση του βλαστού είναι πάντα μεγαλύτερης διαμέτρου από την κορυφή (*Manual FAO*). Από κάθε γόνατο εκφύεται ένα φύλλο. Στο γόνατο υπάρχει αυλάκωση, στην πλευρά που εκφύεται το φύλλο, που φέρει ένα μασχαλιαίο οφθαλμό. Ορισμένες ποικιλίες δεν έχουν τέτοιες αυλακώσεις και εμφανείς μασχαλιαίους οφθαλμούς. Γενικά οι

μασχαλιαίοι οφθαλμοί είναι σε λήθαργο (*Manual FAO*). Κατά το στάδιο του «αδερφόματος» στη βάση του στελέχους σχηματίζονται 1 - 5 οφθαλμοί που δίνουν νέα στελέχη που ονομάζονται «αδέρφια». Το αδέρφωμα ευνοείται από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες καθώς και από χαμηλές πυκνότητες φυτών. Τα αδέλφια δημιουργούν ανεξάρτητο ριζικό σύστημα. Η ικανότητα των φυτών να παράγουν αδέλφια έχει μεγάλη πρακτική σημασία καθώς με το αδέρφωμα είναι δυνατόν να αντισταθμιστεί το αραιό φύτεμα ή οι προσβολές από έντομα και ασθένειες (Παπακώστα, 1996-1997) ,ενώ είναι κύριος παράγοντας των σχετικά υψηλών αποδόσεων του σόργου σε βιομάζα όταν επικρατούν συνθήκες υδατικού στρες για την καλλιέργεια. Στο γλυκό σόργο η αφαίρεση της ταξιανθίας έχει ως αποτέλεσμα τάση για αδέρφωμα, υψηλότερη περιεκτικότητα των βλαστών σε χυμό αλλά μικρότερη περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά σάκχαρα και σακχαρόζη. Στην περίπτωση όμως που λάβει χώρα αφαίρεση της ταξικαρπίας κατά το στάδιο του γάλακτος του σπόρου, επιταχύνεται η συσσώρευση των σακχάρων στο στέλεχος και μειώνεται το ποσοστό πλαγιάσματος των φυτών, συντελώντας σε πρωιμότερη και ευκολότερη συγκομιδή της καλλιέργειας. Μετά τη συγκομιδή και στελεχοκοπή της καλλιέργειας, μπορούν να αναπτυχθούν αδέρφια από κοιμώμενους οφθαλμούς των υπολειμμάτων των φυτών. Με τη σωστή διαχείριση αυτά τα αδέρφια μπορούν να εξελιχθούν σε νέα φυτά, τα οποία μάλιστα αναπτύσσονται ταχύτερα από τα σπορόφυτα, λόγω του ήδη καλά αναπτυγμένου ριζικού συστήματος. Στην περίπτωση αυτή, οι αποδόσεις σε βιομάζα μπορεί να είναι αξιοσημείωτες. Έτσι σε θερμές περιοχές στις οποίες δεν υπάρχει κίνδυνος παγετού, η καλλιέργεια μπορεί να συγκομιστεί δύο φορές (*Manual FAO*).

1.5.3 Ριζικό σύστημα

Το σόργο αναπτύσσει πολύ ισχυρό θυσσανώδες ριζικό σύστημα. Καθώς η ρίζα ωριμάζει, στην επιδερμίδα σχηματίζεται πυριτική στήλη η οποία εξασφαλίζει επαρκή μηχανική αντοχή κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας, προφυλάσσοντας το ριζικό σύστημα από καταστροφή (*Manual FAO*). Το ριζικό σύστημα αποτελείται από πλέγμα κύριων, δευτερογενών και στηρικτικών ριζών. Η πρωτογενής ρίζα αναπτύσσεται στο αρτίβλαστο. Είναι η μοναδική εμβρυική ρίζα που αναπτύσσεται από το σπόρο κατά το φύτεμα και είναι προσωρινή. Πριν τη δημιουργία δευτερογενών ριζών, η πρωτογενής ρίζα είναι το κύριο όργανο πρόσληψης νερού και θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Οι ώριμες ρίζες σόργου έχουν τυχαία

διακλάδωση. Οι μόνιμες αυτές ρίζες έχουν πολυάριθμες διακλαδισμένες πλευρικές ρίζες που αναπτύσσονται στο έδαφος προς όλες τις κατευθύνσεις. Το ριζικό σύστημα εκτείνεται τουλάχιστον 1,5 μέτρα γύρω από το φυτό, ο κύριος όγκος του συγκεντρώνεται στα πρώτα 90 εκατοστά του εδαφικού προφίλ αλλά φτάνει στο διπλάσιο βάθος (*Manual FAO*). Η δυναμικότητα, δηλαδή ο βαθμός ανάπτυξης και διείσδυσης του ριζικού συστήματος στο έδαφος εξαρτάται από συνδυασμό παραγόντων που σχετίζονται με το φυτό και το έδαφος, όπως η εδαφική αντίσταση, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από την κοκκομετρική σύσταση, τη δομή και την περιεχόμενη υγρασία του εδάφους. Το ριζικό σύστημα αποτελεί το 10% - 12% του συνολικού ξηρού βάρους του φυτού. Γενικά το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος σε πλήρως ανεπτυγμένα φυτά βρίσκεται μεταξύ 0,9 – 1,2 μέτρα ενώ οι ρίζες φτάνουν σε βάθος 1,8 – 2,7 μέτρα. Το κύριο ριζόστρωμα είναι σε μεγαλύτερο βάθος σε ξηρικές καλλιέργειες (Καραμάνος,1999). Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματική χρήση του νερού και την αντοχή στην ξηρασία είναι η αποτελεσματικότητα του ριζικού συστήματος. Ενώ το πρωτογενές ριζικό σύστημα του καλαμποκιού και του σόργου είναι εξίσου εκτεταμένο, ωστόσο το σόργο σχηματίζει διπλάσιο αριθμό δευτερογενών ριζών, συγκριτικά με το καλαμπόκι, σε όλα ανεξαρτήτως των στάδια ανάπτυξης (*Manual FAO*, Καραμάνος, 1999). Επομένως υπάρχει μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης νερού (σχεδόν διπλάσια) στο σόργο, σε σύγκριση με το καλαμπόκι. Αυτό έχει μεγάλη οικολογική και οικονομική σημασία εάν ληφθεί υπόψη ότι η φυλλική επιφάνεια του σόργου είναι η μισή από εκείνη του καλαμποκιού. Επίσης μεγάλη είναι και η απορροφητική ικανότητα του ριζικού συστήματος του σόργου. Μετά το σχηματισμό 3-4 φύλλων από το φυτό, δευτερογενείς ρίζες αναπτύσσονται από το πρώτο γόνατο της βάσης του στελέχους, κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου του φυτού οι δευτερογενείς ρίζες παρέχουν νερό και θρεπτικά στοιχεία. Σε πορώδη εδάφη σχηματίζεται πολύ αναπτυγμένο ριζικό σύστημα. Σε ξηρά κλίματα, ο αριθμός δευτερογενών ριζών είναι μικρότερος, ωστόσο φτάνουν σε μεγαλύτερο βάθος και εκμεταλλεύονται την υγρασία που υπάρχει εκεί, παρέχοντας μεγάλη αντοχή των φυτών στην ξηρασία (*Manual FAO*). Οι στηρικτικές ρίζες του φυτού ονομάζονται και εναέριες. Εκφύονται από τα τέσσερα πρώτα γόνατα του στελέχους και αποτελούν τη βάση στήριξης του φυτού. Οι εναέριες ρίζες έχουν μεγαλύτερο πάχος και είναι πιο ανθεκτικές στη μηχανική καταπόνηση από τις υπόγειες, παρέχοντας ισχυρή στήριξη. Ο αριθμός τους ποικίλει ανάλογα με τις

περιβαλλοντικές συνθήκες και την ποικιλία. Εκτός του στηρικτικού ρόλου, απορροφούν νερό και θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος. Η δημιουργία αναχωμάτων κατά την καλλιέργεια του σόργου βελτιστοποιεί την αποτελεσματικότητα των εναέριων ριζών τόσο ως προς την στήριξη που αυτές παρέχουν στο φυτό όσο και ως προς την ικανότητα απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων.

1.5.4 Καρπός

Η ταξικαρπία φέρει μέχρι και 4000 σπόρους (*LAMNET, 2006*). Ο καρπός είναι καρύωση και αποτελείται από το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Ο καρπός περιβάλλεται από δύο λέπυρα τα οποία τα οποία μπορεί να απομακρύνονται εύκολα ή δύσκολα (δυσκολότερα στο γλυκό σόργο). Το σχήμα και το χρώμα των σπόρων ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία. Υπάρχουν σφαιροειδείς, ελλειψοειδείς, οβάλ κ.α. σχήματα σπόρων ενώ το χρώμα τους μπορεί να είναι λευκό, ανοιχτό κίτρινο, ροζ, κεραμίδι, από ανοιχτό έως σκούρο καφέ. Οι χρωστικές βρίσκονται στο περικάρπιο του σπόρου. Το σκοτεινό χρώμα υποδηλώνει παρουσία τανίνης, η οποία μειώνει την πεπτικότητα του καρπού ως ζωοτροφή. Κίτρινο ενδοσπέρμιο υποδηλώνει μεγάλη περιεκτικότητα σε καροτένια και επομένως υψηλή θρεπτική αξία. Το ενδοσπέρμιο αποτελείται από άμυλο (αμυλόζη και αμυλοπηκτίνη). Η περιεκτικότητα σε τανίνη προσδίδει στο σπόρο ελαφρώς όξινο χαρακτήρα. Η τανίνη μπορεί να εξουδετερώσει την αλκαλικότητα οπότε αν ο σπόρος φυτευτεί σε αλκαλικό έδαφος, μπορεί να μειώσει τοπικά την αρνητική επίδραση της αλκαλικότητας στη βλάστησή του (*FAO, 1994*). Ο σπόρος του γλυκού σόργου είναι μικρότερος από του καρποδοτικού σόργου. Το μέσο βάρος 1000 σπόρων είναι περίπου 21g και κυμαίνεται από 16-28g (25000 ως 61740 σπόροι/kg) (*FAO, 1994, LAMNET, 2006*). Η καλλιέργεια του γλυκού σόργου αποδίδει 200-400 kg σπόρου ανά στρέμμα (*David Chiaramontia et al., 2004*).

1.5.5 Άνθος

Η ταξιανθία εκφύεται από τον κολεό του φύλλου σημαία. Η άνθιση ξεκινά από την κορυφή της ταξιανθίας και συνεχίζει προς το κατώτερο τμήμα. Στο γλυκό σόργο το νωπό βάρος της ταξιανθίας αποτελεί το 5,6-19,67% της συνολικής βιομάζας του φυτού (*Guiying et al, 2004*) και το μέγεθος της φτάνει σε μήκος και διάμετρο μέχρι 70 και 30 cm αντίστοιχα (*LAMNET, 2006*). Γενικά οι ποικιλίες με υψηλή

απόδοση σε βλαστό έχουν χαμηλή απόδοση σε σπόρο. Εξετάζεται η δυνατότητα δημιουργίας ποικιλιών με υψηλή απόδοση τόσο σε βλαστό όσο και σε σπόρο. Αναφέρεται ότι σε ποικιλίες γλυκού σόργου τα υψηλά επίπεδα σακχάρων διατηρούνται κατά την περίοδο της καρπώδεσης και η μεταφορά άνθρακα από τα σάκχαρα στους σπόρους είναι ασήμαντη (Guiying et al., 2004).

1.6 Καλλιέργεια σόργου

1.6.1 Περιβαλλοντικές απαιτήσεις

1.6.1.1 Έδαφος

Το σόργο προσαρμόζεται σε μεγάλο εύρος εδαφών αλλά ευνοούν βαθιά εδάφη, πλούσια σε οργανική ουσία, καλής δομής, καλοστραγιζόμενα και υψηλής υδατοχωρητικότητας (Guiying et al., 2004). Οι εδαφικές απαιτήσεις κυμαίνονται σε pH:5 – 8.5 και αντέχει σε εδάφη αλατούχα ή αλκαλιωμένα. Για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων τα εδάφη πρέπει να είναι βαθιά, όχι πολύ ελαφρά και να περιέχουν αρκετά στοιχεία.(Βασίλειος Μπλέτσας,2010).

1.6.1.2 Θερμοκρασία

Το σόργο λόγω της καταγωγής του από τις τροπικές ζώνες, όπου και μπορεί να καλλιεργηθεί όλες τις εποχές απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες. Σε υποτροπικές και εύκρατες ζώνες μπορεί να καλλιεργηθεί ως εαρινή καλλιέργεια. Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 8-10 βαθμοί Κελσίου ενώ οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις διαφέρουν μεταξύ των ποικιλιών σόργου και κυμαίνονται μεταξύ 20 - 35 βαθμών Κελσίου. Η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης του φυτού είναι 9 - 10 βαθμοί Κελσίου αν και για καλή εγκατάσταση της καλλιέργειας και ταχύτερη ανάπτυξη απαιτείται θερμοκρασία 14 – 15 βαθμών Κελσίου. Οι άριστες θερμοκρασίες ανάπτυξης σύμφωνα με κάποιους ερευνητές είναι 27 - 29 βαθμοί Κελσίου ενώ σύμφωνα με άλλους 33 - 34 βαθμοί Κελσίου. Στο γλυκό σόργο η μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ημέρας και νύχτας μετά την άνθιση, ευνοεί τη συσσώρευση σακχάρων στο βλαστό και θρεπτικών στοιχείων στο σπόρο (Manual FAO). Από τη σπορά μέχρι την ωρίμανση ο αριθμός των βαθμομερών που απαιτείται είναι διαφορετικός για κάθε ποικιλία. Υπάρχουν ποικιλίες 1500 μέχρι και 2500 βαθμομερών.

1.6.1.3 Υγρασία

Το σόργο θεωρείται ως ένα από τα ανθεκτικότερα και παραγωγικότερα φυτά ακόμη και σε ημίξηρες περιοχές με ελάχιστο ετήσιο ύψος βροχής 350 - 400 mm. Η καλλιέργειά του είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιοχές όπου η υψηλή θερμοκρασία και η ξηρασία είναι απαγορευτικές για την καλλιέργεια του αραβοσίτου. Λόγω της αντοχής του στην ξηρασία ο *Arnon* (1972) το αποκαλεί «καμήλα του φυτικού βασιλείου». Η μεγάλη αντοχή του σόργου στην ξηρασία οφείλεται σε πολλούς παράγοντες:

- Το πολύ ανεπτυγμένο ριζικό του σύστημα σε σχέση με το υπέργειο τμήμα.
- Τα στόματα κλείνουν σε τιμές του υδατικού δυναμικού των φύλλων αρνητικότερες από άλλα φυτά, γεγονός που επιτρέπει στα φυτά να φωτοσυνθέτουν ακόμη και όταν το νερό είναι πολύ περιορισμένο.
- Σε μορφολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων που μειώνουν τις απώλειες νερού (παχιά εφυμενίδα με κηρώδες υδρόφοβο επίχρισμα και μηχανικά κύτταρα που προκαλούν τύλιγμα των φύλλων για μείωση της διαπνοής).
- Το οσμωτικό δυναμικό του κυτταρικού χυμού είναι πολύ αρνητικό και επιτρέπει απορρόφηση νερού και σε περιόδους έντονης εδαφικής ξηρασίας. Επίσης διαθέτει μηχανισμούς μείωσης του οσμωτικού δυναμικού σε περιόδους που το νερό είναι περιορισμένο (οσμωρυθμιστική ικανότητα). Ελάχιστη προϋπόθεση για να αποδώσει το σόργο επαρκώς υπό ξηρικές συνθήκες είναι η επάρκεια υγρασίας μέχρι ένα βάθος περίπου 100 cm κατά τη σπορά. Εάν η υγρασία είναι επαρκής μέχρι τα 150 cm υπάρχουν δυνατότητες για αξιόλογη παραγωγή, ενώ αν ξεπερνά τα 150 cm πρέπει να αναμένονται υψηλές αποδόσεις. Εκτός από την αντοχή του στην ξηρασία, το σόργο αντέχει και στην περίσσεια νερού περισσότερο από τον αραβόσιτο (*Doggett & Jowett, 1966*), αλλά υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των γονοτύπων.

1.6.1.4 Φωτοπερίοδος

Το σόργο είναι φυτό βραχείας ημέρας, στο οποίο η άνθιση προκαλείται από την ύπαρξη βραχέων ημερών (μακράς διάρκειας νύχτες), ενώ υπάρχει μεγάλη διακύμανση στη φωτοπερίοδο που απαιτείται από τις διάφορες ποικιλίες. Για την έναρξη της άνθισης απαιτείται φωτοπερίοδος 14 ωρών αν και υπάρχουν γενότυποι

που δεν είναι φωτοευαίσθητοι. Ημέρες μεγάλης φωτοπεριόδου ευνοούν τη βλαστική ανάπτυξη ενώ μικρής την αναπαραγωγική. Επομένως σε ζώνες μικρού γεωγραφικού πλάτους, με μικρή διάρκεια ημέρας, οι περισσότερες; Ποικιλίες γλυκού και ιώδους σόργου έχουν μικρότερες αποδόσεις σε βιομάζα. Είναι απαραίτητη η επιλογή του κατάλληλου γενοτύπου με την καλύτερη προσαρμογή στις τοπικές συνθήκες φωτοπεριόδου για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων (*Manual FAO*). Ο χρόνος συγκομιδής εξαρτάται άμεσα από το γενότυπο και το χρόνο σποράς. Σε περιοχές όπου οι συνθήκες περιβάλλοντος δεν επιτρέπουν μεγάλη διάρκεια καλλιεργητικής περιόδου πρέπει να χρησιμοποιούνται πρώιμες ποικιλίες (π.χ *Italian*), ενώ αντίθετα σε περιοχές μακράς καλλιεργητικής περιόδου συνίσταται η χρήση ποικιλιών μεγάλου βιολογικού κύκλου (π.χ *Theis, Cowley*) (*Manual FAO*).

1.6.2 Προετοιμασία εδάφους

Η προετοιμασία του εδάφους, συμπεριλαμβανομένων της χρήσης δισκοσβάρνας και οργώματος, γίνεται το χειμώνα, την άνοιξη και πριν τη σπορά για τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, αυξάνοντας το πορώδες, τον αερισμό και τη διηθητικότητα του εδάφους, καθώς επίσης για την αύξηση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, μέσω της καταστροφής των ζιζανίων και την ενσωμάτωση με όργωμα των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, η οποία συντελεί στη μείωση ζιζανίων, εντομολογικών εχθρών και ασθενειών (*Guiying et al., 2004, Gazaway & Mask, 2006*) Είναι πολύ χρήσιμο να γίνεται χειμερινό όργωμα όταν προηγείται καλλιέργεια με μεγάλο όγκο φυτικών υπολειμμάτων, όπως για παράδειγμα αραβόσιτος (*Undersander et al., 1990*). Πλέον σε πολλές περιπτώσεις, για τη μείωση του κόστους παραγωγής, την αποφυγή της διάβρωσης και εδαφικής υποβάθμισης εφαρμόζονται τεχνικές μειωμένης κατεργασίας. Η μειωμένη κατεργασία επιτυγχάνεται με δυο κυρίως τρόπους. Στην πρώτη περίπτωση η κατεργασία γίνεται με ένα ελαφρύ σκάλισμα του επιφανειακού στρώματος του εδάφους με καλλιεργητή ή δισκοσβάρνα λίγο πριν το χρόνο σποράς. Στη δεύτερη περίπτωση με σύνθετο μηχάνημα γίνεται η κατεργασία του εδάφους σε λωρίδες και στη συνέχεια σπορά στις λωρίδες αυτές. Γενικώς το βάθος κατεργασίας εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, αλλά γενικά δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 20 εκατοστά (Παπακώστα, 1996-1997).

1.6.3 Αμειψισπορά

Στις μεσογειακές χώρες ο βιολογικός κύκλος του γλυκού και του ινώδους σόργου (140 - 160 ημέρες) επιτρέπει τη σπορά κάποιας χειμερινής καλλιέργειας. Σύμφωνα με τους *Monti and Venturi* (2003), η τριετής μονοκαλλιέργεια δεν ελάττωσε τις αποδόσεις μη αρδευόμενης καλλιέργειας γλυκού και ινώδους σόργου. Ο Καραμάνος (1999) αναφέρει ότι το σόργο μπορεί να ακολουθήσει οποιοδήποτε φυτό και οι *Grassi et al.* (2004) αναφέρουν ότι το γλυκό σόργο μπορεί να ακολουθεί χειμερινά σιτηρά και να ακολουθείται από καλαμπόκι, τεύτλα ή ηλίανθο. Σύμφωνα όμως με το *Bioenergy Holechain* συνίσταται να μην είναι αραβόσιτος η προηγούμενη ή η αμέσως επόμενη καλλιέργεια. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν προηγείται σανοδοτικό ψυχανθές έχει πιο ευεργετικά αποτελέσματα στο σόργο από κάποιο καρποδοτικό σιτηρό, επειδή εξοικονομείται εδαφική υγρασία τουλάχιστον κατά 30 - 50% και το έδαφος έχει υψηλότερο επίπεδο γονιμότητας. Επίσης, η εναλλαγή χειμερινής καλλιέργειας ψυχανθούς ή σίκαλης σε κεκλιμένα εδάφη μετά τη συγκομιδή του σόργου μειώνει τη διάβρωση του εδάφους, ενώ η καλλιέργεια ψυχανθούς ελέγχει καλύτερα την έκπλυση του αζώτου και αυξάνει τη διείσδυση του νερού στο έδαφος (Καραμάνος, 1999). Τα αποτελέσματα σχετικών μελετών στις οποίες εφαρμόστηκαν 19 συστήματα εναλλαγής καλλιεργειών, στα οποία συμμετείχαν γλυκό και ινώδες σόργο, σόγια, σιτάρι, ελαιοκράμβη, κουκιά, καλαμπόκι και κολοκάσι (*Jerusalem artichoke*), συνοψίζονται στα εξής:

- Στο γλυκό σόργο δεν παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των αποδόσεων του σε όλες τις εναλλαγές καλλιεργειών που συμμετείχε καθώς και σε τριετή μονοκαλλιέργεια. Οι καλύτερες αποδόσεις βιομάζας και σακχάρων ήταν μετά από σιτάρι – κουκιά και σιτάρι – σόγια. Δεν συστήνεται καλλιέργεια ελαιοκράμβης μετά το γλυκό σόργο.
- Στο ινώδες σόργο η τριετής μονοκαλλιέργεια είχε αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης κατά το τρίτο έτος. Οι καλύτερες αποδόσεις ήταν μετά από σιτάρι – σόγια ή σόγια – σιτάρι. Δεν συστήνεται καλλιέργεια σίτου μετά το ινώδες σόργο.

Οι αποδόσεις γλυκού και ινώδους σόργου αυξάνονται όταν προηγείται καλλιέργεια σιταριού, ενώ για την αποφυγή μείωσης των αποδόσεων σίτου ενδείκνυται ενδιάμεση καλλιέργεια ψυχανθούς (κουκιά, σόγια) μεταξύ ινώδους ή γλυκού σόργου και σιταριού. Οι επιδράσεις του σόργου είναι αρνητικές u963 στα φυτά που ακολουθούν, κυρίως λόγω της εξάντλησης από το ισχυρό ριζικό σύστημα

της εδαφικής υγρασίας και των θρεπτικών στοιχείων, ιδίως σε πτωχά και ξηρά εδάφη (Παπακώστα, 2005). Επίσης το σόργο αφήνει τον αγρό σε κακή κατάσταση από πλευράς δομής. Οι βόλοι διασπώνται δύσκολα λόγω της ξηρότητας τους και λόγω των πολυπληθών ριζιδίων που εγκλωβίζουν το χώμα, για το λόγο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην προετοιμασία του εδάφους για την επόμενη καλλιέργεια. Μια πρόσθετη δυσμενής επίδραση φαίνεται να οφείλεται σε φαινόμενα αλληλοπάθειας του σόργου. Εκχυλίσματα από βλαστούς και ρίζες σόργου ήταν περισσότερο τοξικά σε αρτίβλαστα σιταριού συγκριτικά με αντίστοιχα εκχυλίσματα από αραβόσιτο, σιτάρι και βρώμη. Συνίσταται επομένως να ακολουθούν το σόργο εαρινές καλλιέργειες (Καραμάνος, 1999). Η χρήση του σόργου σε συστήματα εναλλαγής καλλιεργειών έχει και ευεργετικά αποτελέσματα διότι μειώνει τη διάβρωση του εδάφους, λόγω της συγκράτησης από το εκτεταμένο ριζικό του σύστημα.

1.6.4 Σπορά

Το σόργο στις εύκρατες περιοχές σπέρνεται την άνοιξη, ενώ στις τροπικές όλο το χρόνο, ανάλογα με την περίοδο των βροχοπτώσεων. Ο χρόνος σποράς πρέπει να προσδιορίζεται με βάση τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους. Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 8-10 °C και η άριστη μεταξύ 20 °C και 30 °C. Το φύτευμα επιτυγχάνεται σε 5 ημέρες όταν η θερμοκρασία εδάφους είναι 18-21 °C. Όταν η σπορά γίνεται σε χαμηλότερες των απαιτούμενων θερμοκρασιών, τότε το φύτευμα καθυστερεί σημαντικά και υπάρχει ο κίνδυνος καταστροφής μεγάλου ποσοστού των σπόρων ή των φυταρίων από έντομα και μύκητες εδάφους (Duke, 1983, Guiying et al, 2004) Σε περιπτώσεις θερινής σποράς, αυτή πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας, ιδιαίτερα αν αυτή είναι σιτάρι, διότι τότε εξασφαλίζεται υψηλή εδαφική υγρασία (Guiying et al, 2004). Η πυκνότητα φυτών εξαρτάται από τη βλαστικότητα του σπόρου, την ποιότητα εδάφους, το ποσοστό εδαφικής υγρασίας, το κλίμα και την ποικιλία. Η σωστή πυκνότητα φυτών είναι σημαντική για την μέγιστη αξιοποίηση της γονιμότητας του εδάφους, της υγρασίας, της ηλιοφάνειας και για μεγιστοποίηση των αποδόσεων. Ως εκ τούτου συστήνεται υψηλότερη πυκνότητα φυτών σε εδάφη εύφορα και με επάρκεια υγρασίας σε σχέση με άγονα και ξηρά εδάφη (Guiying et al., 2004, Habyarimana et al., 2004). Ωστόσο σε ποικιλίες με έντονη της τάση «αδελφώματος» οι αποστάσεις θα πρέπει να διατηρούνται μεγάλες. (Duke, 1983) Επιπλέον, στις εαρινές σπορές ,απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα σπόρων ανά στρέμμα σε σχέση με

τις θερινές, ενώ για πρώιμες σπορές όπου η θερμοκρασία εδάφους είναι χαμηλή ή όταν είναι γνωστή η παρουσία επιζήμιων εντόμων εδάφους, συστήνεται υψηλότερη πυκνότητα φυτών (*Guiying et al., 2004*). Οι αποστάσεις που προτείνονται για την Ελλάδα για την σπορά του γλυκού και ινώδους σόργου είναι 70 cm μεταξύ των γραμμών και 10-20 cm επί της γραμμής σποράς, ενώ απαιτούνται 3-5 kg σπόρου ανά στρέμμα (*EECI, 1999c, EECI, 1999f*). Είναι λογικό πως θα πρέπει να εξετάζεται από περιοχή σε περιοχή. Η σπορά γίνεται μηχανικά με σπαρτικές μικρών σιτηρών ή βαμβακιού και αραβοσίτου. Το βάθος σποράς κυμαίνεται από 1,5 έως 3 εκατοστά. Το μικρότερο βάθος σποράς συνίσταται σε πρώιμη σπορά κατά την οποία η υγρασία του εδάφους είναι επαρκής και η θερμοκρασία χαμηλή, ενώ η βαθύτερη σπορά γίνεται σε ελαφρά, αμμώδη εδάφη. Σπορά σε μεγάλο βάθος μπορεί να προκαλέσει μειωμένη φυτρωτικότητα και καχεκτικά φυτάρια, ενώ με πολύ ρηχή σπορά (< 1,3 εκατοστά) πιθανώς να προκληθεί μειωμένη ανάπτυξη του ριζώματος με αποτέλεσμα προβλήματα πλαγιάσματος της καλλιέργειας κατά το στάδιο της ωριμότητας (*Παπακώστα, 1996, 1997*). Επιπλέον σύμφωνα με μελέτες σε συμπιεσμένα εδάφη ή εδάφη που η δημιουργία επιφανειακής κρούστας είναι συχνή, τα καλύτερα αποτελέσματα δίνει η καλλιέργεια σε αναχώματα (*Freeman et al, 1973, Mask & Morris, 1991, Καραμάνος, 1999*).

1.6.5 Λίπανση

Η ορθή λίπανση υπολογίζεται πάντα συνδυάζοντας όλες τις πληροφορίες που έχουμε όπως το έδαφος και την τοπογραφία, τις ανάγκες της καλλιέργειας, την προηγούμενη διαχείριση, τα δεδομένα παρακολούθησης απόδοσης, τις εφαρμογές κοπριάς, και πάντα με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος. Το σόργο αναπτύσσεται καλά σε εδάφη για τα οποία οι περιεκτικότητες τους είναι, 0-6 για ακίνητα θρεπτικά συστατικά και 0-24 για κινητά (N, Cl, S). (*Dorivar Ruiz Diaz, 2014*)

Αζωτο (N)

Οι συνηθέστερες μορφές αζωτούχων λιπασμάτων είναι, η άνυδρη αμμωνία (82% N) και η ουρία (46%N) και η επιλογή γίνεται βάση της πιο οικονομικής και εύχρηστης λύσης. Για το γλυκό και το ινώδες σόργο έχει υπολογιστεί ότι σε μη αρδευόμενη καλλιέργειά τους, η λίπανση με 10 kg N ανά στρέμμα αντιπροσωπεύει το 27% των συνολικών ενεργειακών εισροών (*Monti and Venturi,*

2003). Προσοχή πρέπει να δίνεται στα επιτρεπτά, για το σόργο, όρια ώστε να μην προκληθούν τοξικότητες. Ο χρόνος εφαρμογής του αζώτου προσαρμόζεται κατάλληλα σε κάθε περίπτωση. Η λίπανση μπορεί να γίνει, την Άνοιξη προσπαρτικά, κατά τη σπορά, εφαρμογή μεταφυτρωτικά ανάμεσα στις γραμμές(side dress), ή μέσω του νερού άρδευσης. Σε αμμώδη εδάφη πολλές δώσεις μεταφυτρωτικά έχουν καλύτερα αποτελέσματα απ' ότι η ολική του εφαρμογή με μια δόση. (Charles S. Wortmann, et al.,2013). Η εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων αυξάνει την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες αλλά μειώνει την περιεκτικότητα των ινών στο γλυκό σόργο. Ως εκ τούτου φαίνεται πως η νιτρική λίπανση μπορεί να βελτιώσει την πέψη και αφομοίωση του γλυκού σόργου (Almadares et al.,2009). Το σόργο χρησιμοποιεί το νιτρικό άζωτο πιο αποτελεσματικά, σε σχέση με το αμμωνιακό ή το άζωτο ουρίας. Συγκεκριμένα, η χρήση του νιτρικού N είναι 1,4- 1,7 φορές αποτελεσματικότερη (EECI, 2000). Ακόμη, όταν προηγείται καλλιέργεια κάποιου ψυχανθούς, απαιτούνται χαμηλότερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης για την καλλιέργεια (Chiaramontia et al., 2004).

Φώσφορο(Ph)

Οι ανάγκες του σόργου σε φώσφορο συνήθως καλύπτονται, ωστόσο θα πρέπει να γίνεται εδαφολογική εξέταση κάθε 2-4 χρόνια. Η εφαρμογή του μπορεί να γίνει είτε προσπαρτικά, είτε μεταφυτρωτικά σε γραμμές στη ριζική ζώνη. Όταν εφαρμόζεται σε γραμμές είναι αποτελεσματικότερο(Charles S. Wortmann, et al., 2013).

Κάλιο(K)

Σπάνια εμφανίζεται έλλειψη Καλίου ,αλλά σε τέτοιες περιπτώσεις τα λιπάσματα δεν πρέπει να τεθούν σε άμεση επαφή με τους σπόρους .Τα λιπάσματα πρέπει να εφαρμόζονται με πλευρική συγκόλληση κατά τη φύτευση ή να εφαρμόζονται από την προηγούμενη χρονιά στο χωράφι, είτε βρίσκεται άλλη καλλιέργεια είτε είναι σε αγρανάπαυση (Colin J. Asher & F. Pax Blarney,2008).

Ψευδάργυρος(Zn)

Ο ψευδάργυρος παίζει ζωτικό ρόλο στην ικανότητα ενός φυτού να χρησιμοποιεί άζωτο και να το μετατρέπει, σε παραγωγή και πρωτεΐνη. Οι απαιτήσεις ψευδαργύρου για το σόργο και το καλαμπόκι είναι παρόμοιες.(Anthony Bly,2015)

1.6.6 Άρδευση

Το σόργο έχει πολύ καλή αντοχή στην ξηρασία σε σχέση με άλλες καλλιέργειες. Γενικά απαιτούνται 150-350 λίτρα νερού ανά κιλό παραγόμενης ξηρής βιομάζας όταν οι αντίστοιχες ανάγκες για τις C3 καλλιέργειες είναι 300-800 λίτρα (*El Bassam, 1998*). Οι υδατικές ανάγκες του γλυκού και του ινώδους σόργου για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου θεωρείται πως είναι 600-700 mm νερού (Υπουργείο Γεωργίας, 2000). Αν και η άρδευση βοηθά σημαντικά την παραγωγή, η έλλειψη υδατικών πόρων, στο άμμεσο μέλλον, πρόκειται να περιορίσει τις αρδευτικές επεμβάσεις. Συνεπώς, πρέπει να βρεθούν νέοι τρόποι αξιοποίησης του ύδατος. Μια πιθανή προοπτική που πρέπει να ερευνηθεί είναι και η χρήση του νερού από υγρά απόβλητα για την άρδευση της καλλιέργειας (*Luger, 1997*). Η καλλιέργεια του σόργου είναι ευαίσθητη στην έλλειψη υγρασίας κατά τα αρχικά στάδια του βλαστικού κύκλου ενώ τα όψιμα στάδια είναι ανθεκτικότερα στην έλλειψη νερού (*Olufayo et al., 1997, Mastroilli et al., 1999*).

1.6.7 Ζιζανιοκτονία

Ο έλεγχος της ανάπτυξης ζιζανίων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για μια καλή παραγωγή, αφού ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά σε χώρο, φως, θρεπτικά στοιχεία και νερό. Το σόργο λόγω της μικρής αρχικής του ανάπτυξης είναι προφανώς πολύ ευαίσθητο στον ανταγωνισμό των ζιζανίων. Η κρίσιμη (ή κριτική) περίοδος ελέγχου των ζιζανίων στο σόργο είναι οι πρώτες τέσσερις εβδομάδες ανάπτυξης της καλλιέργειας (*Smith και Frederiksen, 2000*). Στην συνέχεια μπορεί ο κίνδυνος να μειώνεται αλλά η καλλιέργεια είναι ασφαλής μόνο αφού έχει περάσει το ύψος των ζιζανίων. Συνήθως προβλήματα προκαλούνται από πολυετή ζιζάνια όπως η περιπλοκάδα (*Convolvulus arvensis*), ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*) και η αγριάδα (*Cynodon dactylon*) (*Mask and Morris, 1991, Smith and Frederiksen, 2000*). Η ζιζανιοκτονία μπορεί να γίνει είτε μηχανικά είτε χημικά. Στη μηχανική αντιμετώπιση, τα σκαλίσματα πρέπει να γίνονται όταν τα ζιζάνια είναι μικρά και πρέπει να είναι επιφανειακά για να μη βλάπτονται οι ρίζες (Καραμάνος, 1999). Επίσης όταν το έδαφος δεν έχει πολύ υγρασία και η θερμοκρασία είναι σχετικά υψηλή, διότι τέτοιες συνθήκες μειώνουν τον κίνδυνο μηχανικής ζημιάς στα καλλιεργούμενα φυτά και επιταχύνουν την ξήρανση των εκριζωμένων ζιζανίων

(Ελευθεροχωρινός, 1996). Η χημική ζιζανιοκτονία μπορεί να εφαρμοστεί, προφυτρωτικά ή μεταφυτρωτικά λαμβάνοντας υπ' όψη την ευαισθησία της καλλιέργειας. Οι βλάβες από τα ζιζανιοκτόνα είναι σημαντικότερες στις ποικιλίες γλυκού σόργου (*Mask and Morris, 1991*) Η χρήση προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων στις καλλιέργειες σόργου, είναι λιγότερο αποτελεσματική σε σχέση με άλλες αντίστοιχες καλλιέργειες, δεδομένου ότι οι φυτικές εγκαταστάσεις σόργου είναι πιο ευαίσθητες στα ζιζανιοκτόνα (*Martin et al, 1975*). Οι μετά-φυτρωτικές εφαρμογές με ατραζίνη, *bendioxide* και *bromfenoxin* έχουν βρεθεί να δίνουν τον άριστο έλεγχο των ζιζανίων πλατύφυλλων.

1.6.8 Εχθροί

Οι εν δυνάμει εχθροί είναι έντομα και ακάρεα, διάφορα λεπιδόπτερα που ανήκουν στην οικ. *Noctuidae* (*Agrotis segetum*), η Κίτρινη Αφίδα (*Sipha flava*), ο Κρεμμυδοφάγος (*Gryllotalpa gryllotalpa*), έντομα που προσβάλλουν τα καρποφόρα όργανα (πράσινο σκουλήκι), και έντομα που προσβάλλουν τα στελέχη (*Sesamia sp.*) είναι συχνοί εχθροί του σόργου. (*Freeman et al., 1973, Gazaway and Mask, 2006, Smith and Frederiksen, 2000*) Όσο αφορά την αντιμετώπιση, η αμειψισπορά ενδείκνυται για έντομα που δεν μετακινούνται και δεν είναι πολυφάγα (*Diabrotica*), ενώ δεν ωφελεί στην αντιμετώπιση πολυφάγων εντόμων (Τζανακάκης, 1995). Επίσης συνιστάται χρήση σπόρου υψηλής βλαστικότητας, πάνω από 80% και καλά προετοιμασμένη σποροκλίνη, ώστε να εξασφαλιστεί γρήγορο φύτεμα (*Smith and Frederiksen, 2000*). Σε περίπτωση που χρειαστεί επέμβαση με κάποιο εντομοκτόνο, πρέπει να αποφεύγεται η χρήση οργανοφωσφορικών διότι συνήθως είναι φυτοτοξικά για το σόργο, ιδιαίτερα για το γλυκό σόργο (*Freeman et al., 1973*). Πληθυσμοί *Sesamia* ωστόσο εμφανίστηκαν στην Κ. Ελλάδα (*EECI, 2000c*), ενώ κατά κανόνα η αύξηση του πληθυσμού του τοποθετείται, από τέλος Ιουλίου μέχρι το φθινόπωρο (Σταμόπουλος, 1995).

1.6.9 Ασθένειες

Στην Ελλάδα και στην Ευρώπη λόγω της περιορισμένης διάδοσης του σόργου δεν γνωρίζουμε αρκετά για τις ασθένειες της καλλιέργειας. Ωστόσο γνωρίζουμε ότι σαν καλλιέργεια είναι ευαίσθητη σε αρκετές ασθένειες όπως είναι:

η ανθράκωση (*Colletotrichum sublineolum*)

οι βακτηριακές μολύνσεις (*Pseudomonas syringae*)

η Σκωρίαση (*Puccinia purpurea*)

η Ελμινθοσπορίαση (*Helminthosporium turticum*)

(*Dave TeBeest, 1991*).

1.6.10 Συγκομιδή

Ο σκοπός της καλλιέργειας καθορίζει και τον τρόπο συγκομιδής. Γενικά, στο γλυκό και ινώδες σόργο συγκομίζεται ολόκληρο το υπέργειο τμήμα του φυτού σε αντίθεση με το καρποδοτικό σόργο από το οποίο συγκομίζεται μόνο ο σπόρος. Για την Ευρώπη, ο καλύτερος χρόνος συγκομιδής του γλυκού σόργου είναι από τα μέσα Οκτωβρίου ως τα μέσα Νοεμβρίου, για μέγιστες σακχαρικές αποδόσεις και αποφυγή του παγετού (*IEEP, 2005*). Ενώ τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας είναι 65%-80% (*Worley et al., 1992*). Σύμφωνα με τον *Guiying* και τους συνεργάτες του (2004), η εξαγωγή του σακχαρούχου χυμού από τα στελέχη πρέπει να γίνει άμεσα μετά τη συγκομιδή διότι όταν αυτή καθυστερεί, προκαλείται απώλεια σακχάρων και δυσκολία στην εξαγωγή του σακχαρούχου χυμού. Η ορθή επιλογή συλλεκτικής μηχανής πρέπει να γίνεται με σκοπό πως τα στελέχη πρέπει να κόβονται όσο το δυνατόν χαμηλότερα στη βάση τους και συγχρόνως να διαχωρίζονται από τα φύλλα και τις ταξικαρπίες, με όσο το δυνατόν λιγότερες ζημιές οι οποίες μειώνουν το χρόνο αποθήκευσης. Μερικές θεριζοαλωνιστικές μηχανές που χρησιμοποιούνται είναι οι: *CLASS CC 1400PASQUALI* και *SPAPPERI*. (*Barbucci et al., 1994*) Στο ινώδες σόργο αυτό που επιζητείται είναι η μείωση της υγρασίας της βιομάζας στον αγρό, μέσω της ηλιακής ενέργειας (φυσική ξήρανση), ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι ενεργειακές εισροές στην αλυσίδα παραγωγής ενέργειας (*Barbucci et al., 1994*) και το κόστος μεταφοράς και ξήρανσης της βιομάζας. Η υγρασία του ινώδους σόργου κατά τη συγκομιδή κυμαίνεται μεταξύ 60%-75% (*Trebbi, 1993*) ενώ μετά το θέρισμα των φυτών αυτή μειώνεται με φυσική ξήρανση σε 10% μετά από την πάροδο 8 ημερών. Επίσης για τη συγκομιδή του ινώδους σόργου στην Ευρώπη εφαρμόζονται δυο νέες πρωτότυπες μηχανές συγκομιδής ινώδους σόργου. Στη πρώτη περίπτωση, συγχρόνως με το θέρισμα των φυτών γίνεται συμπίεση της βιομάζας και στη συνέχεια τα φυτικά υπολείμματα παραμένουν στον αγρό ώστε να γίνει δεματοποίησή τους μετά την φυσική ξήρανση (*Biomatnet, 1997*). Η δεύτερη περίπτωση αφορά μηχανή συγκομιδής

η οποία συγχρόνως μετατρέπει την ξηρή βιομάζα σε πέλλετες πυκνότητας 500kg/m³. Με τον συγκεκριμένο τρόπο συγκομιδής απαλείφεται το κόστος δεματοποίησης και μειώνεται το κόστος μεταφοράς σε σχέση με τη μεταφορά δεμάτων (Barbucci *et al.*, 1994). Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η συγκομιδή ενσιρώματος κτηνοτροφικών φυτού με ενσιρωτική μηχανή και φορτηγό για την μεταφορά του ενσιρώματος.



1.7 Σκοπός της παρούσας μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η ανάδειξη του Σόργου ως ένα ιδιαίτερο κτηνοτροφικό φυτό. Οι χαμηλές εισροές σε άρδευση και θρέψη σε σχέση με άλλα κτηνοτροφικά φυτά όπως το καλαμπόκι, το κάνουν ένα ανταγωνιστικό φυτό ακόμη και σε περιοχές με ελάχιστη δυνατότητα άρδευσης και χαμηλά επίπεδα γονιμότητας του εδάφους.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Στοιχεία πειράματος

Το πείραμα αγρού πραγματοποιήθηκε στη Δυτική Θεσσαλία. Συγκεκριμένα εγκαταστάθηκε πείραμα καλλιέργειας σόργου στην περιοχή των Τρικάλων το 2017. Το έδαφος του πειραματικού αγρού είναι μέσης σύστασης με οργανική ουσία 2% σε βάθος 30cm και pH 8. Κατά το πειραματικό έτος (Απρίλιος 2017 – Οκτώβριος 2017) της έρευνας έγινε σπορά του είδους σόργου (*Sorghum bicolour*) και συγκεκριμένα το ινώδες σόργο *Scyscraper* (ES5200). Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν *split-plot* διαχωρισμένων υποτεμαχίων, όπου εφαρμόστηκαν τρία επίπεδα άρδευσης (I1, I2, I3), τρία επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (N1, N2, N3) σε τρεις επαναλήψεις (27 *plots*). Η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων με τους διάφορους συνδυασμούς μεταχειρίσεων απεικονίζεται παρακάτω:

Επανάληψη 1

I1N1	I2N2	I3N3
I1N2	I2N3	I3N1
I1N3	I2N1	I3N2

Επανάληψη 2

I2N2	I3N1	I1N3
I2N3	I3N2	I1N1
I2N1	I3N3	I1N2

Επανάληψη 3

I2N2	I1N3	I3N1
I2N3	I1N2	I3N3
I2N1	I1N1	I3N2

Οι τρεις επαναλήψεις θεωρήθηκαν απαραίτητες για να επιβεβαιώσουν την ακρίβεια των στοιχείων. Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε έκταση περίπου 180 τ.μ ώστε να είναι αρκετά τα φυτά που θα αναπτυχθούν για να γίνουν οι κοπές και μετρήσεις φυσιολογικών και άλλων χαρακτηριστικών.

2.2 Καλλιεργητικές εργασίες

2.2.1 Κατεργασία αγρού

Εφαρμόστηκε η συνήθης καλλιεργητική τεχνική για την καλλιέργεια των εαρινών στην περιοχή. Για την προετοιμασία του αγρού έγιναν όλες οι ενδεδειγμένες καλλιεργητικές φροντίδες (φθινοπωρινό όργωμα, καλλιεργητής βαρέου τύπου και η τελική προετοιμασία της σποροκλίνης έγινε με σβολοκόπτη. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η κατεργασία αγρού με σβολοκόπτη.



2.2.2 Σπορά

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε στις 11/04/2017 με πνευματική σπαρτική μηχανή τύπου *Caspardo* σε αποστάσεις σποράς 0,75 μέτρα μεταξύ των γραμμών και 0,08 μέτρα φυτό από φυτό πάνω στη γραμμή (περίπου 16,6 φυτά m^{-2}), χρησιμοποιώντας το δίσκο που είναι για σπορά τεύτλων και σε βάθος περίπου 2 εκατοστά. Η ποσότητα του σπόρου που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1kg/στρ και η καλλιεργούμενη ποικιλία ήταν *Sorghum bicolor*. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ο πειραματικός αργός μετά την σπορά και η πνευματική σπαρτική μηχανή τύπου *Caspardo*.



2.2.3 Λίπανση

Στην καλλιέργεια εφαρμόστηκε βασική και επιφανειακή λίπανση σε 3 διαφορετικές ποσότητες ανάλογα με την διαχείριση του κάθε πειραματικού τεμαχίου. Το λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε για την βασική λίπανση ήταν το YaraMila TIGER και το λίπασμα για την επιφανειακή λίπανση το YaraVera YREA. Οι μεταχειρίσεις λίπανσης παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

YaraMila TIGER:

- **N 15%** (Νιτρικό 6,5%, Αμμωνιακό 8,5%)
- **P₂O₅ 15%**
- **K₂O 15%**
- **SO₃ 12,5%**

YaraVera YREA:

- **N 46%** (Ουρικό 46%)
- **P₂O₅ 0%**
- **K₂O 0%**

Διαχείριση λίπανσης						
	kg/στρ	Επιφανειακή λίπανση	Βασική λίπανση			Συνολικό
Λιπαντικές μονάδες		N	N	P	K	N
N1	0	0	0	0	0	0
N2	20	9,2	3	3	3	12,2
N3	40	18,4	6	6	6	24,4

2.2.4 Άρδευση

Στην καλλιέργεια εφαρμόστηκε στάγδην άρδευση σε 3 διαφορετικές ποσότητες νερού ανάλογα με την διαχείριση του κάθε πειραματικού τεμαχίου. Αρχικά για τις ανάγκες του φυτρώματος έγινε ένα πότισμα με την μέθοδο της τεχνητής βροχής και ακολούθησαν άλλα 10 ποτίσματα με στάγδην άρδευση μέχρι την συγκομιδή. Οι μεταχειρίσεις άρδευσης παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

Διαχείριση άρδευσης			
	m ³ νερού/στρέμμα	Αριθμός αρδεύσεων	Σύνολο m ³ νερού/στρέμμα
I1	0	0	0
I2	20	10	200
I3	40	10	400

2.2.5 Έλεγχος ζιζανίων

Λόγω της περιορισμένης έκτασης του αγρού, έγινε καταπολέμηση των ζιζανίων χειρωνακτικά κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού, όταν κρινόταν απαραίτητο.

2.2.6 Έλεγχος εχθρών – ασθενειών

Καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, δεν έγινε καμιά επέμβαση για φυτοπροστασία, διότι δεν υπήρξε κανένα πρόβλημα προσβολής της καλλιέργειας από εχθρούς και ασθένειες.

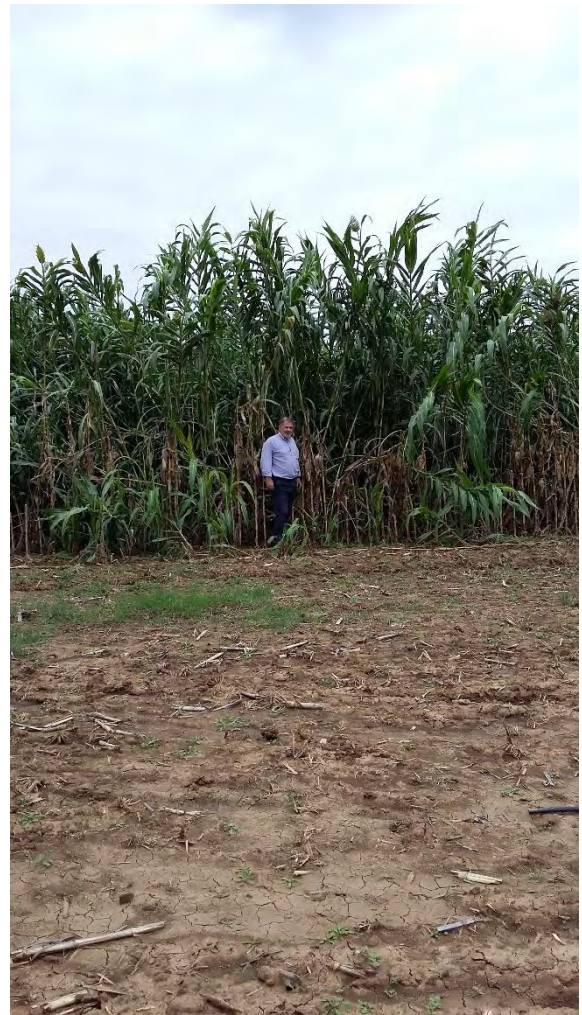
2.3 Μετρήσεις – προσδιορισμοί αύξησης και ανάπτυξης

Κατά την διάρκεια του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας έγιναν 4 δειγματοληψίες φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο για να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις φυσιολογικών και άλλων χαρακτηριστικών. Η πρώτη δειγματοληψία έγινε στις 18/06/2017 και συνεχίστηκαν άλλες 3 στις 26/07/2017, 25/08/2017 και η τελική στις 01/10/2017. Κάθε δειγματοληψία περιλάμβανε την κοπή ενός μέτρου φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Αρχικά γινόταν καταγραφή του χλωρού τους βάρους των φυτών του ενός μέτρου και στη συνέχεια επιλέγονταν δύο αντιπροσωπευτικά φυτά για περαιτέρω μετρήσεις. Τα φυτά χωρίζονταν σε στελέχη και φύλλα όπου προσδιορίζονταν τα αντίστοιχα ξηρά βάρη, όπως και το συνολικό. Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 40 °C. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας. Οι παράμετροι που μετρήσαμε στο πείραμα ήταν οι εξής:

- height (Ύψος φυτών σε m)
- dry (Συνολικό ξηρό βάρος σε kg/στρέμμα)
- dry leaf (Ξηρό βάρος φύλλων σε kg/στρέμμα)
- dry stem (Ξηρό βάρος βλαστών σε kg/στρέμμα)
- fresh (Συνολικό χλωρό βάρος σε kg/στρέμμα)
- fresh leaf (Χλωρό βάρος φύλλων σε kg/στρέμμα)
- fresh stem (Χλωρό βάρος βλαστών σε kg/στρέμμα)
- moisture (Υγρασία σε ποσοστό %)
- lai (Δείκτης φυλλικής επιφάνειας)

Υλικά και όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων.

- Κλαδευτικά ψαλίδια
- Χρωματισμένος σπάγκος
- Πάσσαλοι
- Ζυγαριά ακριβείας
- Φούρνος-Κλίβανος
- Χάρτινες και πλαστικές σακούλες



3. Αποτελέσματα και Συζήτηση

3.1 Στατιστικά αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται με την σειρά τα στατιστικά αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων για την κάθε δειγματοληψία. Οι δειγματοληψίες που έγιναν ήταν 4 και οι ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- Δειγματοληψία 1: 18/06/2017
- Δειγματοληψία 2: 26/07/2017
- Δειγματοληψία 3: 25/08/2017
- Δειγματοληψία 4: 01/10/2017

Οι μεταχειρίσεις που είχαμε στον πειραματικό αγρό αναλύονται στον παρακάτω πίνακα:

Αριθμός μεταχειρίσεων	Μεταχειρίσεις άρδευσης * λίπανσης	Άρδευση		Λίπανση	
		I	m ³ /Στρ.	N	kg/Στρ.
1	I1N1	I1	0	N1	0
2	I1N2	I1	0	N2	12,2
3	I1N3	I1	0	N3	24,4
4	I2N1	I2	200	N1	0
5	I2N2	I2	200	N2	12,2
6	I2N3	I2	200	N3	24,4
7	I3N1	I3	400	N1	0
8	I3N2	I3	400	N2	12,2
9	I3N3	I3	400	N3	24,4

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στατιστικά αποτελέσματα της πρώτης δειγματοληψίας:

Πίνακας 1: Ύψος φυτού και παραγωγή βιομάζας στις 18/06/2017										
Παράμετροι		Ύψος φυτού (m)	Συνολικό χλωρό βάρος (kg/στρ)	Χλωρό βάρος φύλλων (kg/στρ)	Χλωρό βάρος βλαστών (kg/στρ)	Συνολικό ξηρό βάρος (kg/στρ)	Ξηρό βάρος φύλλων (kg/στρ)	Ξηρό βάρος βλαστών (kg/στρ)	Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας	Υγρασία (%)
Μεταχειρίσεις	Άρδευση (mm)									
Άρδευση (mm)	0	1,694	2147	485,6	1661	410	151,6	258,7	2,889	80,47
	200	1,883	2592	509,7	2083	428	151	276,6	3,006	83,26
	400	1,917	3272	668,1	2604	571	202,6	368,8	3,84	82,15
	ΕΣΔ _(0,05)	0,0908	325,2	34,62	295,6	87,1	35,79	52,34	0,3357	1,947
N - Λίπανση (kg/στρ)	0	1,556	1811	435,8	1375	361	137,6	223,5	2,506	79,9
	12,2	1,839	2909	575,1	2334	494	171,7	321,9	3,348	82,84
	24,4	2,1	3291	652,5	2638	555	195,9	358,7	3,881	83,14
	ΕΣΔ _(0,05)	0,1153	363,5	46,76	324,7	59,9	16,6	45,78	0,3023	1,154
Άρδευση - Λίπανση	0-0	1,433	1472	376,5	1096	322	127	195,4	2,067	78,12
	0-12,2	1,65	2031	464,1	1567	385	147,2	237,8	2,925	81,11
	0-24,4	2	2938	616	2322	524	180,7	342,8	3,675	82,18
	200-0	1,633	1970	404,7	1565	367	127,4	239,8	2,472	81,36
	200-12,2	1,933	3071	559,9	2511	474	165,4	308,9	3,053	84,54
	200-24,4	2,083	2736	564,5	2171	441	160,1	281,1	3,493	83,87
	400-0	1,6	1992	526,1	1465	394	158,5	235,2	2,978	80,22
	400-12,2	1,933	3625	701,2	2924	621	202,4	418,9	4,067	82,87
	400-24,4	2,217	4199	776,9	3422	699	247	452,2	4,474	83,35
	ΕΣΔ _(0,05)	ns	559	ns	501	106,8	ns	74,64	ns	ns
CV (%)	6,1	13,3	8,2	14,9	12,4	9,6	14,8	9,1	1,4	

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στατιστικά αποτελέσματα της δεύτερης δειγματοληψίας:

Πίνακας 2: Ύψος φυτού και παραγωγή βιομάζας στις 26/07/2017											
Μεταχειρισείς		Παράμετροι	Ύψος φυτού (m)	Συνολικό χλωρό βάρος (kg/στρ)	Χλωρό βάρος φύλλων (kg/στρ)	Χλωρό βάρος βλαστών (kg/στρ)	Συνολικό ξηρό βάρος (kg/στρ)	Ξηρό βάρος φύλλων (kg/στρ)	Ξηρό βάρος βλαστών (kg/στρ)	Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας	Υγρασία (%)
Αρδευση (mm)	0		2,133	3860	863	2997	991	313	678	5,57	74,6
	200		2,756	4653	929	3725	1093	340	753	5,89	76,63
	400		2,644	5193	1000	4192	1189	346	844	5,98	77,23
ΕΣΔ _(0,05)			0,1495	720,6	ns	638,2	ns	ns	ns	ns	1,786
N - Λίπανση (kg/στρ)	0		2,044	3458	745	2712	834	261	573	4,57	75,88
	12,2		2,722	5040	983	4057	1176	354	822	6,27	76,9
	24,4		2,767	5208	1064	4145	1263	383	880	6,61	75,7
ΕΣΔ _(0,05)			0,1687	824,2	174,2	661,9	261,4	72,8	190,1	1,24	ns
Αρδευση - Λίπανση	0-0		1,867	3618	869	2749	952	302	651	5,68	73,68
	0-12,2		2,367	4311	906	3405	1107	347	760	6,23	75,13
	0-24,4		2,167	3651	813	2838	913	289	624	4,81	74,99
	200-0		2,3	3160	666	2494	760	253	507	4,43	75,98
	200-12,2		2,967	4671	911	3760	1021	313	708	5,71	78,29
	200-24,4		3	6129	1208	4920	1499	454	1045	7,54	75,63
	400-0		1,967	3596	701	2895	792	229	563	3,59	77,97
	400-12,2		2,833	6138	1131	5006	1400	403	997	6,88	77,27
ΕΣΔ _(0,05)			0,2591	1262,5	ns	1033,3	ns	ns	ns	1,965	ns
CV (%)			6,5	17,6	18,2	17,7	23,3	21,3	24,4	20,8	2,4

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στατιστικά αποτελέσματα της τρίτης δειγματοληψίας:

Πίνακας 3: Ύψος φυτού και παραγωγή βιομάζας στις 25/08/2017											
Μεταχειρισείς		Παράμετροι	Ύψος φυτού (m)	Συνολικό χλωρό βάρος (kg/στρ)	Χλωρό βάρος φύλλων (kg/στρ)	Χλωρό βάρος βλαστών (kg/στρ)	Συνολικό ξηρό βάρος (kg/στρ)	Ξηρό βάρος φύλλων (kg/στρ)	Ξηρό βάρος βλαστών (kg/στρ)	Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας	Υγρασία (%)
Αρδευση (mm)	0		2,633	4332	931	3401	1280	371	909	5,33	70,62
	200		3,589	6495	1327	5168	1827	421	1406	6,29	72,03
	400		3,556	7870	1482	6387	2266	559	1707	7,63	71,31
ΕΣΔ _(0,05)			0,0252	428,6	385,5	454,3	242,9	107,3	146,3	1,398	ns
N - Λίπανση (kg/στρ)	0		2,667	4910	939	3971	1355	371	984	5,81	72,25
	12,2		3,522	7342	1364	5978	2151	509	1642	6,89	70,63
	24,4		3,589	6444	1438	5007	1866	470	1396	6,55	71,08
ΕΣΔ _(0,05)			0,0699	1123,5	333,7	973,9	337,3	79,5	262,9	ns	ns
Αρδευση - Λίπανση	0-0		2,467	3818	802	3016	1106	350	756	4,94	71,02
	0-12,2		2,867	5031	1102	3929	1508	401	1107	5,9	70,37
	0-24,4		2,567	4147	887	3259	1224	361	863	5,16	70,48
	200-0		2,867	5604	975	4630	1500	350	1150	5,73	73,23
	200-12,2		3,933	8124	1427	6697	2374	533	1841	7,39	70,78
	200-24,4		3,967	5756	1579	4176	1607	380	1227	5,76	72,07
	400-0		2,667	5307	1039	4268	1460	414	1046	6,78	72,49
	400-12,2		3,767	8871	1562	7309	2571	593	1978	7,37	70,75
ΕΣΔ _(0,05)			0,1	1610,1	ns	1405,6	502,5	ns	383	ns	ns
CV (%)			2,1	17,6	26,1	19	18,3	17,2	19,1	16,1	3,1

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στατιστικά αποτελέσματα της τέταρτης δειγματοληψίας:

Πίνακας 4: Ύψος φυτού και παραγωγή βιομάζας στις 01/10/2017									
Παράμετροι		Ύψος φυτού (m)	Συνολικό χλωρό βάρος (kg/στρ)	Χλωρό βάρος φύλλων (kg/στρ)	Χλωρό βάρος βλαστών (kg/στρ)	Συνολικό ξηρό βάρος (kg/στρ)	Ξηρό βάρος φύλλων (kg/στρ)	Ξηρό βάρος βλαστών (kg/στρ)	Υγρασία (%)
Άρδευση (mm)	0	3,667	6595	1183	5412	2115	506	1609	67,51
	200	4,667	7821	1081	6740	2666	515	2151	65,94
	400	4,633	8211	1044	7168	2844	524	2320	65,85
ΕΣΔ _(0,05)		0,0756	303,4	ns	273	38,2	ns	75,4	ns
N - Λίπανση (kg/στρ)	0	3,756	6111	828	5283	1967	385	1582	67,58
	12,2	4,589	8537	1301	7236	2873	617	2256	66,25
	24,4	4,622	7979	1179	6800	2785	543	2242	65,47
ΕΣΔ _(0,05)		0,0685	900,4	232	720,7	217,2	79,2	162,5	ns
Άρδευση - Λίπανση	0-0	3,633	5087	690	4397	1802	364	1437	64,57
	0-12,2	3,867	7876	1462	6414	2532	611	1921	67,5
	0-24,4	3,5	6821	1396	5425	2013	544	1470	70,47
	200-0	3,933	6879	842	6037	2209	388	1822	67,88
	200-12,2	5,033	8318	1262	7055	2731	608	2123	66,94
	200-24,4	5,033	8265	1138	7127	3056	548	2508	63
	400-0	3,7	6366	950	5416	1890	404	1486	70,3
	400-12,2	4,867	9417	1178	8239	3357	633	2724	64,32
	400-24,4	5,333	8850	1002	7848	3284	536	2748	62,94
ΕΣΔ _(0,05)		0,1105	ns	ns	ns	308	ns	234,4	2,94
CV (%)		1,5	11,6	20,5	10,9	8,3	15	7,8	2,8

Η τέταρτη και τελική δειγματοληψία ταυτιζόταν με την συγκομιδή. Σε αυτήν την δειγματοληψία δεν μετρήσαμε τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών διότι τα φύλλα των φυτών σε ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό είχαν ξεραθεί.

3.2 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

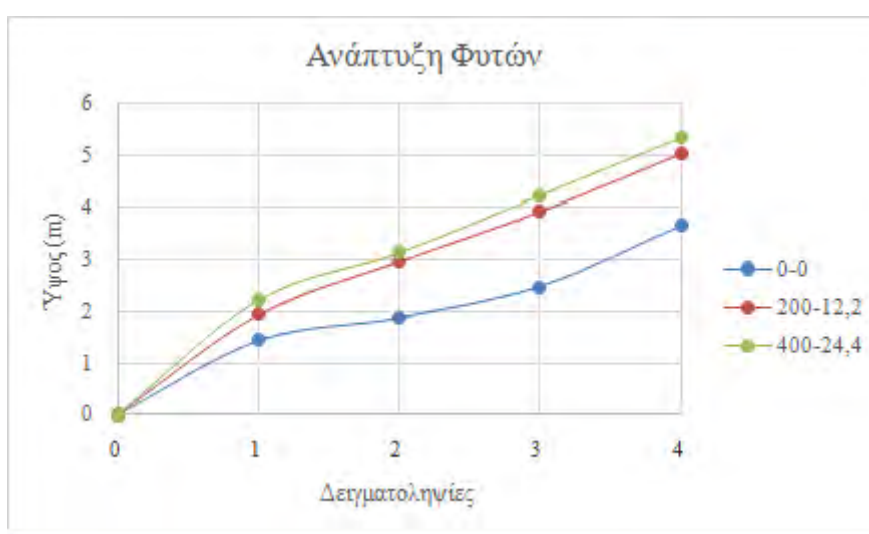
Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζονται οι βασικότεροι παράμετροι που μετρήσαμε στην συγκεκριμένη μελέτη για όλο τον βιολογικό κύκλο της καλλιέργειας. Για την κάθε παράμετρο έγινε σύγκριση μεταξύ των τριών σημαντικότερων μεταχειρίσεων άρδευσης και λίπανσης. Συγκεκριμένα οι τρεις μεταχειρίσεις ήταν οι εξής:

- 1^η Μεταχείριση: I1N1 (0 - 0)
- 2^η Μεταχείριση: I2N2 (200 - 12,2)

➤ 3^η Μεταχείριση: I3N3 (400 - 24,4)

3.2.1 Ανάπτυξη φυτών

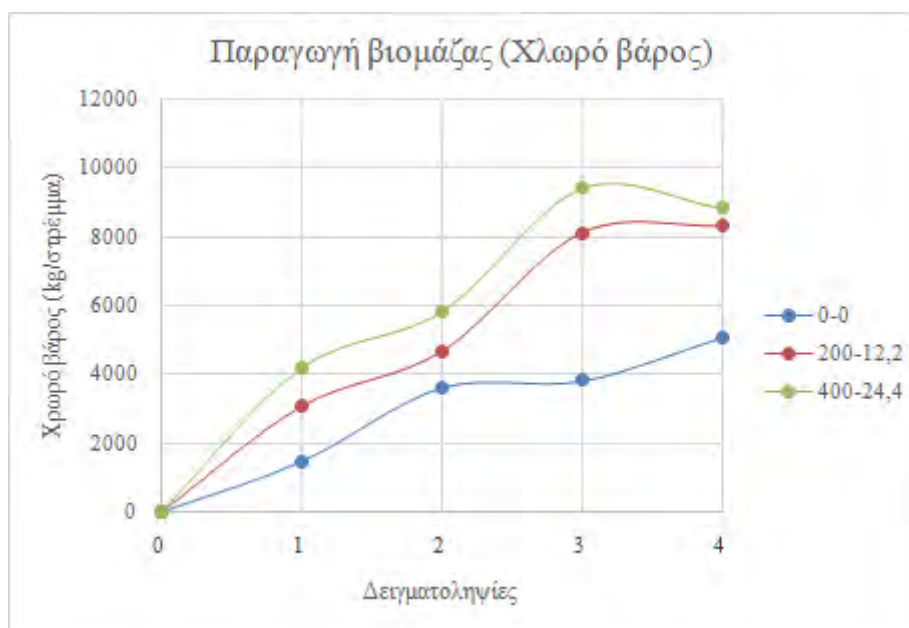
Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται η ανάπτυξη των φυτών και συγκεκριμένα το ύψος τους καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας για τις τρεις μεταχειρίσεις που αναφέραμε. Στον οριζόντιο άξονα έχουμε την περίοδο καλλιέργειας του πειράματος και τις τέσσερις δειγματοληψίες που διεξήχθησαν.



Στο παραπάνω γράφημα δεν εντοπίζουμε σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην δεύτερη και τρίτη μεταχείριση ενώ η πρώτη έχει αρκετά χαμηλό ύψος φυτών και αυτό είναι λογικό διότι σε αυτή την μεταχείριση δεν εφαρμόστηκε ούτε άρδευση ούτε λίπανση. Βέβαια η τρίτη μεταχείριση που έχει τα μεγαλύτερα επίπεδα άρδευσης και λίπανσης έδωσε τα υψηλότερα φυτά σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

3.2.2 Παραγωγή βιομάζας (χλωρό βάρος)

Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται η παραγωγή βιομάζας των φυτών και συγκεκριμένα το χλωρό βάρος ενός στρέμματος καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας για τις τρεις μεταχειρίσεις. Στον οριζόντιο άξονα έχουμε την περίοδο καλλιέργειας του πειράματος και τις τέσσερις δειγματοληψίες που διεξήχθησαν.

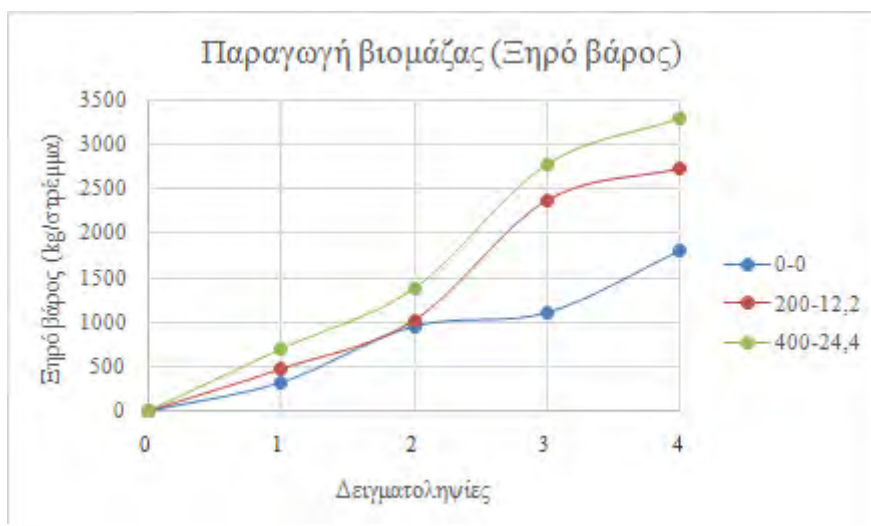


Στο παραπάνω γράφημα εντοπίζουμε σημαντικές διαφορές ανάμεσα από όλες τις μεταχειρίσεις. Η τρίτη μεταχείριση μας έδωσε τις μεγαλύτερες τιμές καθ' όλη την περίοδο του πειράματος αλλά κατά την συγκομιδή (4^η δειγματοληψία), η δεύτερη με την τρίτη μεταχείριση δεν είχαν μεγάλη διαφορά. Αυτό έχει μεγάλη σημασία διότι η χλωρή βιομάζα είναι το προϊόν της καλλιέργειας που προορίζετε για ζωοτροφή (ενσίρωμα). Έτσι θα πρέπει να συνυπολογίσουμε τις εισροές που απαιτήθηκαν για την τελική παραγωγή και μόνο έτσι θα διαπιστώσουμε ποια μεταχείριση είχε την μεγαλύτερη απόδοση. Η μείωση που παρατηρείτε από την τρίτη στην τέταρτη δειγματοληψία στην δεύτερη και τρίτη μεταχείριση είναι φυσιολογική διότι η καλλιέργεια φτάνει στην περίοδο συγκομιδής και η υγρασία μειώνεται αισθητά με το πέρας της άρδευσης. Αυτό πιστοποιείτε με την πρώτη μεταχείριση που δεν έχουμε μείωση αφού η συγκεκριμένη μεταχείριση δεν αρδεύετε.

3.2.3 Παραγωγή βιομάζας (ξηρό βάρος)

Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται η παραγωγή βιομάζας των φυτών και συγκεκριμένα το ξηρό βάρος ενός στρέμματος καθ'όλη τη διάρκεια του βιολογικού

κύκλου της καλλιέργειας για τις τρεις μεταχειρίσεις. Στον οριζόντιο άξονα έχουμε την περίοδο καλλιέργειας του πειράματος και τις τέσσερις δειγματοληψίες που διεξήχθησαν.



Στο παραπάνω γράφημα εντοπίζουμε σημαντικές διαφορές ανάμεσα από τις μεταχειρίσεις κυρίως μετά την δεύτερη δειγματοληψία που η καλλιέργεια είχε αναπτυχθεί αρκετά και είχε εναποθέσει ένα μεγάλο ποσοστό ξηρής ουσίας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τελικής δειγματοληψίας είναι αποδεκτά, με το ξηρό βάρος της πρώτης μεταχείρισης να είναι σημαντικά μικρότερο από τις δύο άλλες. Επίσης ο ρυθμός εναπόθεσης ξηρής ουσίας στην πρώτη μεταχείριση ήταν αρκετά χαμηλότερος την περίοδο που άλλες δύο μεταχειρίσεις είχαν υψηλό ρυθμό. Αυτό δικαιολογείτε εφόσον η πρώτη μεταχείριση είχε μηδενικές εισροές σε άρδευση και λίπανση.

3.2.4 Ποσοστό υγρασίας

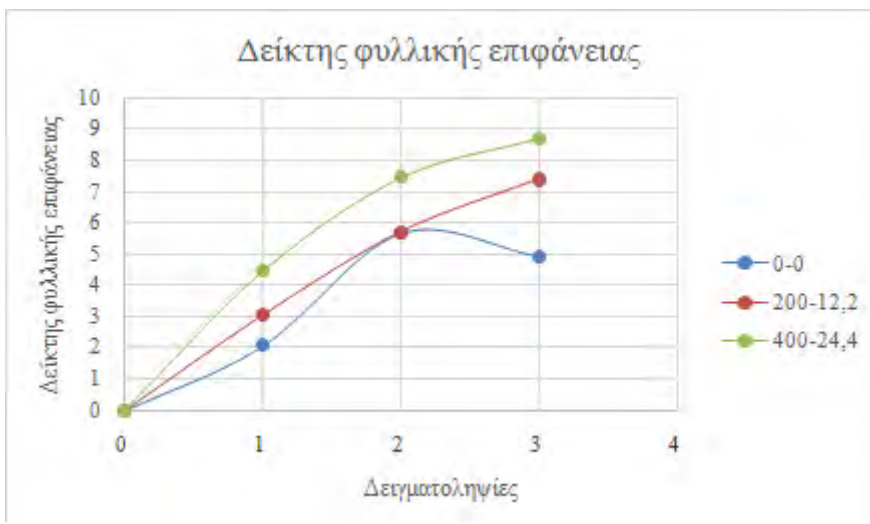
Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται το ποσοστό υγρασίας των φυτών καθ'όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας για τις τρεις μεταχειρίσεις. Στον οριζόντιο άξονα έχουμε την περίοδο καλλιέργειας του πειράματος και τις τέσσερις δειγματοληψίες που διεξήχθησαν.



Στο παραπάνω γράφημα δεν εντοπίζουμε σημαντικές διαφορές ανάμεσα από τις μεταχειρίσεις. Στη τελική δειγματοληψία (συγκομιδή) το ποσοστό υγρασίας για όλες τις μεταχειρίσεις ήταν 65% με 70% που είναι αποδεκτές τιμές για συγκομιδή ενσιρώματος που προορίζετε για ζωοτροφή.

3.2.5 Δείκτης φυλλικής επιφάνειας

Στο παρακάτω γράφημα φαίνεται ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας των φυτών καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου της καλλιέργειας για τις τρεις μεταχειρίσεις. Στον οριζόντιο άξονα έχουμε την περίοδο καλλιέργειας του πειράματος και τις τέσσερις δειγματοληψίες που διεξήχθησαν.



Στο παραπάνω γράφημα εντοπίζουμε σημαντικές διαφορές ανάμεσα από τις μεταχειρίσεις σε όλη την περίοδο του πειράματος. Στη τελική δειγματοληψία (συγκομιδή) δεν έγινε μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας εφόσον τα φύλλα είχαν ξεραθεί σε ένα βαθμό που δεν μας επέτρεψε να κάνουμε την μέτρηση και να διεξάγουμε ασφαλή αποτελέσματα. Στις μεταχειρίσεις 2 και 3 έχουμε αύξηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας έως και την τρίτη δειγματοληψία, ενώ στην πρώτη μεταχείριση παρατηρούμε μείωση μετά από την δεύτερη δειγματοληψία. Αυτό είναι λογικό διότι στα φυτά της συγκεκριμένης μεταχείρισης έχουν ποιο γρήγορη γήρανση και ξήρανση των φύλλων επειδή δεν αρδεύονται και έχουν μηδενική λίπανση. Το αποτέλεσμα είναι να έχουμε την χαμηλότερη τιμή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας σε σύγκριση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις.

3.3 Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρατηρούμε ότι στην παραγωγή βιομάζας υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης. Συγκεκριμένα στην παραγωγή χλωρής βιομάζας που μας ενδιαφέρει περισσότερο εφόσον είναι και το προϊόν που θέλουμε (ενσίρωμα για ζωοτροφή) την καλύτερη απόδοση την έδωσε η δεύτερη μεταχείριση. Βέβαια την μεγαλύτερη παραγωγή την πήραμε από την τρίτη μεταχείριση που είχε και το μεγαλύτερο επίπεδο άρδευσης και λίπανσης. Σε κάθε καλλιέργεια αυτό που μας ενδιαφέρει είναι το χρηματικό κέρδος που θα λάβει ο παραγωγός. Οπότε στόχος του κάθε καλλιεργητή είναι να πετύχει με τις καλλιεργητικές τεχνικές που θα εφαρμόσει τη μέγιστη παραγωγή με το δυνατότερο χαμηλό κόστος. Συμπεραίνουμε ότι η δεύτερη μεταχείριση είχε την καλύτερη απόδοση αφού η αναλογία κόστους και παραγωγής ήταν η βέλτιστη. Παράληψη θα ήταν αν δεν αναφέραμε ότι η πρώτη μεταχείριση που είχε μηδενικές εισροές σε άρδευση και λίπανση είχε αρκετά καλή παραγωγή που καθιστά τον σόργο μία καλλιέργεια που μπορεί να καλλιεργηθεί και σε περιοχές χωρίς δυνατότητα άρδευσης.

Καταλήγοντας, το σόργο φαίνεται να είναι μια καλλιέργεια πολλά υποσχόμενη στην οποία θα έπρεπε να αρχίσει να στρέφεται και να επενδύει ο αγροτικός πληθυσμός. Η ανθεκτικότητα και η δυναμικότητα της καλλιέργειας ,θα

απασχολήσει στο μέλλον την αγροτική οικονομία που ήδη ταλανίζεται και αναζητά διεξόδους.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Βασίλειος Μπλέτσας (2010) Ενεργειακά Φυτά - repository.library. teimes.gr.
- Ελευθεροχωρινός (1996) Ζιζανιολογία - Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα, 1996.
- ΚΑΠΕ (2004).Ενεργειακές Καλλιέργειες για την Παραγωγή Υγρών και Στερεών Βιοκαυσίμων στην Ελλάδα. -Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- Καραμάνος, Α. Ι. (1999). Τα Σιτηρά των Θερμών Κλιμάτων: Αραβόσιτος, Σόργο, Ρύζι, Κεχρί. -Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- Τζανακάκης, Μ. (1995) Εντομολογία - Εκδόσεις Uninersity Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1995.
- Παπακώστα, Δ. (1996). Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή, Χορτοδοτικά Φυτά). Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Θεσσαλονίκη.
- Παπακώστα, Δ.1996-1997. Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή, Χορτοδοτικά Φυτά). -Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Σταμόπουλος ,(1995) Έντομα Αποθηκών Μεγάλων Καλλιεργειών και Λαχανικών - Δεύτερη Έκδοση. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1995.
- Σφήκας, Α.Γ., 1991. Ειδική Γεωργία. Ι. Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά , Θεσσαλονίκη.
- Υπουργείο Γεωργίας, (2000) Ενεργειακή Γεωργία - Βιομάζα (Κεφάλαιο 4). Πρακτικά συνεδρίου συνάντησης εργασίας "Γεωργία και Περιβάλλον".

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Amaducci S. ,Andrea Monti, GianpietroVenturi (2004) Non-structural carbohydrates and fibre components in sweet and fibre sorghum as affected by low and normal input techniques -Industrial Crops and Products Volume 20, Issue 1, (111-118).

Anthony Bly,(2015) Sorghum Nutrient Requirements SDSU Agronomy, Horticulture and Plant Science Department.

Barbucci, P., Andreuccetti, P., Frati, G., Bacchiet, P., Vannucci, D. and Pari, L. (1994). Energy Crops Harvesting: Fiber Sorghum, Kenaf, Arundo Donax, Miscanthus, Cynara Cardunculus -Biomass for Energy and Industry, 7th E.C. Conference. Bochum: Ponte Press (38-41).

Berenji, J. and Dahlberg, J. (2004). Perspectives of Sorghum in Europe. Journal of Agronomy and Crop Science 190: (332-338).

Biomatnet, 1997 Innovative Harvesting and Sugar-Juice Separating Machine for Sweet Sorghum and Fibre Sorghum (FAIR-CT95-0069, Final report November 1997, Summary).

Charles S. Wortmann, Richard Ferguson ,Gary W. Hergert, Charles A. Shapiro and Tim M. Shaver (2013) Nutrient Management Suggestions for Grain Sorghum –University of Nebraska.

Chatziathanassiou, A., Christou, M., Alexopoulou, E., Zafiris, C.. 1998. Biomass and Sugar Yields of Sweet Sorghum in Greece. In: Chartier et al. (Ed.), Proceedings of the 10th European Conference. C.A.R.M.E.N. Press, Germany, p.209-212.

Claassen, P.A.M., de Vrije, T., Budde, M.A.W., Koukios, E.G., Glynos, A. and Reczey, K. (2004). Biological Hydrogen Production from Sweet Sorghum by Thermophilic Bacteria. Proceedings of the 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy (in press).

Colin J. Asher & F. Pax Blarney (2008) Department of Agriculture , Fertilizer use efficiency -University of Queensland , St. Lucia, Queensland, 4067, AustraliaDoA Queensland (1371-1380).

Dalianis, C., 1996, Adaptation, Productivity and Agronomic Aspects of Sweet Sorghum under E.U. Conditions. Proceedings of the first European Seminar on Sorghum for Energy and Industry, held in France, 1-3 April 1996. p. 15-25.

Dalianis, C., Christou, M., Sooter, S., Kyritsis, S., Zafiris, Ch. and Samiotakis, G. (1994). Growth and Productivity of Sweet Sorghum in Greece, (pp. 636-642). In D. O. Hall, G. Grassi and H. Scheer (eds.). Biomass for Energy and Industry, 7th E.C. Conference. Ponte Press, Bochum.

Dave TeBeest (1991) Ecology and Epidemiology of Fungal Plant Pathogens Studied as Biological Control Agents of Weeds -Microbial Control of Weeds (97-114).

David Chiaramonti , Giuliano Grassi*^b , Aldo Nardic , Herbert-Peter Grimm., (2004), ECHI-T: Large Bio-ethanol Project from Sweet Sorghum in China and Italy - Energia Trasporti Agricoltura (ETA).

Dercas, N. and Liakatas, A. (1999). Sorghum Water Loss in Relation to Irrigation Treatment. Water Resources Management 13: 39-57.

Dolciotti, I., Mambelli, S., Grandi, S. and Venturi, G. (1998). Comparison of two Sorghum Genotypes for Sugar and Fiber Production. Industrial Crops and Products 7: 265-272.

Dorivar Ruiz Diaz, 2014 Kansas Fertilizer Research 2013 - Kansas Agricultural Experiment Station Research.

Duke, (1983) Handbook of Energy Crops Purdue University - [Corporate Author] Center for New Crops and Plant Products.

EECI (1999c) Fiber Sorghum, a Promising Annual Crop for Biomass Production in Greece -European Energy Crops.

EECI (1999f) -European Energy Crops.

EECI, (2000g) Environmental Studies on Sweet and Fiber Sorghum Sustainable Crops for Biomass Production and Energy -(Project FAIR CT3-CT96 1913). European Energy Crops.

EECI (2000c). Sorghum Fibre : a New Annual Crop. -European Energy Crops Internetwork.

El Bassam, (1998) C3 and C4 Plant Species as Energy Sources and their Potential Impact on Environment and Climate -Renewable Energy Volume 15, Issues 1-4 (205-210).

FAO (1994). The energy integrated system of the shenyang agricultural university: A possible solution for the energetic problem in the northeast region of China. -Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO,(1995) The energy integrated system of the shenyang agricultural university: A possible solution for the energetic problem in the northeast region of China. -Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. 2008d. Biofuels: Back to the Future? by U.R Fritsche, SOFA 2008 background paper. Unpublished. Rome.

FAO. 2008g. How Good Enough Biofuel Governance can help Rural Livelihoods: making sure that Biofuel Development works for small Farmers and Communities, by O. Dubois. SOFA 2008 background paper. Unpublished. Rome.

Freeman, K.C. and Broadhead, D.M. and Zummo, N. (1973) Culture of Sweet Sorghum for Sirup Production. -In: Agriculture Handbook. Washington, D.C., Agricultural Research Service, U.S. Dept. of Agriculture, Meredian, (1-30).

Gazaway & Mask, (2006) Sorghum Diseases -Auburn University.

Gnansounou, E., Dauriat, A. and Wyman, C. E. (2005). Refining Sweet Sorghum to Ethanol and Sugar: Economic Trade-offs in the Context of North China. - Bioresource Technology 96: 985-1002.

Grassi and Vasen, (2004) Low Cost Biohydrogen from Solid Biomass. Proceedings of the 2nd World Conference on Biomass for Energy, -Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy.

Guiying, L. Weibin, G., Hicks, A. and Chapman, K. R. (2004). A Training Manual for Sweet Sorghum-Under the FAO project TCP/CPR/0066. eArtide ID 172 EcoPort version by P. Griffiee.

Habyarimana, P Bonardi, D Laureti, V Di Bari (2004) Performances of Biomass Sorghum [Sorghum bicolor (L.) Moench] under different Water Regimes in

Mediterranean region -Industrial Crops and Products Volume 20, Issue 1, July 2004,(23-28).

J.W.Worley, D.H.Vaughan, J.S.Cundiff (1992) Energy Analysis of Ethanol Production from Sweet Sorghum -Bioresource Technology Volume 40, Issue 3 (263-273).

Kangama, C. O. and Rumei, X. (2005). Production of Crystal Sugar and Alcohol from Sweet Sorghum. African Journal of Food Agriculture and Nutritional Development, Vol. 5: (1-5).

LAMNET (2006). Brochures and Leaflets: Sweet Sorghum - One of the best World Food-Feed-Energy Crop. -Latin America Thematic Network on Bioenergy.

Luger, E. (1997). Energy Crop Species in Europe.

Mask and Morris (1991) Sweet Sorghum Culture and Syrup Production - University of Tennessee.

Mastrorilli, M., Katerji, N. and Rana, G. (1999). Productivity and Water use Efficiency of Sweet Sorghum as Affected by soil Water deficit occurring at different Vegetative Growth Stages. European Journal of Agronomy 11: 207- 215.

Miller, F. R. and McBee, G. G. (1993). Genetics and Management of Physiologic Systems of Sorghum for Biomass Production. Biomass and Bioenergy, Vol.5, No 1:4149.

Monti and Venturi, (2003) Comparison of the Energy Performance of Fibre Sorghum, Sweet Sorghum and Wheat Monocultures in Northern Italy -European Journal of Agronomy Volume 19, Issue 1(35-43).

Panoutsou, K., 2000. Fiber Sorghum, a Promising Annual Crop for Biomass Production in Greece.

Quinby & Karper, 1954 Sorghum Improvement Advances in Agronomy.

Smartt, J. and Simmonds, N. W. (eds) (1995). Evolution of Crop Plants (2nd edition). Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd., Singapore.

Smith, C. W. and Frederiksen, R. A. (2000). Sorghum: Origin, History, Technology and Production -John Wiley & Sons, Inc., USA.

Trebbi G. (1993) Power-Production Options from Biomass: The Vision of a Southern European Utility -Bioresource Technology Volume 46, Issues 1–2, 1993,(23-29).

Undersander, D. J., Lueschen, W. E., Smith, L. H., Kaminski, A. R., Doll, J. D., Kelling, K A. and Oplinger, E. S. (1990). Sorghum-for Syrup. Alternative Field Crops Manual. - Center for Alternative Plant & Animal Products and the Minnesota Extension Service, University of Minnesota.

Woods, (2001) The Potential for Energy Production Using Sweet Sorghum in Southern Africa -Energy for Sustainable Development Volume 5, Issue 1,(31-38).