

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του Λεωνίδα Ραφαήλ Σιώκα

A.M.: 01941

Επίδραση της Προηγούμενης Καλλιέργειας Ψυχανθούς και της Αζωτούχου Λίπανσης στην Απόδοση σε Βιομάζα Δύο Ποικιλιών Σόργου (Big Kahuna, N52k1009) στην Ανατολική Θεσσαλία



Υπεύθυνος Καθηγητής: Νικόλαος Δαναλάτος, Καθηγητής, Διευθυντής

ΒΟΛΟΣ, 2021

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ:

«Επίδραση της Προηγούμενης Καλλιέργειας Ψυχανθούς και της Αζωτούχου Λίπανσης στην Απόδοση σε Βιομάζα Δύο Ποικιλιών Σόργου (Big Kahuna, N52k1009) στην Ανατολική Θεσσαλία»

«The impact of previous bean cultivation and nitrogen fertilization on the yield of production of two varieties of sorghum (Big Kahuna, N52k1009) in Eastern Thessaly»

ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ:

1. Επιβλέπων: κ. Νικόλαος Δαναάτος, καθηγητής, Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
2. κ. Καρκάνη Ανέστη, Επικ. Καθηγητή, Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
3. κ. Παρτζιάλη Δημήτριο, Καθηγητή, Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

“Άπαντα τίκτει χθών πάλιν τε και λαμβάνειν.”

(Τα πάντα τα γεννάει η γη και πάλι τα παίρνει.)

Ευριπίδης, 480-406 π.Χ., Αρχαίος τραγικός

**“Η γεωργία φαίνεται εύκολη δουλειά,
όταν άροτρό σου είναι ένα μολύβι κι
όταν βρίσκεται μίλια μακριά από τα χωράφια.”**

Dwight D. Eisenhower

Copyright © [Λεωνίδας Ραφαήλ Σιώκας, 2021]

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ.

Ευχαριστίες- Αφιερώσεις

Με την παρούσα πτυχιακή μου εργασία ολοκληρώνεται ένα από τα πιο όμορφα ταξίδια των σπουδών μου στη Γεωπονική Επιστήμη και συγκεκριμένα στον τομέα της Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, έναν κλάδο στον οποίο μέσα από το Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, είχα την ευκαιρία να εμβαθύνω. Ως την ελάχιστη δυνατή μνεία, με την παρούσα αναφορά μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς, όλους όσους στάθηκαν αρωγοί σε αυτή μου την προσπάθεια.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα, αρχικά να απονείμω στον καθηγητή και επιβλέποντα της πτυχιακής, κ. Νικόλαο Δαναλάτο για την εκπαιδευτική του συμβολή. Επιπλέον, η πολύτιμη στήριξη και ενθάρρυνσή του σε όλη τη διάρκεια αυτής της διαδρομής, όπως και οι ουσιαστικές παρατηρήσεις και η καθοδήγησή του υπήρξαν καθοριστικοί παράγοντες για την εκπόνηση αυτής της Πτυχιακής Εργασίας.

Θα ήθελα θερμά, επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και βοηθούς του γραφείου, τόσο για την εποικοδομητική τους παρακολούθηση και διδασκαλία καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, όσο και για την άμογη συνεργασία και συμβολή, καθώς ο καθένας ξεχωριστά έβαλε ένα “πολύτιμο επιστημονικό λιθαράκι” στον εμπλουτισμό των γνώσεών μου και στην επιτυχή ολοκλήρωση του εγχειρήματος αυτού.

Πολλές ευχαριστίες νιώθω την ανάγκη να αποδώσω και στους φίλους μου για την ανοχή, κατανόηση και στήριξη όλο το διάστημα των σπουδών μου.

Κλείνοντας, δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω θερμότατα την οικογένεια μου που με την καθημερινή τους υποστήριξη, συμπαράσταση και υπομονή, συνέβαλαν στην τόνωση της αυτοπεποίθησης και του ηθικού, ώστε να πετύχω το στόχο μου, δίνοντάς μου πάντα τη δύναμη να συνεχίζω τις προσπάθειες. Αφιερώνω όμως, αυτή τη πτυχιακή στην αδερφή μου Χαρούλα, που λειτούργησε για μένα ως παράδειγμα, καθώς με δίδαξε πως η προσπάθεια στο τέλος δικαιώνεται.

Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
Εισαγωγή	10
Α΄ ΜΕΡΟΣ	
ΚΕΦ. Α - ΒΙΟΜΑΖΑ	
A1. Γενικά για τη βιομάζα	10
A2. Βιομάζα ως ανανεώσιμη φυσική ύλη.....	10
A3. Βιομάζα ως φυσικό ανεξάντλητο προϊόν	12
A4. Εναλλακτική λύση η βιομάζα των Ενεργειακών καλλιεργειών	15
ΚΕΦ. Β – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	
B1. Τι είναι οι Ενεργειακές Καλλιέργειες;.....	18
B2. Πώς θα επιλεγθεί η κατάλληλη Ενεργειακή Καλλιέργεια;	20
B3. Περιβαλλοντικά οφέλη από τη φύτευση Ενεργειακών Καλλιεργειών	21
B4. Η Καλλιέργεια των Ενεργειακών Καλλιεργειών στην Ελλάδα	23
B5. Τεχνικές - Μέθοδοι Μετατροπής	23
B6. Στρεμματικές αποδόσεις των ελληνικών Ενεργειακών Καλλιεργειών	26
ΚΕΦ. Γ	
Γ1. Ενεργειακή Αξιοποίηση της Υπολειμματικής Γεωργικής και Δασικής Βιομάζας κι όχι μόνο	28
Γ2. Συνοπτική εξέταση της Ενεργειακής αξιοποίησης της Βιομάζας στην Ελλάδα	30

Β΄ ΜΕΡΟΣ- ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Γενική Σκοποθεσία της Εργασίας... 33

ΚΕΦ. Α – Το Σόργο

A1.1. Ιστορική προέλευση 34

A1.2. Γενικά γνωρίσματα του φυτού Σόργου..... 35

A2. Βοτανική ταξινόμηση του Σόργου

A2.1. Τύποι – Ποικιλίες 36

A2.2. Χρήσεις Σόργου 38

A3. Βοτανικά – Μορφολογικά χαρακτηριστικά

A3.1. Ριζικό σύστημα..... 40

A3.2. Βλαστός 41

A3.3. Φύλλα 41

A3.4. Ταξιανθία..... 42

A3.5. Καρπός 43

ΚΕΦ. Β – Καλλιέργεια Σόργου

B1. Εδαφοκλιματικές συνθήκες

B1.1. Εδαφικές απαιτήσεις..... 44

B1.2. Κλιματικές απαιτήσεις..... 45

B2. Καλλιεργητικές τεχνικές

B2.1. Αμειψοπορά 45

B2.2. Έδαφος - Διαχείριση..... 46

B2.3. Σπορά..... 47

B2.4. Λίπανση – Χλωρά λίπανση..... 48

B2.5. Άρδευση.....	51
B2.6. Διαχείριση ζιζανίων.....	51
B2.7. Συγκομιδή	53
B2.8. Αποθήκευση.....	53
B2.9. Εχθροί και Αντιμετώπιση	54
B3. Παραγωγικότητα – Αποδόσεις – Οικονομική σημασία	55

Γ΄ ΜΕΡΟΣ- ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σκοποθεσία της Εργασίας	57
-------------------------------	----

Γ1. Υλικά και Μέθοδοι

Γ1.1. Περιγραφή του πειράματος	57
Γ1.2. Καλλιεργητικές εργασίες	59
Γ1.3. Μετρήσεις	60

Γ2. Αποτελέσματα – Συζήτηση

Γ2.1. Έδαφος.....	62
Γ2.2. Καιρικές συνθήκες.....	64
Γ2.3. Αύξηση και ανάπτυξη καλλιεργειών	66
Γ3. Συμπεράσματα.....	69

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Περίληψη

Το σόργο της οικογένειας Poaceae αποτελεί φυτό το οποίο χρησιμοποιείται για την υψηλή παραγωγή βιομάζας. Πραγματοποιήθηκε πείραμα σε αγρό που τη προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο ήταν σπαρμένο κτηνοτροφικό μπιζέλι. Η βιομάζα του συγκεκριμένου ψυχανθούς δεν συγκομίστηκε αλλά έγινε ενσωμάτωση της στο έδαφος για να αποτελέσει και αυτή η διαδικασία μέθοδο του πειράματος. Σχεδιάστηκε παραγοντικό πείραμα υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split – plot) πραγματοποιώντας τέσσερις επαναλήψεις και 40 αγροτεμάχια για κάθε επανάληψη. Ο κύριος παράγοντας ήταν οι δύο διαφορετικές ποικιλίες (Big Kahuna, 25K1009) και ο δευτερεύον παράγοντας τα πέντε διαφορετικά επίπεδα λίπανσης (0N, 7N , 14N , 21N , 28N) , χρησιμοποιώντας επιφανειακή αζωτούχος λίπανση με ουροθειϊκή αμμωνία, 40-0-0. Στις δύο περιπτώσεις επίδρασε θετικά η εφαρμογή χλωρής λίπανσης δίνοντας αυξημένα ποσοστά χλωρής και ξηρής βιομάζας. Οι υψηλότερες αποδόσεις παρατηρήθηκαν στην περίπτωση της επέμβασης με άζωτο στο επίπεδο 14N όπου η επέμβαση έγινε με 14 kg/στρ. αζώτου. Για τη ποικιλία “Big Kahuna” στα 14 kg/στρ. αζωτούχου λίπανσης αξιοποιήθηκαν τα 4,29 ρίχνοντας το ποσοστό στο 30% περίπου και στα επόμενα δύο επίπεδα αζώτου 21 και 28 kg/στρ. αξιοποιήθηκαν περίπου το 22%. Για τη ποικιλία “25K1009” στα 14 kg/στρ. αξιοποιήθηκε το 45% περίπου και από τα δύο μεγαλύτερα επίπεδα το ποσοστό έπεσε στο 23% περίπου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

A. ΜΕΡΟΣ: ΒΙΟΜΑΖΑ

Κεφ.Α.1. Γενικά για τη βιομάζα

Βιομάζα γενικώς ορίζεται η ύλη που η μάζα της έχει βιολογική (οργανική) προέλευση, η οποία άμεσα ή έμμεσα προέρχεται από το φυτικό ή ζωικό κόσμο. Επομένως όλα τα προϊόντα και υποπροϊόντα του φυτικού ή ζωικού βασιλείου θεωρούνται βιομάζα: όπως το ξύλο, το χαρτί, τα προϊόντα του δάσους, όλα τα αυτοφυή ή καλλιεργούμενα φυτά, τα υπολείμματα των αγροτικών καλλιεργειών, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, τα απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων, τα αστικά οργανικά απόβλητα-λύματα, τα υπολείμματα κ.ά.

Πρακτικά όμως, έχει επικρατήσει στην πλειονότητα των περιπτώσεων, όταν χρησιμοποιούμε τον όρο **βιομάζα**, να τον συνδέουμε νοηματικά, με τα καλλιεργούμενα φυτά και τα παραγόμενα προϊόντα και υπολείμματά τους, καθώς και τα απόβλητα *φυτικής ή ζωικής προέλευσης, εφόσον αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν κυρίως ως καύσιμο ή για την παραγωγή κάποιας μορφής ενέργειας*. Ενδεικτικά παραδείγματα αυτών είναι: *τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα (φλοιοί, κλαδιά δέντρων, άχυρα, κοκκώδη καρπών, πριονίδια κ.ά), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά κ.ά), τα διάφορα καλλιεργούμενα ενεργειακά φυτά (αγριαγκινάρα, μίσχανθος, ηλιανθος, ελαιοκράμβη, σόργο, σόγια, κενάφ κ.ά), τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων, της αγροτικής βιομηχανίας και τα αστικά υγρά απόβλητα ή στερεά απορρίμματα*.

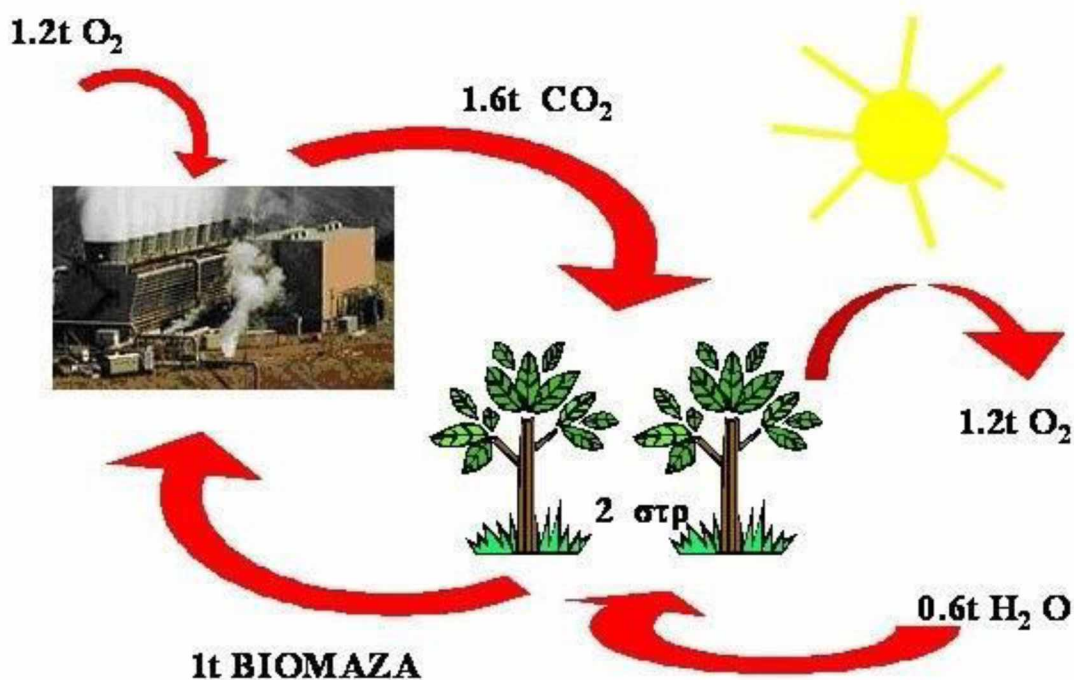
Έτσι λοιπόν, γενικώς θα λέγαμε ότι σήμερα, με τον όρο **βιομάζα**, κατά τη χρήση του, εννοούμε *συνολικά*: «κυρίως όλες τις μορφές οργανικής ουσίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας (Biomass guide, ΚΑΠΕ, 2005)».

A.2. Η βιομάζα ως ανανεώσιμη φυσική ύλη

Η βιομάζα ως υλική μάζα και φυσικά κι ως πηγή ενέργειας είναι **ανανεώσιμη**, διότι: **«μετασχηματίζεται, καταστρέφεται κι αναπαράγεται»**. Πρόκειται για μια **αέναο** μετατροπή της ηλιακής ενέργειας που αποθηκεύεται σε χημική μορφή στα οργανικά προϊόντα της φωτοσύνθεσης. Έχει υπολογιστεί μάλιστα πειραματικά, ότι σε πολλές ετήσιες καλλιέργειες η ποσότητα της παραγόμενης βιομάζας εξαρτάται: από την αθροισόμενη σε ημερήσια βάση προσπίπτουσα ακτινοβολία, κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Προσπίπτουσα δε ακτινοβολία ορίζεται ότι είναι η εισερχόμενη ακτινοβολία στη φυτική κόμη, μείον εκείνη που την διαπερνά με οποιοδήποτε τρόπο και φθάνει μέχρι το έδαφος (Monteith, 1977). Η απόδοση βέβαια της μετατροπής της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας-ενέργειας σε χημική, μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών είναι αρκετά *χαμηλή* και δεν ξεπερνά το 1-2%. Σύμφωνα με υπολογισμούς που έχουν γίνει, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται τελικά σε καθαρή πρωτογενή βιομάζα, στα χερσαία οικοσυστήματα του πλανήτη είναι κατά μέσο όρο 1% (Βερεσόγλου, 1996).

Τα φυτά λοιπόν, μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια, με μια σειρά διεργασιών, σε αποθηκευμένη χημική ενέργεια (βιοενέργεια) στις παραγόμενες απ' αυτά οργανικές ουσίες τους. Οι βασικές πρώτες ύλες γι' αυτό είναι το Νερό και το CO₂ που αφθονούν στην φύση. Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις πραγματοποιούνται στους χλωροπλάστες, οι οποίοι συλλαμβάνουν τα φωτόνια και στη συνέχεια ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Αυτή ανάγει το CO₂ σε υδατάνθρακες, σχηματίζοντας *οργανικές ενώσεις, στη βιομάζα τους*. Έτσι λοιπόν μπορούμε να εξάγουμε ως συμπέρασμα, ότι κατ' αυτόν τον τρόπο, αναδεικνύεται κι ένας ακόμη σπουδαίος ρόλος της γεωργίας: «*ως παραγωγού ενέργειας*». (βλέπε *σχήμα «1»*)



Σχήμα (1): Συμμετοχή της γεωργίας στην παραγωγή βιομάζας

Συνοπτικά συνάγεται λοιπόν, ότι βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας όλων των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Οι συνήθεις αλλά και οι περισσότερες μορφές βιομάζας συνίστανται κυρίως: από νερό, κυτταρίνες, ημικυτταρίνες και λιγνίνες, σε διάφορες αναλογίες που στις οποίες εμπεριέχεται η αποθηκευμένη χημική ενέργεια-βιοενέργειά τους. Η θερμική αξία της βιομάζας είναι 15-20 MJ/Kg. Η τυπική χημική σύνθεση της βιομάζας είναι: **50% Άνθρακας, 43% Οξυγόνο και 6% Υδρογόνο** κι ο χημικός της τύπος είναι: **«C6n(H2O)5n»**

6 H2O + 6 CO2 + ηλιακή ακτινοβολία → C6H12O6 + 6O2.

«Η βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκ. τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλίσκεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Το τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα κι αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.)». (Κ.Κίττας, Θ.Γέμτος, Σ. Φουντάς, Θ Μπαρτζάνας: «Βιοκαύσιμα και ενεργειακές καλλιέργειες», 1) Παν. Θ/λίας τμ. Γεωπ. Εργ. Γεωργ. Κατ. & Ελέγχου Περ/ντος. 2) Κ.Ε.Τ. & Αναπτ. Θ/λίας του Ινστ. Τεχν. & Διαχ. Αγροοικοσυστημάτων). Οι Johansson et al. (1993) είχαν υπολογίσει ότι το 2020 με τη βιομάζα θα είναι δυνατό να καλύπτεται το 38% των Παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών, οι οποίες σήμερα καλύπτονται με τα συμβατικά καύσιμα και το 17% των Παγκόσμιων απαιτήσεων σε ηλεκτρική ενέργεια, ήτοι 206EJ.

A.3. Η βιομάζα ως φυσικό ανεξάντλητο προϊόν

Η βιομάζα δεν έχει μόνο ως περιβαλλοντολογικό πλεονέκτημα και χαρακτηριστικό την «*ανανεωσιμότητά της*», αλλά κι ένα ακόμη, πολύ δυνατό και ελκυστικό για την σημερινή εποχή της διαφαινόμενης εξάντλησης των φυσικών πόρων και φυσικά και των πηγών ενέργειας του πλανήτη : να είναι **«ανεξάντλητη-αστείρευτη»**. Φυσικά αυτό επιτυγχάνεται, μέσω μιας ορθολογικής και προγραμματισμένης διαχείρισης των φυσικών της πηγών ή των καλλιεργούμενων δυναμικών Ενεργειακών Καλλιεργειών.

Η ενέργεια που περιέχεται κι είναι αποθηκευμένη στις οργανικές ουσίες της βιομάζας ονομάζεται **βιοενέργεια**, και θεωρείται «*πράσινη ενέργεια*», άρα είναι «*οικολογική*», με μεγάλο θετικό

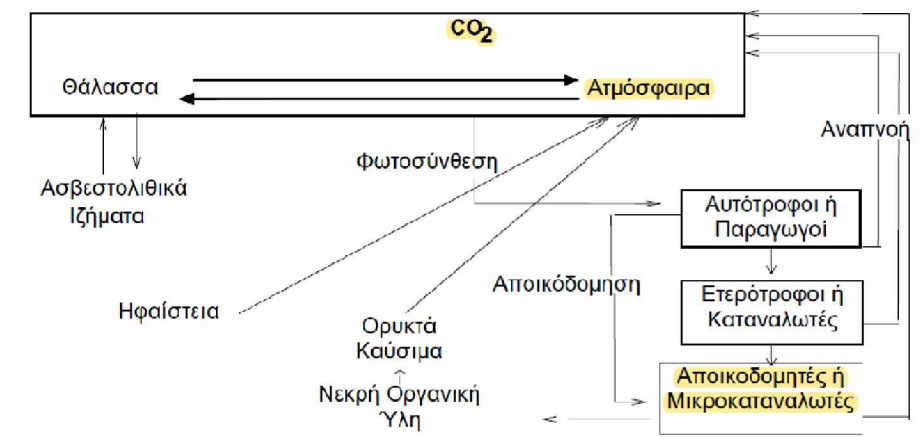
πρόσημο στην προστασία του περιβάλλοντος. Γιατί είναι ηλιακή ενέργεια, η οποία έχει μετασχηματιστεί κι αποθηκευτεί από τα φυτά στις οργανικές ουσίες τους, μέσω της φωτοσύνθεσης και που σήμερα τεχνολογικά είναι *αξιοποιήσιμη ενέργεια*. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται προκειμένου να παραχθεί βιομάζα: είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα, ουσίες που είναι άφθονες στη φύση κι αποτελούν όλες, μέρος της ανόργανης ύλης της. Η παραγωγή βιομάζας, ως φυσικός τρόπος αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας, αποτελεί τη μόνη πλούσια σε άνθρακα πηγή ενέργειας του πλανήτη. Τα αποθέματα της οποίας είναι ικανά και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων.

Σήμερα, με τα επιστημονικά εργαλεία κι όλη την τεχνογνωσία που διαθέτουμε, η αξιοποίησή της μπορεί να γίνει με τη μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Ως πηγή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία αλλά με χαμηλότερο ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό βέβαια, μπορεί να είναι ένα μειονέκτημα, που όμως δεν θα πρέπει να αποτελέσει τροχοπέδη για την περαιτέρω ανάπτυξη της παραγόμενης βιομάζας και την αξιοποίησή της. Αφού πλέον είναι έκδηλα και έντονα τα προβλήματα της μόλυνσης του περιβάλλοντος και της διαφαινόμενης εξάντλησης των αποθεμάτων των ορυκτών καυσίμων.

Γι' αυτό η προοπτική παραγωγής βιοενέργειας, μέσω των βιοκαυσίμων που προκύπτουν από τη χρήση της βιομάζας των «*Ενεργειακών Φυτικών Καλλιιεργειών*» μπορεί να δώσει *λύσεις*: α) στα σημαντικά οικολογικά περιβαλλοντολογικά προβλήματα, β) στα διαρθρωτικά προβλήματα της ελληνικής γεωργίας. Προσφέροντας στους Έλληνες αγρότες *εναλλακτικές προτάσεις καλλιέργειας*, αφού ένα από τα σημαντικότερα προϊόντα της βιομάζας είναι «τα βιοκαύσιμα». Κυριότερα είδη των οποίων είναι: η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναμειγμένα με συμβατικά καύσιμα ή να αντικαταστήσουν πλήρως τη βενζίνη και το ντίζελ αντίστοιχα. Παγκοσμίως είναι αποδεκτό ότι σήμερα η χρήση των βιοκαυσίμων μειώνει την εξάρτηση της παγκόσμιας οικονομίας από τα ορυκτά καύσιμα, ενώ ενισχύει σημαντικά και την αγροτική οικονομία.

Τα βιοκαύσιμα, προερχόμενα από ανανεώσιμη πρώτη ύλη, θεωρούνται «ανανεώσιμα καύσιμα». Βέβαια έχει παρατηρηθεί ότι κατά την καύση τους και τα καύσιμα αυτά, εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες CO₂, με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Επειδή όμως είναι φυτικής προέλευσης, ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την βιοσύνθεση της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα και στην οποία επανέρχεται μετά την καύση. Έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά *μηδενικό*.

Ακόμη παρατηρώντας τον «κύκλο του άνθρακα», διαπιστώνουμε ότι ποσότητες του άνθρακα που είναι αποθηκευμένες στη βιομάζα των ζωντανών οργανισμών, στο έδαφος, στα ορυκτά καύσιμα, στα ανθρακικά πετρώματα, κυρίως στο CaCO_3 και στη θάλασσα, ως διοξείδιο του άνθρακα, δεσμεύεται ο άνθρακας αυτός από τα φυτά με τη φωτοσύνθεση και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα με την αναπνοή των οργανισμών και την καύση οργανικών ουσιών (Kormondy, 1976). (βλέπε σχήμα «2»).



Παρατηρώντας την παραγωγή και τη διακίνηση της πρώτης ύλης των ορυκτών καυσίμων, διαπιστώνουμε ότι υπεισέρχονται δραστηριότητες, κατά τις οποίες παράγεται και επιπλέον ποσότητα CO_2 και θειωδών ενώσεων κι άλλων επίσης επιβλαβών, οι οποίες συμβάλλουν αθροισόμενες σε ακόμη μεγαλύτερη επιβάρυνση και μόλυνση του περιβάλλοντος (π.χ. φαινόμενο του θερμοκηπίου). Επίσης παρατηρούμε ότι στα κοιτάσματα των ορυκτών καυσίμων: στερεών, υγρών και αέριων που εξορύσσονται, αυτά καίγονται με ταχύτατους ρυθμούς, επιφέροντας το ταχύτερο αποτέλεσμα της εξάντλησής τους και της διογκούμενης επιβάρυνσης του περιβάλλοντος. Αν λάβουμε υπόψη μας και τα διάφορα σενάρια ότι στο ενδιάμεσο διάστημα, μέχρι δηλαδή να εξαντληθούν τα γνωστά αποθέματα καυσίμων υλών, πως προβλέπεται ο διπλασιασμός των κατοίκων του πλανήτη και φυσικά ο πολλαπλασιασμός των ενεργειακών τους αναγκών (Biomass guide, ΚΑΠΕ 2005), τότε για όλους αυτούς τους λόγους, η στροφή που γίνεται σήμερα παγκόσμια, προς τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, φαίνεται πως είναι **επιτακτική ανάγκη**: «οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)».

A.4. Εναλλακτική λύση η Βιομάζα των Ενεργειακών Καλλιεργειών

Οι Ενεργειακές Καλλιέργειες έχουν ήδη αποκτήσει τα τελευταία χρόνια μια ιδιαίτερη σημασία, κυρίως για τις ανεπτυγμένες χώρες, που προσπαθούν, μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των «γεωργικών πλεονασμάτων». Σύμφωνα με τις προβλέψεις, εκατομμύρια στρέμματα γόνιμων και περιθωριακών εκτάσεων είναι πιθανό να περιέλθουν σε αγρανάπαυση, εκτός εάν οι εκτάσεις αυτές χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας (Hall DO, 1993; Faaij, 2003; DG Agriculture, 2004; Biomass guide, ΚΑΠΕ 2005).

«Η ανάπτυξη της παραγωγής βιοκαυσίμων, μέσω των Ενεργειακών Καλλιεργειών, αναμένεται ότι θα προσφέρει νέες ευκαιρίες διαφοροποίησης του εισοδήματος και απασχόλησης σε αγροτικές περιοχές. Ήδη από το 2006 εφαρμόζεται στη χώρα μας, η νέα κοινή αγροτική πολιτική (ΚΑΠ), σύμφωνα με την οποία οι επιδοτήσεις αποσυνδέονται από το ύψος της παραγωγής και μεταφέρονται στον ίδιο το γεωργό, με αποτέλεσμα πολλές από τις παραδοσιακές εκτατικές καλλιέργειες να καθίστανται αντισοικονομικές, χωρίς να φαίνεται προς το παρόν ότι υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις. «Η Καλλιέργεια Ενεργειακών Καλλιεργειών όμως, μπορεί να ανακουφίσει την κρίση που ο ευρωπαϊκός τομέας της γεωργίας αντιμετωπίζει τον τελευταίο καιρό» (Cocco, 2007).

Οι Ενεργειακές Καλλιέργειες φαίνεται ότι είναι μια ομάδα καλλιεργειών που μπορούν να δώσουν διέξοδο στα προβλήματα που αναμένεται να αντιμετωπίσουν σύντομα οι Έλληνες αγρότες. Αν λάβουμε υπόψη τα πολλαπλά οφέλη της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας αλλά και τις ιδιαιτερότητες του ελληνικού αγροτικού τομέα, διαφαίνεται ότι οι καλλιέργειες αντιπροσωπεύουν μια ελκυστική λύση: τόσο για την παραγωγή ενέργειας και υγρών καυσίμων, όσο και για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου, την ενίσχυση της απασχόλησης και την προστασία του περιβάλλοντος».(Κ.Κίττας, Θ.Γέμτος, Σ. Φουντάς, Θ Μπαρτζάνας:«Βιοκαύσιμα και ενεργειακές καλλιέργειες»,1)Παν. Θ/λίας τμ. Γεωπ. Εργ. Γεωργ. Κατ. & Ελέγχου Περι/ντος. 2)Κ.Ε.Τ. & Αναπτ. Θ/λίας του Ινστ. Τεχν. & Διαχ. Αγροοικοσυστημάτων).

Άλλωστε όπως είναι γνωστό, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δεσμευθεί να συμμορφωθεί με το Πρωτόκολλο του Κιότο, για τις κλιματικές αλλαγές και για τις μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2020, μέσω τη θέσπισης μιας σειράς οδηγιών που αποσκοπούν στην προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (COM, 2008). Με μια οδηγία (COM,

2008) επιβάλλει τη χρήση βιοκαυσίμων για τις μεταφορές κατά 10% από το 2020, το οποίο σημαίνει ότι περίπου 17,5 εκατομμύρια εκτάρια καλλιεργήσιμης γης θα πρέπει να διατεθούν για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών. (AGRI, 2007). Επιπλέον, τα ευρωπαϊκά κράτη-μέλη έχουν θέσει στόχους για την πρόληψη της κλιματικής αλλαγής, ψηφίζοντας μια νέα οδηγία με στόχο τη μείωση κατά 20% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG), σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, μια μείωση κατά 20% της κατανάλωσης ενέργειας μέσω της βελτίωσης των μεθόδων παραγωγής της ενεργειακής απόδοσης και τέλος 20% αύξηση της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(A.Π.Ε.) μέχρι το έτος 2020.

Συνέπεια όμως της εν λόγω οδηγίας είναι ότι απαιτείται: *«από τους προμηθευτές καυσίμων να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από εξαγωγή ή την καλλιέργεια, περιλαμβανομένων των αλλαγών στη χρήση γης, τη μεταφορά και τη διανομή, την επεξεργασία και την καύση των καυσίμων για τις μεταφορές. Μείωση λοιπόν των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση περισσότερων βιοκαυσίμων και άλλων εναλλακτικών καυσίμων»*(COM, 2008).

«Παρά το γεγονός όμως, ότι έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για να ενσωματωθούν οι Ενεργειακές Καλλιέργειες στη παραγωγή βιοκαυσίμων και βιοενέργειας, η εφαρμογή τους εξακολουθεί να είναι μάλλον αργή στην Ευρώπη». (Panoutsou, 2007). «Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι η βιομάζα συνεισφέρει επί του παρόντος μόνο στο 4% της συνολικής ζήτησης ενέργειας στην Ευρώπη. Οι δε ενεργειακές καλλιέργειες παράγουν 2-15 τόνους/εκτάριο ξηρής βιομάζας ετησίως». (Volkhard.,et al , 2010).

Μελλοντικά όμως, *οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)* καλούνται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο συνεχώς μεταβαλλόμενο παγκόσμιο γεωπολιτικό χάρτη της ενέργειας. Μεταξύ αυτών των διαθέσιμων Ανανεώσιμων εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας(Α.Π.Ε.) που θα μπορούσαν να βοηθήσουν, ώστε να ανταποκριθούμε στις προκλήσεις της εποχής μας είναι και: **«οι Ενεργειακές Καλλιέργειες παραγωγής βιομάζας»**. Διότι έχουν πολλά πλεονεκτήματα, σε σύγκριση με τις *συμβατικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας*: από ορυκτά καύσιμα αλλά και ορισμένων άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. αιολική ενέργεια, φωτοβολταϊκά, κλπ), κυρίως λόγω της μείωσης της εξάρτησης, από βραχυπρόθεσμες καιρικές μεταβολές.

Παράλληλα, όπως ήδη έχει αναφερθεί και παραπάνω: *η χρήση της βιομάζας συμβάλλει στη προώθηση των περιφερειακών οικονομικών δομών και συμβάλλει στην εξασφάλιση των εναλλακτικών πηγών απασχόλησης στις αγροτικές περιοχές*. Επίσης, «η εκμετάλλευση των

Ενεργειακών Καλλιεργειών και των υπολειμμάτων τους θεωρείται ότι αυξάνει τη βιοποικιλότητα και μπορεί να συμβάλει στην αύξηση του εισοδήματος των αγροτών». (Skoulou et al., 2011) «Η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας(Α.Π.Ε.), συμπεριλαμβανομένης της βιομάζας, αναμένεται να ελαχιστοποιήσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις συνεπαγόμενες αρνητικές επιπτώσεις του στον πλανήτη». (European Environment Agency, 2004).

Αν και τα ορυκτά καύσιμα, πράγματι εξακολουθούν να κυριαρχούν στην παγκόσμια προσφορά ενέργειας, με συνδυαστικό μερίδιο 81%, διαφαίνεται ότι *οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας θα «έχουν τη δυνατότητα να κυριαρχήσουν στις επόμενες γενιές»*. Σήμερα οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας(Α.Π.Ε.) αντιστοιχούν στο 13% της παγκόσμιας προσφοράς ενέργειας που διανέμεται ως εξής: «σε 10% βιοενέργεια , 2% υδροηλεκτρική ενέργεια και το 1% αιολική, ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια». Επομένως ήδη λοιπόν βλέπουμε : *«ότι ανάμεσα στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, η Βιοενέργεια αποτελεί την κυρίαρχη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας* κι ακολουθούν η *Υδροηλεκτρική* ενέργεια και σε μικρότερο βαθμό η *Αιολική* ενέργεια, *Γεωθερμική* ενέργεια και η *Ηλιακή* ενέργεια. Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας(Α.Π.Ε.) γενικότερα, αλλά και ειδικότερα **η βιοενέργεια**, έχουν **«πολλαπλές δυνατότητες χρήσης»**. Και μάλιστα σύμφωνα με τη θέση του **Παγκόσμιου Συνδέσμου Βιοενέργειας η δυνατότητα αξιοποίησης της βιοενέργειας σε όλο τον κόσμο προβλέπεται για το 2050 και εκτιμάται σε 20-30 φορές σε σχέση με την τρέχουσα χρήση**.

Συμπερασματικά λοιπόν: γενικότερα η ***βιομάζα*** θεωρείται μία από τις ***σημαντικότερες Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας(Α.Π.Ε.)***. ***Πηγή του μέλλοντος***, λόγω της οικονομικής βιωσιμότητά της και της φιλικότητάς της προς το περιβάλλον. ***Ήδη απ' το 1990 ήταν ανάμεσα στις τέσσερις μεγαλύτερες πηγές ενέργειας στον κόσμο, καλύπτοντας το 13% της χρησιμοποιούμενης αρχικής ενέργειας***.

Κεφ. Β.: Τι είναι οι Ενεργειακές Καλλιέργειες;

Β.1. Οι Ενεργειακές Καλλιέργειες περιλαμβάνουν τόσο ορισμένα ήδη καλλιεργούμενων φυτικών ειδών, όσο και μια σειρά αυτοφυών που έχουν ως σκοπό την παραγωγή βιομάζας. Η οποία μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς: όπως την παραγωγή σπορέλαιων για την παραγωγή «βιολογικού» πετρελαίου (biodiesel), ζυμώσιμα σάκχαρα υδατάνθρακες για την παραγωγή βιοαιθανόλης, ή ξηρά ουσία για καύση, πυρόλυση, αεριοποίηση κ.τ.λ. (Monti et al. 2003).

Επομένως με τον όρο **Ενεργειακή Καλλιέργεια** αναφερόμαστε στα φυτικά καλλιεργούμενα είδη, από τα οποία με κατάλληλη επεξεργασία της βιομάζας τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή θερμότητας, βιοαιθανόλης, βιοντίζελ, ηλεκτρικής ενέργειας κ.τ.λ. Η υποκύπτουσα παραγόμενη ενέργεια χαρακτηρίζεται με τον όρο **βιοενέργεια**, και θεωρείται ως **πράσινη Ενέργεια**.

Στην Ελλάδα οι σημαντικότερες Ενεργειακές Καλλιέργειες που έχουν μελετηθεί και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή βιομάζας, με πολύ καλές αποδόσεις, για παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων είναι οι εξής:

1) ΟΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ: :

- 1) ΕΙΔΗ ΕΥΚΑΛΥΠΤΩΝ κυρίως: α) *Eucalyptus globulus* και β) *Eucalyptus camaldulensis*
- 2) ΨΕΥΔΟΑΚΑΚΙΑ (*Robinia pseudoacacia* L.)

2) ΟΙ ΠΟΛΥΕΤΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ:

- 1) Αγριαγκινάρα (*Cynara brauncardunculus* L.)
- 2) Καλάμι (*Arundo donax* L.)
- 3) Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU)
- 4) Switchgrass – είδος κεχριού (*Panicum virgatum* L.)

3) ΕΤΗΣΙΕΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ:

- 1) Αραβόσιτος (*Zea mays* L.)

- 2) Γλυκό και Ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor* L.)
- 3) Ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L, *Brassica carinata* L. Braun)
- 4) Ζαχαρότευτλα (*Beta vulgaris* L.)
- 5) Ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.)
- 6) Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)
- 7) Κριθάρι (*Hordeum sativum*/H. *vulgare* L.)
- 8) Σιτάρι (*Triticum aestivum* L.)

Οι Ενεργειακές Καλλιέργειες διακρίνονται σε **Ετήσιες και Πολυετείς**, ανάλογα με το κύκλο της ζωής τους, που μπορεί να είναι ετήσιος ή πολυετής, αντίστοιχα. Στην Ελλάδα έχει εξεταστεί ένας μεγάλος αριθμός Ενεργειακών Καλλιεργειών που θεωρούνται ως οι πλέον κατάλληλες και υποσχόμενες για τις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες (Χρήστου, κ.α, 2005).

Από τις παραπάνω *Ετήσιες Γεωργικές Ενεργειακές Καλλιέργειες*, τα είδη: «**κριθάρι, αραβόσιτος, ζαχαρότευτλα, ηλίανθος**» θεωρούνται **Παραδοσιακές γεωργικές Καλλιέργειες**. Όμως σήμερα κι αυτές μπορούν να θεωρηθούν ως *Ενεργειακές Καλλιέργειες*, αφού το παραγόμενο τελικό τους προϊόν είναι εφικτό, με βάση τις τεχνολογικές δυνατότητες που υπάρχουν να χρησιμοποιηθεί και για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων.

Βέβαια, γεγονός είναι ότι **οι Νέες Ενεργειακές Καλλιέργειες** πλεονεκτούν συγκριτικά των **Παραδοσιακών Καλλιεργειών**, κυρίως γιατί περιλαμβάνουν είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα, ανά μονάδα γης.

Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: 1) **τις Γεωργικές** που μπορεί να είναι ετήσιες ή πολυετείς και 2) **τις Δασικές**. Αυτές είναι:

1.Γεωργικές Πολυετείς:

- ▶ Γεωργικές: Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*) , Καλάμι (*Arundo donax* L.), Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus*), switchgrass (*Panicum virgatum*)
- ▶ Δασικές: Ευκάλυπτος (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & *E globules* Labill.), Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia*)

2. Γεωργικές Ετήσιες:

Σακχαρούχο ή Γλυκό Σόργο και Ινώδες Σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench), Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.), Ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.), Βρασσική η Αιθίοπια (*Brassica carinata* L. Braun)

B.2. Πώς θα επιλεγθεί η κατάλληλη Ενεργειακή Καλλιέργεια;

Τα κριτήρια γενικά που εφαρμόζουμε, προκειμένου να επιλέξουμε την κατάλληλη ενεργειακή φυτική καλλιέργεια που θα καλλιεργήσουμε σε μια περιοχή είναι τα εξής:

α) Προσαρμογή του επιλεγόμενου φυτού στις εδαφοκλιματικές συνθήκες, β) η ευκολία εισαγωγής του στο υπάρχον σύστημα εναλλαγής των καλλιεργειών, γ) οι σταθερές του αποδόσεις (ποσοτικά και ποιοτικά) που να προσφέρουν ανταγωνιστικό εισόδημα, έναντι των παραδοσιακών καλλιεργειών, δ) το θετικό του ενεργειακό ισοζύγιο εισροών-εκροών (καθαρό ενεργειακό κέρδος), ε) οι καλλιεργητικές τεχνικές να είναι σύμφωνες με την αειφόρο γεωργία, στ') η ανθεκτικότητα του σε εχθρούς κι ασθένειες, ζ) η χρήση των υπάρχοντων μηχανημάτων (κυρίως για τη συγκομιδή) ή με μικρές μετατροπές αυτών και η) η διαθεσιμότητα του κατάλληλου γενετικού υλικού (σπόροι, ριζώματα).

Επίσης για να θεωρηθεί η επιλεγόμενη φυτική *Ενεργειακή Καλλιέργεια ως αποδοτική*, σε σχέση με άλλες, που τυχόν κι εκείνες θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν στην περιοχή, θα πρέπει να έχει χαμηλές: *«ενεργειακές εισροές και υψηλές καθαρές ενεργειακές εκροές»*. Τότε η καλλιέργειά μας χαρακτηρίζεται *αποδοτική* ως ανανεώσιμος ενεργειακός πόρος.

Επομένως και θα πρέπει να έχει τα χαρακτηριστικά μιας ιδανικής Ενεργειακής Καλλιέργειας, τα οποία συνοψίζονται στα εξής:

- ▶ Υψηλή αποδοτικότητα χρήσης νερού, θρεπτικών και ηλιακής ακτινοβολίας.
- ▶ Υψηλό δυναμικό παραγωγής (μέγιστη παραγωγή ξηράς ουσίας, kg ha⁻¹) και υψηλή ενεργειακή αξία (MJ/kg).

- ▶ Χαμηλές ενεργειακές εισροές κατά την παραγωγική διαδικασία.
- ▶ Χαμηλό κόστος παραγωγής.
- ▶ Χαμηλές θρεπτικές απαιτήσεις και εισροές αγροχημικών.
- ▶ Αντοχή στην έλλειψη νερού.
- ▶ Ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες.
- ▶ Χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας κατά τη συγκομιδή.
- ▶ Ελάχιστες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

B.3. Περιβαλλοντικά οφέλη από τη φύτευση Ενεργειακών Καλλιεργειών

- 1) **Επιτυγχάνεται προστασία του εδάφους από τη διάβρωσή του.** Επειδή τα φυτά των Ενεργειακών Καλλιεργειών διαθέτουν πλούσιο υπέργειο τμήμα και πλούσιο ριζικό σύστημα και ειδικά τα πολυετή, ελαχιστοποιούνται κατά πολύ οι δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους, ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται η βελτίωση της δομής του.
- 2) **Επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση του νερού άρδευσης.** Διότι δίνεται η δυνατότητα στους παραγωγούς, οι οποίοι εφαρμόζουν το πλαίσιο της ενεργειακής γεωργίας να έχουν την ευκαιρία της επιλογής φυτών, που αξιοποιούν το νερό αποδοτικά. Για παράδειγμα υπάρχουν ενεργειακά είδη φυτών που αξιοποιούν τις χειμερινές βροχοπτώσεις για την ανάπτυξη τους και δεν απαιτούν επιπλέον άρδευση, για την παραγωγή της βιομάζας τους. Ένα τέτοιο είδος φυτού είναι η αγριαγκινάρα, η οποία μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικά και να αντικαταστήσει τα χειμερινά σιτηρά (σιτάρι και κριθάρι). Υπάρχουν κι άλλα είδη φυτών π.χ. όπως ο ευκάλυπτος και το καλάμι που μπορούν να καλλιεργηθούν με ικανοποιητικά παραγωγικά αποτελέσματα και μάλιστα χωρίς άρδευση. Γενικώς αυτό που χαρακτηρίζει όλες τις ενεργειακές καλλιέργειες είναι ότι έχουν από μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα στη χρήση του νερού άρδευσης.
- 3) **Επιτυγχάνονται χαμηλές εισροές σε λιπάσματα.** Επειδή οι ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης, σε σχέση με τις ετήσιες παραδοσιακές καλλιέργειες φυτών που προορίζονται για τροφή. Γι' αυτό και μπορούν να συντελέσουν στην προστασία του περιβάλλοντος, με τη μείωση στη χρήση λιπασμάτων.

- 4) **Επιτυγχάνεται μείωση στη χρήση φυτοφαρμάκων.** Τα φυτά των ενεργειακών καλλιεργειών παρουσιάζουν υψηλή φυτοκάλυψη στους αγρούς και έτσι περιορίζεται η ανάπτυξη ζιζανίων. Επιπροσθέτως τα ενεργειακά φυτά δεν προσβάλλονται εύκολα από σοβαρές ασθένειες κι έντομα, κατά συνέπεια η χρήση μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων να είναι πολύ μικρή.
- 5) **Επιτυγχάνεται η εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας.** Τα φυτά των ενεργειακών καλλιεργειών έχουν την ιδιότητα-πλεονέκτημα να προσαρμόζονται εύκολα και να αποδίδουν ικανοποιητικά σε μεγάλο εύρος εδαφών. Γι' αυτό και μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις, σε εγκαταλελειμμένες περιοχές που έχουν χαμηλής γονιμότητας εδάφη.
- 6) **Προσφέρουν θετική συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και γενικώς στην προστασία του περιβάλλοντος.** Η παραγωγή και η χρήση βιοκαυσίμων από τη βιομάζα των ενεργειακών φυτικών καλλιεργειών εξασφαλίζει οικολογική ισορροπία. Αφού όσο CO₂ παράγεται κατά την καύση των βιοκαυσίμων ή της βιομάζας των ενεργειακών φυτών, αυτό απορροφάται από τα ίδια τα φυτά των ενεργειακών καλλιεργειών, κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους, για την παραγωγή της βιομάζας τους. Οπότε η χρήση κι η αξιοποίηση της βιομάζας των ενεργειακών φυτών να χαρακτηρίζεται από **ουδετερότητα**, όσον αφορά στις εκπομπές CO₂. Κατά συνέπεια η παραγωγή και η χρήση βιοκαυσίμων είναι **ουδέτερη**, όσον αφορά στις εκπομπές CO₂, αποτελώντας έτσι, εναλλακτική λύση αντικατάστασης των συμβατικών καυσίμων.
- 7) **Τα παραγόμενα βιοκαύσιμα είναι πιο καθαρά από τον άνθρακα.** Διότι έχουν σχεδόν μηδενικές εκπομπές θείου. Το ενεργειακό τους περιεχόμενο είναι πιο ομοιόμορφο κι η μεγάλη δραστηκότητά τους κάνει ευκολότερη τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των συστημάτων καύσης. Οπότε δεν υπάρχει ανάγκη ειδικού εξοπλισμού απομάκρυνσης του διοξειδίου του θείου (Σμυρής).

B.4. Η Καλλιέργεια των Ενεργειακών Καλλιεργειών στην Ελλάδα

«Στην Ελλάδα, λόγω των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών, πολλές καλλιέργειες προσφέρονται για ενεργειακή αξιοποίηση και δίνουν υψηλές στρεμματικές αποδόσεις. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι η καλλιέργεια: του καλαμιού, της αγριαγκινάρας, του γλυκού σόργου, του μίσχανθου, του ευκόλυπτου και της ψευδοακακίας, για τις οποίες, τα τελευταία χρόνια, γίνεται εντατική μελέτη εφαρμογής στις ελληνικές συνθήκες» (Biomass guide, ΚΑΠΕ 2005).

Σχετικά με το παραγόμενο προϊόν και σύμφωνα με τα ως τώρα συγκριτικά στοιχεία των ερευνητικών μελετών για τον Ελλαδικό χώρο, κατατείνουμε περιληπτικά στα εξής συμπεράσματα: ότι από τις ετήσιες καλλιέργειες, το γλυκό Σόργο είναι το πλέον υποσχόμενο είδος για παραγωγή βιοαιθανόλης και ο Ηλίανθος για παραγωγή βιοντίζελ.

Από τις πολυετείς καλλιέργειες, το Καλάμι και η Αγριαγκινάρα ενδείκνυνται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για θέρμανση. Καλλιεργούμενα μάλιστα, σε εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη νερού ή ξερικά-χαμηλής γονιμότητας, αντίστοιχα, αυτό βέβαια είναι αρκετά ελπιδοφόρο, για την καλύτερη κι αποδοτικότερη αξιοποίηση της εκμετάλλευσης της ελληνικής γεωργικής γης.

Πρέπει επίσης ν' αναφέρουμε πληροφοριακά, ότι στην **Ευρώπη**, εκτός των παραπάνω ειδών ως ενεργειακά φυτά, μελετώνται επίσης και χρησιμοποιούνται δίνοντας πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα και τα εξής φυτά: *Salix sp.* (Ιτιά), *Secale cereale* (Σίκαλη), *Triticale* (Τριτικάλε), *Phalaris arundinacea* (Φάλαρις), *Populus sp.* (Λεύκα), *Cannabis sativa* (Ημερη Κάνναβη), *Alnus sp.* (Σκλήθρος), *Helianthus tuberosus* (Κολοκάσι) και *Camelina sativa* (Ψευδολινάρι). Ας υπάρχουν λοιπόν κι αυτά στα υπόψιν μας, για έρευνα και μελέτη και για τον ελλαδικό χώρο.

B.5. Τεχνικές Μέθοδοι Μετατροπής της Βιομάζας των Ενεργειακών Καλλιεργειών: νέων και παραδοσιακών

Ορισμένοι μόνο τύποι βιομάζας, όπως το ξύλο, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν απ' ευθείας με καύση για παραγωγή ενέργειας. Η καύση της βιομάζας είναι η παλαιότερη χρήση της και πραγματοποιείται με την παρουσία αέρα στους 1000 – 1500 βαθμούς Κελσίου, κυρίως για την παραγωγή θερμότητας. Σαν διεργασία όμως έχει χαμηλό βαθμό απόδοσης, κάτω από 40%. Για να μετατραπεί η βιομάζα και για να αξιοποιηθεί ενεργειακά ως βιοκαύσιμο, απαιτείται επεξεργασία της βιομάζας.

Συνοπτικά παρακάτω θα περιγράψουμε τριών ειδών μέθοδοι διεργασιών της βιομάζας, για παραγωγή ενέργειας:

1. ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ:

- ❖ Ανθρακοποίηση (π.χ παραγωγή κάρβουνου)
- ❖ Πυρόλυση (π.χ παραγωγή υδρολυτικών ελαίων)
- ❖ Αεριοποίηση (π.χ παραγωγή αερίου)

2. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ:

- ❖ Αναερόβια ζύμωση (π.χ παραγωγή βιοαερίου)
- ❖ Υδρόλυση – Αναερόβια ζύμωση (π.χ παραγωγή αιθανόλης)

3. ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ:

- ❖ Ε

κ

χ

ύ

λ

ι

σ

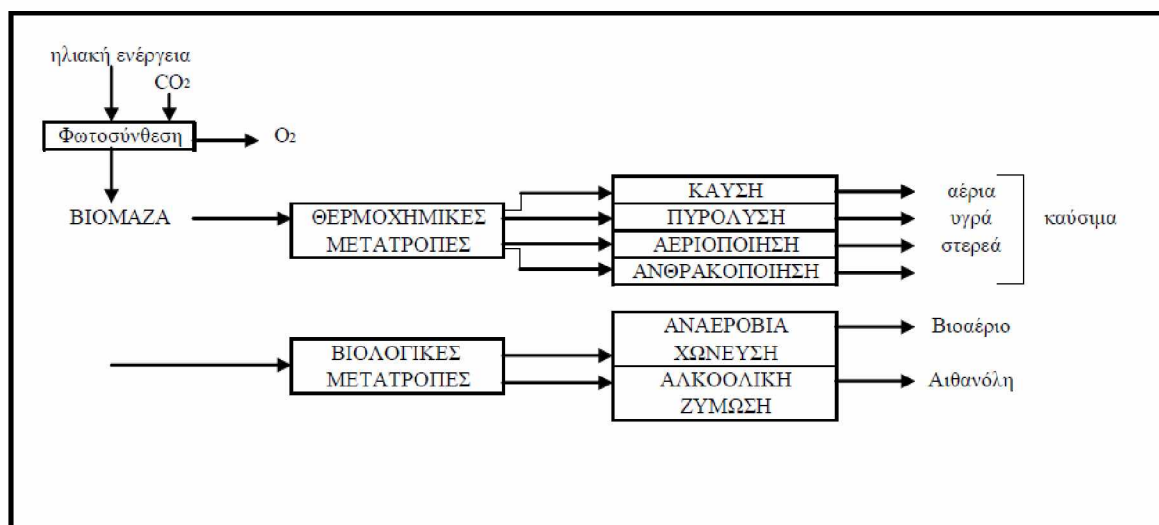
η

ε

λ

α

ί



ων και εστεροποίηση των τριγλυκεριδίων (π.χ παραγωγή βιοκαυσίμου).

Σχήμα (3): Η αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια της βιομάζας, μέσω των τεχνικών διεργασιών, μετατρέπεται σε βιοενέργεια, περιεχόμενη σε (αέριο ή υγρό ή στερεό) καύσιμο είτε σε βιοαέριο είτε σε αιθανόλη.

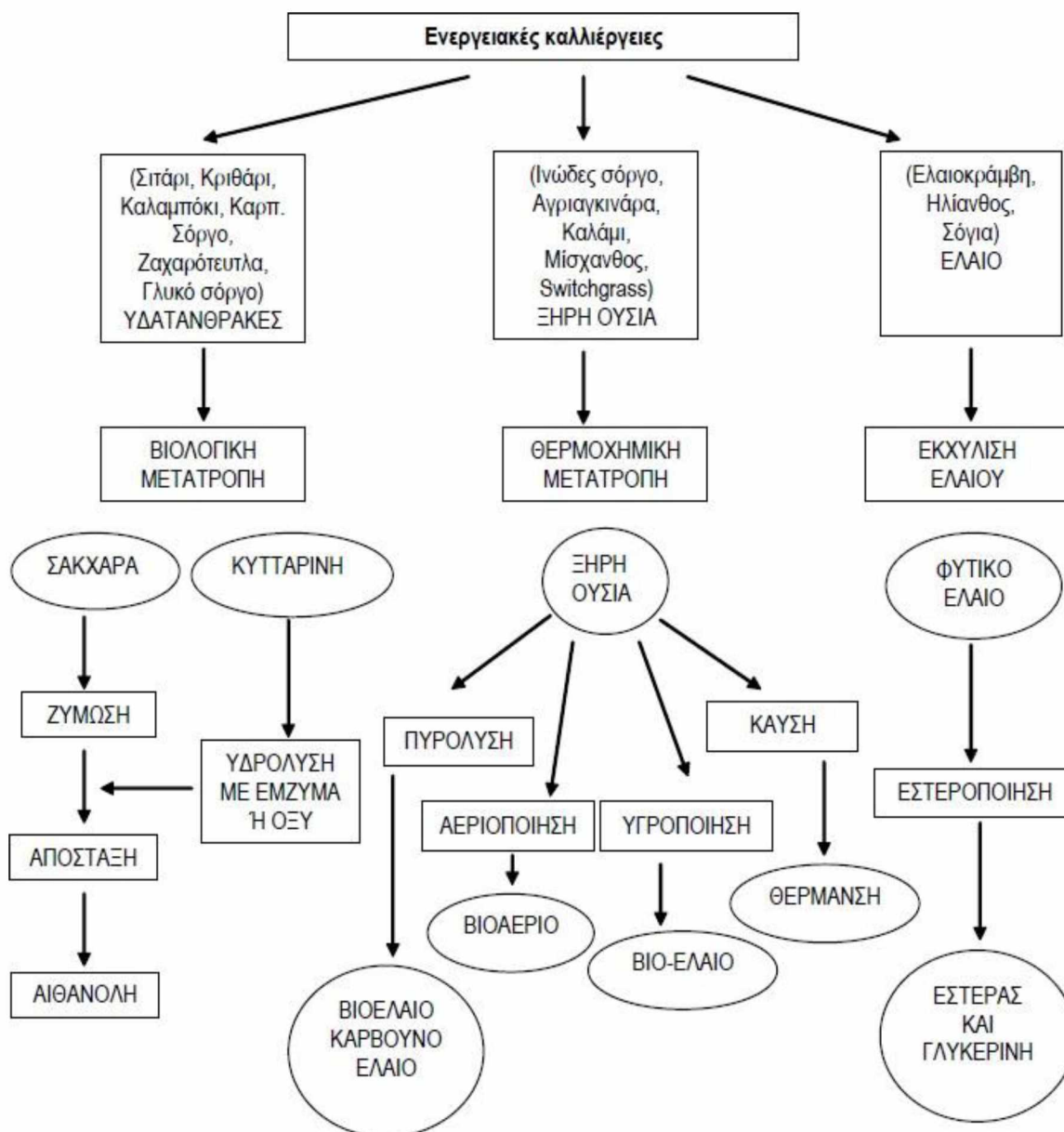
Η επιλογή κάθε φορά της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας προσδιορίζεται από την σχέση C/N και την περιεχόμενη στην βιομάζα υγρασία. Α) Οι θερμοχημικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται σε είδη βιομάζας όπου η σχέση: $C/N > 30$ και η υγρασία είναι μικρότερη του 50%, όπως στην

περίπτωση των κυτταρινούχων ειδών. Β) Αντίθετα για σχέση $C/N < 30$ και υγρασία της βιομάζας μεγαλύτερη του 50% καταλληλότερη μέθοδος κρίνεται η βιοχημική, ως αποτέλεσμα μικροβιακής δράσης. *Αξίζει να σημειωθεί ότι και η σχετική αναλογία: κυτταρίνης, ημικυτταρίνης, λιγνίνης, αποτελούν κριτικό παράγοντα καθορισμού της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας για κάθε τύπο βιομάζας.* Η βιομάζα που χρησιμοποιείται για παραγωγή ενέργειας πρέπει να έχει χαμηλή υγρασία, γιατί μειώνεται η θερμογόνος δύναμη. Επίσης χαμηλή περιεκτικότητα σε Cl, διότι πρόκειται για ισχυρά διαβρωτικό παράγοντα και ακόμη σε K και Ca, γιατί τα δύο αυτά στοιχεία δημιουργούν ανεπιθύμητες επιστρώσεις στις σωληνώσεις αλλά και σε N, ώστε να μειωθούν οι εκπομπές NOx προς την ατμόσφαιρα.

Όπως δείχνει το **σχήμα (3)**: Φυτικά Έλαια που προέρχονται από είδη όπως σόγια, ηλίανθος, ελαιοκράμβη και βαμβάκι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή βιοντίζελ, που χρησιμοποιείται σε μίγματα με ορυκτά καύσιμα για τις μεταφορές ή να καίγονται άμεσα ως καύσιμα θέρμανσης. Η πίτα από την παραγωγή φυτικού ελαίου συνήθως χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή, ενώ τα φυτικά υπολείμματα της καλλιέργειας (στελέχη των ενεργειακών καλλιεργειών και φύλλα) θα μπορούσαν να καούν άμεσα ή να αξιοποιηθούν με πυρόλυση ή αεριοποίηση για την παραγωγή ενέργειας και χημικών υψηλής απόδοσης αλλά και σε συστήματα συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Βλέπε στο **σχήμα (4)**: παρουσιάζονται σχηματικά οι κυριότερες Ενεργειακές Καλλιέργειες (νέες και παραδοσιακές) και οι διεργασίες της μετατροπής της βιομάζας τους, με τ' αντιστοίχως παραγόμενα βιοκαύσιμα τους.

Σχήμα
(4):
Κύριες
Ενεργειακές
καλλιέργειες και
η
σηματική
ή
απεικόνιση των
διεργασιών
μετατροπής τους
σε
βιοκαύσιμα.



B.6. Στρεμματικές αποδόσεις των ελληνικών Ενεργειακών Καλλιεργειών

Οι στρεμματικές αποδόσεις σε **Υγρά** αλλά και σε **Στερεά** βιοκαύσιμα, για τις διάφορες καλλιέργειες στη χώρα μας, παρουσιάζονται στους πίνακες (1) και (2). Στην Ελλάδα οι Ενεργειακές Καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή **Υγρών** βιοκαυσίμων είναι: ο ηλίανθος και η ελαιοκράμβη για βιοντίζελ και το κριθάρι, το σιτάρι, τα τεύτλα, ο αραβόσιτος και το γλυκό σόργο για βιοαιθανόλη (πίνακας 1).

Πίνακας(1): Παραγόμενα Υγρά βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις τους ανά στρέμμα σε σπόρο και καύσιμο (Biomass guide ΚΑΠΕ 2005).

Βιοκαύσιμο	Πρώτη Ύλη	Απόδοση (kg/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (lt/στρέμμα)
Βιοντήζελ	Ηλιανθος	120-210	43-75
	λαιοκράμβη	120-250	43-90
	Βαμβάκι.	120-160	18-25
	Σόγια	160-240	29-44
	Σιτάρι	150-800	45-240
	Βιοαιθανόλη	Αραβόσιτος	900
	Τεύτλα	6000	600
	Σόργο	7000-10000	675-900

Οι κυριότερες καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή Στερεών βιοκαυσίμων είναι: ο ευκάλυπτος, η ψευδοσακακία, το καλάμι, ο μίσχανθος, η αγριοαγκινάρα, το switchgrass, το κυτταρινούχο σόργο και το κενάφ (πίνακας 2).

Πίνακας(2): Στρεμματικές αποδόσεις και ενεργειακό περιεχόμενο Ενεργειακών Καλλιεργειών για την παραγωγή Στερεών βιοκαυσίμων (Biomass guide ΚΑΠΕ 2005).

Ενεργειακή καλλιέργεια	Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	Απόδοση σε ξηρή βιομάζα (τόνοι/στρέμμα)	Ενεργειακό δυναμικό (ΤΠ/στρέμμα)
Ευκάλυπτος	19	1,8-3,2	0,8-1,3
Ψευδακακία	19,4	0,24-1,34	0,1-0,6
Καλάμι	18,6	2-3	0,9-1,3
Μίσχανθος	17,3	0,8-3	0,3-1,2
Αγριοαγκινάρα	14,5	1,7-3,3	0,6-1,1
Switchgrass	17,4	2,6	1,1

Παρατηρούμε λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω δεδομένα, ότι προκύπτουν πολλαπλά οφέλη από την αξιοποίηση των νέων ενεργειακών καλλιεργειών. Κι ότι από πλευράς αγροτών θα υπάρχει στη διάθεσή τους μελλοντικά, η δυνατότητα να αξιοποιήσουν μια ελκυστική λύση: τόσο για την παραγωγή ενέργειας και υγρών βιοκαυσίμων, όσο και για την αύξηση της

ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου, την ενίσχυση της απασχόλησης και την προστασία του περιβάλλοντος (www.bioenergia.gr). Προς επίρρωση αυτών, ν' αναφέρουμε ότι σύμφωνα με μελέτη του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, αυτή τη στιγμή στο Θεσσαλικό κάμπο υπάρχουν περίπου 2.000.000 στρέμματα. Η αξιοποίηση των οποίων μπορεί να επιφέρει κέρδος το οποίο θα ανέρχεται στα 60.000.000 ευρώ. Στο κέρδος αυτό φυσικά δεν συμπεριλαμβάνονται τα πολλαπλασιαστικά οφέλη όπως: 1) η αύξηση των θέσεων εργασίας, 2) η συγκράτηση του πληθυσμού στην περιφέρεια, 3) η αναδιάρθρωση των καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου, 4) η αύξηση του γεωργικού εισοδήματος, 5) η μείωση των ενεργειακών αναγκών από ορυκτά καύσιμα. Επίσης σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες (European Biomass Industry Association, 2004), για παραγωγή ενέργειας από βιομάζα ύψους 133 MTOE ετησίως στην Ευρώπη, το 2020, θα δημιουργηθούν 1.500.000 νέες θέσεις εργασίας.

Συμπερασματικά: φαίνεται ότι ειδικά οι νέες καλλιέργειες πως παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις, ανά εδαφική μονάδα από τις συμβατικές. Σύμφωνα μ' ερευνητικές, εμπειριστατωμένες μελέτες, πολλών ετών, οι υψηλότερες αποδόσεις βελτιώνουν την οικονομικότητά τους, διότι αυτές επιτυγχάνονται, ελαχιστοποιώντας τις απαιτήσεις τους σε: α) έδαφος, β) αγροχημικά, γ) μεταφορικά και δ) άλλες αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις. Αλλά όμως σε καμιά περίπτωση, δε θα πρέπει να παραλειφθούν και να υποτιμηθούν και οι παραδοσιακές καλλιέργειες. Διότι κι αυτές μπορούν να μετατραπούν σε ενεργειακές καλλιέργειες, για την παραγωγή πρώτης ύλης, για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Μάλιστα το κύριο πλεονέκτημά τους της μετατροπής τους είναι: «η σταθερή παραγωγή τους που μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλης κλίμακας, μακροπρόθεσμη προμήθεια πρώτης ύλης, με ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων και ενέργειας».

Κεφ. Γ.

Γ.1. Ενεργειακή Αξιοποίηση της Υπολειμματικής Γεωργικής και Δασικής Βιομάζας κι όχι μόνο

Η διαθεσιμότητα της Υπολειμματικής Βιομάζας και η αξιοποίηση της αποτελεί δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας και θα πρέπει να αξιολογηθεί στο πλαίσιο ενός ολοκληρωμένου προγράμματος: «της πράσινης παραγωγής ενέργειας». Έτσι τα υπολείμματα των καλλιεργειών μεγάλης κλίμακας, τα δασικά υπολείμματα, τα κτηνοτροφικά (κοπριά, εντόσθια), τα οργανικά

εργοστασιακά υπολείμματα επεξεργασίας διαφόρων προϊόντων (γεωργικών, κτηνοτροφικών) ή τα οργανικά απόβλητα των βιομηχανιών τροφίμων, τ' αστικά οργανικά απορρίμματα-απόβλητα, θα μπορούσαν να συμβάλουν στο να καλυφθούν οι ανάγκες της ζήτησης ενέργειας κυρίως των αναπτυγμένων χωρών. Οι οποίες όμως θα πρέπει να εφαρμόσουν ένα ευρύ οργανωμένο πλαίσιο δραστηριοτήτων, διαχειριστικής αξιοποίησης της *υπολειμματικής υποκείμενης βιομάζας*.

Η βιομάζα που χρησιμοποιείται για ενεργειακούς σκοπούς, στην πράξη, ανάλογα με την προέλευσή της, διακρίνεται κυρίως σε δυο τύπους:

- Τη βιομάζα που προέρχεται από τις Ενεργειακές Γεωργικές ή Δασικές Καλλιέργειες και
- Τη βιομάζα που προέρχεται ως Υπολειμματική μορφή.

Στις Υπολειμματικές μορφές βιομάζας που είναι αξιοποιήσιμες, μπορούμε να διακρίνουμε κυρίως τέσσερις κατηγορίες:

1) Τα Γεωργικά και Δασικά υπολείμματα που παραμένουν στους αγρούς ή στα δάση, μετά τη συγκομιδή των προϊόντων. Υπολείμματα αυτού του είδους, για παράδειγμα είναι: το άχυρο των σιτηρών, τα βαμβακοστελέχη ή άλλα στελέχη άλλων φυτών, τα κλαδοδέματα, κλαδιά, φύλλα, ξυλεία αραιώσεων δασών από υλοτόμηση, για την αποφυγή πυρκαγιών κ.ά. Γενικότερα ότι παραμένει στους αγρούς ή στα δάση ανεκμετάλλευτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά για την παραγωγή φιλικής προς το περιβάλλον ενέργειας (εναλλακτικών υγρών ή αέριων βιοκαυσίμων (βιοαέριο), καθώς και στερεών βιοκαυσίμων (pellets)) και καύσιμης ύλης. Ακόμη όλα αυτά τα υπολείμματα τους καλοκαιρινούς μήνες αποτελούν κι εστίες ανάπτυξης πυρκαγιάς. Με αυτόν τον τρόπο προφυλάσσεται το περιβάλλον κι ο παραγωγός έχει ένα επιπλέον έσοδο.

2) α) Τα Εργοστασιακά Υπολείμματα που προκύπτουν μετά την επεξεργασία της *γεωργικής ή δασικής και κτηνοτροφικής βιομάζας* π.χ. οι ελαιοπυρήνες, ο βαμβακόσπορος, πυρηνόξυλο, πυρήνες φρούτων, τα πριονίδια, ροκανίδια ή μεγαλύτερα θρύμματα ξυλείας κ.ά.

β) Επίσης *τα Εργοστασιακά Οργανικά Απόβλητα* (υγρά ή στερεά) των βιομηχανιών τροφίμων, π.χ. τυρόγαλα, γάρος, απόβλητα σφαγείων, απόβλητα χυμοποιείων, ζυθοποιείων και βιομηχανιών επεξεργασίας φρούτων και λαχανικών κ.ά. που πλέον μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια ή σε παραγωγή βιοαερίου. Προκύπτουν έτσι, πολλαπλά οφέλη: *προστατεύεται η*

περιβαλλοντική υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών, από την λειτουργία των ρυπογόνων βιομηχανιών και στον παραγωγό του αποβλήτου, του προσφέρει επιπλέον έσοδα από την πώληση της εναλλακτικής ενέργειας.

3) Τα Υπολείμματα Κτηνοτροφικής προελεύσεως που προκύπτουν από τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Το πιο σημαντικό απόβλητο είναι η ζωική κοπριά, που προκύπτει ειδικά από τηνμαζική εκτροφή ζώων, κυρίως βοοειδών, χοίρων και πουλερικών. Σ' αυτή την περίπτωση, οι ποσότητες είναι υπερβολικά μεγάλες. Ο ιδανικότερος τρόπος διαχείρισης αυτών των αποβλήτων είναι η χρησιμοποίησή τους για την παραγωγή βιοενέργειας. Μέσω της τεχνολογίας και κυρίως της μεθόδου της αναερόβιας χώνευσης τα υγρά ζωικά απόβλητα μετατρέπονται σε βιοαέριο, ένα εναλλακτικό και «πράσινο» βιοκαύσιμο. Μετά την παραγωγή του, το βιοαέριο τροφοδοτείται σε σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, από την πώληση των οποίων προκύπτουν τα πολύ σημαντικά έσοδα της μονάδας βιοαερίου. Όπως επιπλέον έσοδα προκύπτουν κι από την εμπορική εκμετάλλευση του χωνεμένου υπολείμματος της κοπριάς, ως βιολογικό λίπασμα. Συμπερασματικά: η βιομάζα, που λαμβάνεται από την εκτροφή ζώων, αποτελεί μια πολύ σημαντική πηγή εσόδων για τον παραγωγό καθώς κι ένα τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, φιλικό για το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

4) Το οργανικό κλάσμα των υπολειμμάτων που προκύπτουν ως αστικά απορρίμματα (σκουπίδια) και τα αστικά απόβλητα που διοχετεύονται στο βιολογικό καθαρισμό προς επεξεργασία.

Σημείωση: όπως επεξεργαζόμαστε τα απόβλητα από τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες, με τον ίδιο τρόπο μέσω της αναερόβιας χώνευσης επεξεργαζόμαστε και τα απόβλητα (σε στερεά ή σε υγρή μορφή) των βιομηχανιών παραγωγής τροφίμων είτε των αστικών οργανικών απορριμμάτων και αποβλήτων.

Γ.2. Συνοπτική εξέταση της Ενεργειακής αξιοποίησης της Βιομάζας στην Ελλάδα

Όπως έχει καταδειχθεί και πιο πάνω, κυρίως λόγω του αυξημένου ενδιαφέροντος, μέσω των κινήτρων που προωθούν «την πράσινη ενέργεια», με εργαλείο την οικονομική στήριξη από την Ε.Ε.(Ευρωπαϊκή Ένωση) αλλά και την Ελληνική κυβέρνηση, αναμένεται ότι **η αγορά βιομάζας για την παραγωγή βιοενέργειας** θα αναπτυχθεί μελλοντικά, ακόμη περισσότερο. Σ' αυτό βέβαια συνεισέφερε καταλυτικά η αναμόρφωση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ) της ΕΕ, από την οποία ευνοήθηκε **η φύτευση Ενεργειακών καλλιεργειών**, παραγωγής συγκεκριμένων αγροτικών προϊόντων, για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Παράλληλα όμως, με την επιχειρούμενη προώθηση των Ενεργειακών Καλλιεργειών και συνδυαζόμενη με την αξιοποίηση των διαφόρων ανεκμετάλλευστων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, θα προστεθεί ένα πολύ χρήσιμο, επιπλέον δυναμικό, στην παραγωγή φιλικής προς το περιβάλλον ενέργειας(ηλεκτρική, βιοκαύσιμα, βιοαέριο, καύσιμη ύλη(pellets). Θετική συνέπεια αυτού, θα είναι να επέλθει η περαιτέρω ενίσχυση του εισοδήματος των παραγωγικών εκμεταλλεύσεων.

«*Στην Ελλάδα* άλλωστε, τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3-4 εκατ. τόνους πετρελαίου. Ενώ το δυναμικό των Ενεργειακών Καλλιεργειών μπορεί με τα σημερινά δεδομένα να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το παραπάνω εκτιμώμενο ποσό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στη χώρα μας. Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί με περίπου 0,4 τόνους πετρελαίου. Εντούτοις με τα σημερινά δεδομένα, καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της χώρας, με τη χρήση της διαθέσιμης υπολειμματικής βιομάζας.

Σε μια πρόσφατη απογραφή έχει εκτιμηθεί ότι *στην Ελλάδα* η ποσότητα της συνολικής ως άμεσα διαθέσιμης βιομάζας συνίσταται: από περίπου **7.500.000 τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών: σιτηρών, αραβόσιτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.ά.** Καθώς και από **περίπου 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων** υλοτομίας (κλάδοι, φλοιοί κ.ά.). Πέραν του ότι απ' αυτό το σύνολο, το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας, δυστυχώς παραμένει εντελώς αναξιοποίητο. Και πολλές φορές αποτελεί κι την αιτία πολλών δυσάρεστων καταστάσεων (πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.ά.)» *******(*Κ.Κίττας, Θ.Γέμος, Σ. Φουντάς, Θ Μπαρτζάνας:«Βιοκαύσιμα και ενεργειακές καλλιέργειες»,1)Παν. Θ/λίας τμ. Γεωπ. Εργ. Γεωργ. Κατ. & Ελέγχου Περ/ντος. 2)Κ.Ε.Τ. & Αναπτ. Θ/λίας του Ινστ. Τεχν. & Διαχ. Αγροοικοσυστημάτων*)

Αυτό το μεγάλο μέρος των υπολειμματικών αναξιοποίητων ποσοτήτων βιομάζας, που προκύπτει π.χ. από την μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, εκκοκκισμού βάμβακος, παραγωγή ελαιόλαδου-ελαιοτριβεία, εργοστάσια επεξεργασίας ξύλου κ.ά. είναι άμεσα διαθέσιμο, με σχετικά εύκολη συλλογή και μεταφορά και με χαμηλό κόστος εξόδων. Γιατί με τη σημερινή τεχνογνωσία χρησιμοποιούνται σχετικά απλές τεχνικές διεργασίες, που μπορούν να μετατρέψουν ενεργειακά την παραπάνω διαθέσιμη ποσότητα βιομάζας και να τροφοδοτηθούν έτσι, διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Σύμφωνα με οικονομικές μελέτες που έχουν γίνει, θεωρείται η

εκμετάλλευση αυτή της υπολειμματικής βιομάζας **αποδοτική**, δηλαδή «οικονομικά συμφέρουσα».

Αν σ' αυτό το σημείο συνυπολογιστεί και το δυναμικό της παραγόμενης Βιομάζας των *Ενεργειακών φυτικών Καλλιεργειών* που καθόσον είναι γνωστό υπερτερεί σε ποσότητα, κατά πολύ, εκτός και των άλλων πλεονεκτημάτων που διαθέτει, τότε λοιπόν θα μπορούσαμε να μιλήσουμε για **μια πλήρως ολοκληρωμένη αξιοποίηση και εκμετάλλευση της διαθέσιμης βιομάζας και των δυο τύπων.**

Οι σημαντικές ποσότητες της παραγόμενης βιομάζας των Ενεργειακών Καλλιεργειών που μπορούν να ληφθούν και εν δυνάμει μελλοντικά ν' αυξηθούν, διότι έχουν δυο κύρια πλεονεκτήματα: *της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφανείας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής*, έναντι των άλλων μορφών, καθώς και η εκμετάλλευση *της διαθέσιμης υπολειμματικής βιομάζας θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως εναλλακτικές λύσεις στην οικολογική παραγωγή ενέργειας*. Επιπλέον αυτό θα ενίσχυε την αγορά εργασίας, δημιουργώντας θέσεις εργασίας, θα επέφερε αύξηση της βιομηχανικής δραστηριότητας και φυσικά ενίσχυση της αγροτικής ανάπτυξης.

Οι υψηλότερες αποδόσεις και τα πολλαπλά οφέλη των Ενεργειακών καλλιεργειών, σε σύγκριση με τις συμβατικές καλλιέργειες είναι ένα ακόμη δυναμικό κίνητρο καλλιέργειάς τους, αλλά και μιας μελλοντικά επερχόμενης αύξησης της καλλιεργούμενης γης, μ' αυτές τις «δυναμικές» καλλιέργειες. Αξίζει εδώ να επισημανθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις ανεπτυγμένες χώρες. Διότι μέσω των καλλιεργειών αυτών μπορεί να επιτευχθεί ο περιορισμός, όχι μόνο των περιβαλλοντικών και ενεργειακών προβλημάτων, αλλά και το πρόβλημα των «γεωργικών πλεονασμάτων».

Είναι γνωστό ότι στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα «γεωργικά πλεονάσματα» δημιουργούν μεγάλα οικονομικά προβλήματα. Αυτά με τη σειρά τους οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της αγροτικής παραγωγής, παρέχοντας πολύ χαμηλά έως και πενιχρά εισοδήματα σε κάποιες περιπτώσεις στους καλλιεργητές. Επίσης προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των «γεωργικών πλεονασμάτων», που θα πρέπει να δοθούν στους καλλιεργητές, αλλά και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, υπολογίζεται ότι την προσεχή δεκαετία, θα μπορούσαν να αποδοθούν ευρωπαϊκά, στις Ενεργειακές Καλλιέργειες 100-150 εκατ. Στρέμματα γεωργικής γης. Κατά αυτόν τον τρόπο επιλύονται τα παραπάνω προβλήματα, αλλά ταυτόχρονα επιτυγχάνεται κι ένα τεράστιο κέρδος, εξαλείφοντας το

διογκούμενο κίνδυνο των «γεωργικών πλεονασμάτων» κι επιπλέον επιτυγχάνεται και η επιθυμητή αύξηση των ευρωπαϊκών «ενεργειακών πόρων»

B. ΜΕΡΟΣ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Γενική Σκοποθεσία της Εργασίας

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη όλα τα παραπάνω δεδομένα, καταδεικνύονται τα πολλαπλά οφέλη των Ενεργειακών Καλλιεργειών, αλλά κι ο δυναμικός ρόλος που μπορούν αυτές να παίζουν στη γεωργία των ευρωπαϊκών χωρών. Διαφαίνεται όμως κι ως εναλλακτική λύση και για την ελληνική γεωργία και τους Έλληνες αγρότες, που τα τελευταία χρόνια αντιμετωπίζουν μεγάλα οικονομικά προβλήματα. Επειδή συνεχίζουν να καλλιεργούν τις υπάρχουσες συμβατικές καλλιέργειες, που τους αποφέρουν χαμηλά εισοδήματα, καθιστώντας τους σιγά-σιγά, μη βιώσιμους. *Αφού το ισοζύγιο των οικονομικών εισροών βαίνει συνεχώς μειούμενο, χρόνο με το χρόνο σε σχέση με τις εκροές που διαρκώς αυξάνονται.* Γι' αυτό λοιπόν και στην παρούσα εργασία μου θ' ασχοληθώ με την παραγωγή βιομάζας από τις «νέες Ενεργειακές Καλλιέργειες» και μάλιστα ειδικά με μια εξ αυτών, πολλά υποσχόμενης, σύμφωνα με τα ως τα τώρα δεδομένα των πολυετών ερευνητικών μελετών: **την καλλιέργεια του φυτού «Σόργου» για την παραγωγή βιομάζας.**

Προκειμένου να επιτευχθεί μια καλή παραγωγή βιομάζας Σόργου, παρακάτω θα αναφερθούν και θα εξεταστούν γενικά, οι κυριότεροι τομείς που επηρεάζουν αυτή τη νέα ενεργειακή καλλιέργεια: 1) η αποδοτικότητα και προσαρμοστικότητα της, κάτω από διάφορες εδαφοκλιματικές συνθήκες. 2) Οι επιπτώσεις των φυτών αυτών στο περιβάλλον: *επίδραση στους υδατικούς και εδαφικούς πόρους επιπτώσεις στη ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων και της ατμόσφαιρας.* 3) Η κατάλληλη καλλιεργητική τεχνική για την ελληνική γεωργία π.χ. η προετοιμασία του εδάφους, η εποχή σποράς, οι αποστάσεις φύτευσης, τα επίπεδα άρδευσης, η εποχή και η τεχνική συγκομιδής, οι εχθροί και οι ασθένειες, ο έλεγχος των ζιζανίων και φυσικά η επίδραση της λίπανσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: ΤΟ ΣΟΡΓΟ



Α1.1. Ιστορική Προέλευση

Η απαρχή καλλιέργειας του σόργου δεν είναι σαφώς γνωστή (Doggett, 1976) και δεν υπάρχει στη βιβλιογραφία συμφωνία σχετικά με τη προέλευσή του. Εικάζεται ότι η ανακάλυψή του έχει τις ρίζες της πριν από 3000-5000 χρόνια (Doggett, 1976; Dillon et al., 2007; Laidlaw και Godwin, 2008), ενώ υπάρχουν και ανθρωπολογικά στοιχεία ότι κυνηγοί-συλλέκτες κατανάλωσαν πρώτη φορά την καλλιέργεια στις αρχές του 8000 π.Χ. (Smith και Frederickson, 2000). Αναφορικά με τη προέλευσή του, πιστεύεται ότι προέρχεται από άνυδρες και ημι-ξηρές περιοχές της Β. Αφρικής (Laidlaw και Godwin, 2008). Στη συνέχεια εξαπλώθηκε και σε άλλα μέρη της Αφρικής και τελικά στην Ινδία, τη Μέση Ανατολή και την Κίνα (Doggett, 1970). Η πρώτη γραπτή αναφορά σχετικά με το σόργο ήταν τον πρώτο αιώνα μ.Χ., (Martin, 1970; Smith and Frederiksen, 2000). Το σόργο εισήχθη για πρώτη φορά στη Βόρεια Αμερική κατά τον 17ο αιώνα, αλλά η παραγωγή του δεν συνεχίστηκε (Maunder, 1999). Η επόμενη επανεισαγωγή σόργου στην Αμερική έγινε στην Καλιφόρνια το 1874 και έπειτα εξαπλώθηκε και σε άλλες άνυδρες περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών λόγω της ικανότητάς του να ευδοκιμεί περισσότερο από το καλαμπόκι υπό συνθήκες ξηρασίας (Smith and Frederiksen, 2000). Στο Νέο Κόσμο έφτασε περί το 1853 μέσω του δουλεμπορίου από την Δυτική Αφρική ως τροφή για δούλους. Ωστόσο από το 1930 και μετά αναγνωρίστηκε η θρεπτική του αξία και καλλιεργήθηκε σε μεγάλες εκτάσεις, ενώ εξαπλώθηκε σημαντικά όταν οι τροπικές ποικιλίες μετά από βελτίωση προσαρμόστηκαν στα εύκρατα κλίματα με τις μεγάλες φωτοπεριόδους (Smartt & Simmonds, 1995). Σήμερα στις βιομηχανικές χώρες και σε ορισμένες αναπτυσσόμενες, το σόργο είναι γνωστό ως ζωοτροφή και τεχνική καλλιέργεια και καλλιεργείται για σιτάρι και πράσινη μάζα, φρέσκο χορτάρι, σιρόπι ζάχαρης, κ.λπ. Σε όλο τον κόσμο τις τελευταίες δεκαετίες, το σόργο χρησιμοποιήθηκε επίσης για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Liu and Lin, 2009; Ottman, 2009; Manea et al., 2010). Το σόργο, σε ορισμένες

περιοχές, κυρίως στην Ασία και την Αφρική, χρησιμοποιείται στην παραδοσιακή ιατρική (Duke και Wain, 1981), καθώς και στην προετοιμασία άζυμου ψωμιού και πολτού για την παραγωγή αλευριού, νιφάδων ή στη βιομηχανία ζυθοποιίας (Baskaran et al., 1999). Αλεύρι από σόργο χρησιμοποιείται στην παραγωγή νέων υγιεινών τροφών χωρίς γλουτένη (Baskaran et al., 1999). Αυτή η εφαρμογή σόργου έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των καταναλωτών κυρίως στις ΗΠΑ αλλά και σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Στη βιομηχανία τροφίμων σόργο λευκού κόκκου χρησιμοποιείται λόγω των διακριτικών χρωμάτων και γεύσεων (Parker et al., 1999, Duodu et al., 2001; Οι Kayode et al. 2007).

A1.2. Γενικά Γνωρίσματα του φυτού Σόργου

Το σόργο (*Sorghum*) είναι ο ευρύς όρος για μια ολόκληρη οικογένεια φυτών που είναι εγγενής σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές σε όλο τον κόσμο. Εν γένει, θεωρείται η πέμπτη πιο σημαντική καλλιέργεια δημητριακών στον κόσμο και η τρίτη μεγαλύτερη σημαντική καλλιέργεια δημητριακών στις Ηνωμένες Πολιτείες μετά το καλαμπόκι και το σιτάρι (FAS / USDA, 2011). Ανήκει στην ομάδα των σιτηρών, στο γένος αγγειόσπερμων μονοκότυλων φυτών της οικογένειας αγρωστώδη ή αγρωστίδες (*Gramineae*). Ενώ, υπάρχουν περισσότερα από 30 διαφορετικά είδη ποωδών φυτών, μόνο ένα είναι κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο, ενώ τα άλλα χρησιμοποιούνται κυρίως ως ζωοτροφή. Το σημαντικό για τον άνθρωπο είδος, κατάγεται από την Αφρική, αλλά πλέον αποτελεί βασικό καλλιεργήσιμο προϊόν διατροφής σε πολλές χώρες. Όλες οι καλλιεργούμενες μορφές σόργου προέρχονται από ένα είδος, το *Sorghum bicolor* (Σόργος ο δίχρωμος) ή Σόργος ο κοινός (*Sorghum vulgare*). Μοιάζει πολύ με τον αραβόσιτο, ενώ η θρεπτική του αξία είναι ελαφρώς κατώτερη. Ως φυτό, απαιτεί ελάχιστο νερό για να αναπτυχθεί και λόγω της αντοχής του στην ξηρασία ο Arnon (1972) το αποκάλεσε «καμήλα του φυτικού βασιλείου». Είναι φυτό θερμών κλιμάτων και αποδίδει καλά σε χρονιές που η θερμοκρασία είναι αυξημένη, ενώ δεν ανέχεται γενικά τις χαμηλές θερμοκρασίες. Είναι γνωστό ότι το σόργο παρουσιάζει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην ξηρασία έναντι του αραβόσιτου, εξαιτίας κάποιων μορφολογικών διαφορών στο ριζικό σύστημα, εξαιτίας της μειωμένης φυλλικής επιφάνειας του σόργου σε σχέση με τον αραβόσιτο αλλά και της ικανότητας του σόργου να πέφτει σε λήθαργο σε περιόδους ξηρασίας. Το φυτό μοιάζει αρκετά με το φυτό του αραβόσιτου και το ύψος του μπορεί να φτάνει και τα 5 μέτρα.

A2. Βοτανική Ταξινόμηση του Σόργου

A2.1. Τύποι - Ποικιλίες

Το γένος *Sorghum* παρουσιάζει πολύ μεγάλη ποικιλομορφία τύπων και διαιρείται σε πέντε υπογένη (*Sorghum*, *Chaetosorghum*, *Heterosorghum*, *Parasorghum* και *Stiposorghum*). Το καλλιεργούμενο σόργο ανήκει στο υπογένος *Sorghum* και στο είδος *Sorghum bicolor* L. Έγιναν διάφορες ταξινομήσεις του καλλιεργούμενου σόργου (*S. bicolor*) με την επικρατέστερη ταξινόμηση να διαιρεί το είδος σε πέντε τύπους: *Bicolor*, *Guinea*, *Caudatum*, *Kafir* και *Durra*. Από πρακτική άποψη, το καλλιεργούμενο σόργο ταξινομείται σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με τον σκοπό της καλλιέργειας. Οι κυριότερες εκ των οποίων, είναι οι κάτωθι:

➤ 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. Οι ποικιλίες και τα υβρίδια του καρποδοτικού σόργου έχουν χαμηλό ύψος (60-150 cm), χονδρά στελέχη και είναι κατάλληλες για μηχανική συγκομιδή. Γενικά τα στελέχη του καρποδοτικού σόργου είναι ξηρά και σκληρά κατά την ωρίμανση, υπάρχουν όμως και ποικιλίες με χυμώδη στελέχη που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή καρπού αλλά και χόρτου. Τα φύλλα είναι μεγάλα με πλατύ έλασμα και οι ταξιανθίες είναι ευμεγέθεις, πυκνές και συμπαγείς. Οι κόκκοι είναι μεγάλου μεγέθους, με σφαιρικό σχήμα και έχουν λευκό, κοκκινωπό ή κίτρινο χρωματισμό. Σήμερα υπάρχουν πολλά υβρίδια σόργου με ιδιαίτερο ενδιαφέρον να παρουσιάζει το σόργο τύπου **BMR**, που περιέχει 40% λιγότερη λιγνίνη και περισσότερα θρεπτικά συστατικά και γι' αυτό προτιμάται για ζωοτροφή.

➤ Το **γλυκό ή σακχαρούχο σόργο (*sweet sorghum*)**, το οποίο καλλιεργείται για τα γλυκά στελέχη του, κυρίως για την παραγωγή σιροπιού αλλά και για ζωοτροφή. Επίσης, προορίζεται για την εξαγωγή αλκοόλης και γι' αυτό η συγκομιδή θα πρέπει να γίνει στο στάδιο παραγωγής μέγιστων σακχάρων (υγρασία 75%). Υπάρχουν πολλές μονάδες παραγωγής βιο-αερίου που χρησιμοποιούν το σόργο σαν βιο-καύσιμο ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Το ζαχαρούχο σόργο έχει στελέχη χυμώδη και γλυκά, με περιεκτικότητα σε ζάχαρα μέχρι και 17%. Τα φυτά έχουν μεγάλο ύψος από 3 έως 6 m. Η καρποταξία του ζαχαρούχου σόργου είναι μικρότερη συγκριτικά

από αυτή του καρποδοτικού σόργου, πυκνή ή αραιή με σκούρο χρώμα, ενώ ο κόκκος είναι μικρότερος και διατηρεί τα περιβλήματά του και μετά τον αλωνισμό.

➤ Το **σόργο του Σουδάν (Sudangrass) ή χορτοδοτικό**, το οποίο καλλιεργείται για χλωρή ζωοτροφή και ενσίρωση. Οι ποικιλίες και τα υβρίδια του χορτοδοτικού σόργου είναι καθαρές σειρές σόργου του Σουδάν ή υβρίδια μεταξύ σόργου και σόργου του Σουδάν. Τα φυτά αυτά έχουν ύψος 2-3 m, είναι λεπτοστέλεχα, παράγουν μεγάλο αριθμό αδελφιών και έχουν μεγάλη φυλλική μάζα. Εύκολα αναβλαστάνουν και συνήθως δίνουν τρεις κοπές. Οι σπόροι είναι ατρακτοειδείς και παραμένουν μετά τον αλωνισμό τελείως καλυμμένοι από τα περιβλήματά τους. Η χλωρή μάζα χρησιμοποιείται για άμεση κατανάλωση ή ενσίρωση ή παραγωγή σανού. Για την αύξηση της γευστικότητας των χορτοδοτικών σόργων δημιουργήθηκαν υβρίδια με τα γλυκά σόργα που φέρονται στο εμπόριο με την ονομασία γλυκό σόργο του Σουδάν (Sweet Sudangrass).

➤ Το **σόργο σαρωθροποιίας ή το σόργο η σκούπα**, το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή σκούπας από τις μακριές διακλαδώσεις της ταξιανθίας του. Το σόργο σαρωθροποιίας έχει ξυλώδη στελέχη που φθάνουν σε ύψος τα 4,5 m. Χαρακτηριστικό του τύπου αυτού είναι το μικρό μήκος του κεντρικού άξονα της ταξιανθίας και οι πολύ μεγάλες διακλαδώσεις της. Χαρακτηριστικά ο άξονας της ταξιανθίας φέρει 7-9 κόμβους, με κοντά μεσογονάτια διαστήματα, από τους οποίους εκφύονται πλάγιες διακλαδώσεις μεγάλου μήκους (50-100 cm). Από τις ταξιανθίες, μετά την αφαίρεση των κόκκων, παράγονται σκούπες (σάρωθρα) και οι σπόροι χρησιμοποιούνται ως τροφή των πτηνών. Οι κόκκοι έχουν σχήμα ατρακτοειδές, διατηρούν τα περιβλήματά τους και μετά τον αλωνισμό και καλύπτουν τον σπόρο κατά τα 2/3. Το χρώμα των περιβλημάτων των κόκκων είναι σκούρο κόκκινο ή καστανό.

Πολλοί από τους παραπάνω τύπους έχουν συνδυαστεί και έχουν δώσει υβρίδια που χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς καλλιέργειας. Σήμερα στο εμπόριο κυκλοφορούν υβρίδια που καλλιεργούνται για ενσίρωση και συνήθως γίνεται μία κοπή, υβρίδια διπλής χρήσης για ενσίρωμα και καρπό, υβρίδια που καλλιεργούνται για την παραγωγή σανού ή χλωρής χορτομάζας ή απευθείας βόσκησης (τα οποία συγκομίζονται περίπου με 3 κοπές ανά σεζόν) και τέλος υβρίδια που συνδυάζουν κάποια από τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

A2.2. Χρήσεις Σόργου

Είναι προφανές εκ των ανωτέρω, ότι το σόργο είναι μία πολυλειτουργική καλλιέργεια. Χρησιμοποιείται τόσο για τη διατροφή του ανθρώπου (Ινδία, Κίνα, Αφρική), όσο και για κτηνοτροφική και βιομηχανική χρήση. Επίσης, καλλιεργείται για τις ευεργετικές του ιδιότητες μέσα σε προγράμματα αμειψισποράς, καθώς συχνά επιφέρει μείωση φαινομένου συμπίεσης εδαφών, μείωση πληθυσμού επιβλαβών νηματωδών και μείωση αριθμού ζιζανίων λόγω αλληλοπάθειας.

Ανάλογα με την περιοχή στην οποία καλλιεργείται, χρησιμοποιείται αντιστοίχως. Το σόργο είναι ένα από τα σπουδαιότερα καρποδοτικά σιτηρά που χρησιμοποιούνται στη διατροφή του ανθρώπου στις ημίξηρες τροπικές περιοχές. Ειδικότερα, στην Αφρική και την Ασία, από το αλεύρι του σόργου παρασκευάζονται διάφορα αρτοσκευάσματα και τοπικά προϊόντα, ενώ σημαντικές ποσότητες σόργου χρησιμοποιούνται για παρασκευή βύνης, αλκοολούχων ποτών (ένα είδος μπίρας στην Αφρική) και αμύλου για διάφορες βιομηχανικές χρήσεις. Στις ανεπτυγμένες χώρες η κύρια χρήση της καλλιέργειας είναι για τη διατροφή των ζώων ή των πουλερικών, καθώς η σύνθεσή της είναι παρόμοια με αυτήν του καλαμποκιού. Ως κτηνοτροφικό φυτό, καλλιεργείται για την παραγωγή καρπού, την παραγωγή χορτομάζας (σανό, ενσίρωμα, χλωρή χορτομάζα), ή απευθείας για βόσκηση, αλλά και για την παραγωγή βιοκαυσίμων. Πλέον είναι φυτό μεγάλης οικονομικής σημασίας παγκοσμίως λόγω της νέας χρήσης του ως ενεργειακού φυτού. Από τον ζαχαρούχο χυμό του γλυκού σόργου παράγεται σιρόπι και εξάγεται ζάχαρη (ποσότητα όμως που σήμερα θεωρείται ασύμφορη). Το σιρόπι χρησιμοποιείται ως γλυκαντική ύλη και μετά από ζύμωση παράγεται αλκοόλη και βιοαιθανόλη.

Εδώ και καιρό θεωρείται όχι μόνο θρεπτική ζωοτροφή, αλλά μια ασφαλής εναλλακτική λύση του σιταριού, για όσους ακολουθούν μια διατροφή χωρίς γλουτένη και πλέον στη βιομηχανία χρησιμοποιείται το σόργο ως υποκατάστατο σίτου στην αγορά προϊόντων χωρίς γλουτένη (Sorghum Checkoff, 2012), καθώς η κατανάλωσή του ενισχύει την πρόσληψη πολλών απαραίτητων για τον οργανισμό συστατικών, προσφέροντας ένα εντυπωσιακά θρεπτικό και υγιεινό προφίλ. Συγκεκριμένα, αποτελεί υπερδύναμη όσον αφορά τα θρεπτικά συστατικά, προσφέροντας σε όσους το προσθέτουν στη διατροφή τους πολλές βιταμίνες, καθώς και υψηλά επίπεδα μαγνησίου, σιδήρου, χαλκού, ασβεστίου, φωσφόρου και καλίου. Παρέχει, επίσης σχεδόν το μισό της ημερήσιας απαιτούμενης πρόσληψης πρωτεΐνης και μιας πολύ σημαντικής

ποσότητας διαιτητικών ινών (48% της συνιστώμενης πρόσληψης), ακόμα και λίπη, Ω3 λιπαρά οξέα, υδατάνθρακες και πολλά άλλα. Πέραν των ανωτέρω το φυτό έχει εμφανίσει παραδοσιακά και πολλές φαρμακολογικές δράσεις.



Εικόνα : Φαγητό με σόργο για ανθρώπινη κατανάλωση



Εικόνα : Σκούπες από σόργο



Εικόνα : Τάισμα προβάτων με σόργο

A3. Βοτανικά – Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Το σόργο (*S.bicolor*) είναι C4 φωτοσυνθετικό, ετήσιο εαρινό, φυτό. Το ύψος του κυμαίνεται από 1-5 μέτρα. Τόσο το γλυκό όσο και το ινώδες σόργο έχουν συνήθως μεγαλύτερο ύψος και δίνουν υψηλές αποδόσεις σε βλαστό και μικρές αποδόσεις σε καρπό, συγκρινόμενα με το καρποδοτικό σόργο. Το γλυκό σόργο χαρακτηρίζεται από υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα των στελεχών του, ενώ το ινώδες έχει στελέχη με υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνες και ημικυτταρίνες.

A3.1. Ριζικό Σύστημα

Το μόνιμο ριζικό σύστημα είναι πλούσιο και θυσσανώδες με λεπτές και ινώδεις ρίζες. Οι ώριμες ρίζες σχηματίζουν πυριτική στήλη στην επιδερμίδα κάτι το οποίο εξασφαλίζει μεγάλη μηχανική αντοχή σε περιόδους ξηρασίας. Το ριζικό σύστημα διακρίνεται σε πρωτογενείς, δευτερογενείς και στηρικτικές ρίζες.

Πρωτογενής ρίζα : Αποτελείται από το ριζίδιο όπου είναι η μόνη εμβρυακή ρίζα του σόργου που αναπτύσσεται από σπόρο κατά το φύτεμα και είναι προσωρινή στο σημείο του αρτίβλαστου. Κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης είναι η κύρια πηγή τροφοδοσίας του φυτού από νερό και θρεπτικά στοιχεία.

Δευτερογενής ρίζα : Η ανάπτυξη της ξεκινάει με το σχηματισμό 3-4 φύλλων από το φυτό, από το πρώτο γόνατο της βάσης του στελέχους, κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Ο βαθμός ανάπτυξης και διεύθυνσης του ριζικού συστήματος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που έχουν να κάνουν με την εδαφική αντίσταση, δομή και υγρασία του εδάφους. Το μέγιστο βάρος του ριζικού συστήματος στο σόργο παρατηρείται περίπου κατά την άνθηση όπου το ριζικό σύστημα μπορεί να επεκταθεί σε βάθος μέχρι και 1,5 – 2 m με ρυθμό 2 ως 5 cm/ημ (Fageria κ.α 1991). Γενικά ο σόργος σα φυτό έχει μεγάλη ικανότητα απορρόφησης νερού και έτσι λοιπόν το βάθος και η δραστηριότητα του ριζικού συστήματος εξαρτώνται άμεσα από αυτό, της υγρασίας του εδάφους και το γενότυπο.

Στηρικτικές ρίζες : Εμφανίζονται υπό ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας από κόμβους πάνω από την επιφάνεια του εδάφους οι οποίες ονομάζονται και εναέριες λόγω του τρόπου βλάστησης τους. Εκφύονται από τα πρώτα 4 γόνατα του στελέχους και έχουν μεγαλύτερο πάχος από τις υπόγειες με αποτέλεσμα να είναι πιο ανθεκτικές στην καταπόνηση τους παρέχοντας ισχυρή στήριξη. Ανάλογα τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τη ποικιλία εξαρτάται και ο αριθμός τους.

A3.2. Βλαστός

Μετά το φύτευμα του στελέχους ξεκινάει η διαδικασία του <<αδελφώματος>>. Νέα στελέχη που ονομάζονται αδέρφια προκύπτουν από το σχηματισμό οφθαλμών της βάσης.

Για την ομαλή ανάπτυξη τους απαιτούνται σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες και αραιή φυτρωτική πυκνότητα μεταξύ των φυτών. Το σόργο αδελφώνει λιγότερο ή περισσότερο ανάλογα με τον τύπο και την πυκνότητα σποράς. Το αδελφωμα καθορίζεται από την κυριαρχία της κορυφής. Μεγάλη δραστηριότητα παραγωγής αδελφιών στον κεντρικό βλαστό παρατηρείται επίσης κατά τη διάρκεια της άνθησης και μετά την άνθηση. Κάποια φυτρωτική αραιώση μεταξύ τους με την βλάστηση νέων αδελφιών δίνεται η δυνατότητα να αντισταθμιστεί η πυκνότητα όπως ακόμη και να αντιμετωπιστούν προσβολές από έντομα και ασθένειες. Το φαινόμενο του <<αδελφώματος>> στη καλλιέργεια του σόργου έχει κυρίαρχο ρόλο ως προς τις αποδόσεις του φυτού σε βιομάζα ειδικά σε περιόδους που επικρατούν συνθήκες υδατικού στρες.

Ο βλαστός είναι κατακόρυφος και αποτελείται από γόνατα και μεσογονάτια διαστήματα. Το ύψος ανάλογα με την ποικιλία κυμαίνεται από 50cm ως πάνω από 5m και η διάμετρος στη βάση από 0,5 ως 5cm. Ο βλαστός έχει 7 ως 20 γόνατα και μεσογονάτια διαστήματα και ένα φύλλο εκφύεται από κάθε γόνατο. Τα μεσογονάτια διαστήματα είναι μικρότερα στη βάση και στο ανώτερο τμήμα ενώ μεγαλώνουν ως προς το κέντρο του στελέχους. Οι ποικιλίες μικρού βιολογικού κύκλου έχουν μικρότερα στελέχη ως προς το ύψος σε σχέση αυτών που έχουν μεγαλύτερο βιολογικό κύκλο.. Επίσης σε μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος όπου υπάρχει μεγάλη φωτοπερίοδος και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών είναι μεγαλύτερο, τα φυτά αποκτούν μεγαλύτερο ύψος. Γενικά όταν οι γενότυποι του σόργου Φυτεύονται σε μικρά γεωγραφικά πλάτη κοντά στον ισημερινό Τα φυτά γίνονται κοντύτερα και τα φυτά στα βόρεια γίνονται ψηλότερα.

Από μορφολογικής άποψης ο βλαστός καλύπτεται εξωτερικά από ένα σκληρό και μεμβρανώδη ιστό ενώ η επιδερμίδα του βλαστού καλύπτεται από λευκή κηρώδη σκόνη, η οποία έχει διπλό ρόλο. Από την μία μπορεί να αποτρέψει τις απώλειες υγρασίας κατά την ξηρασία και από την άλλη ,να μην επιτρέψει την είσοδο νερού στους βλαστούς των φυτών σε συνθήκες υπερβολικού νερού, με αποτέλεσμα να σχηματιστεί ένας σόργος ιδιαίτερα ανθεκτικός στην ξηρασία και στις ακραίες συνθήκες υγρασίας.

A3.3. Φύλλα

Από κάθε κόμβο του στελέχους, εναλλάξ, εκφύεται και ένα φύλλο. Τα φύλλα του σόργου μοιάζουν με του καλαμποκιού, αλλά είναι κάπως συρρικνωμένα κατα 50-60%. Βρίσκονται σε μια διάταξη δύο γραμμών (δίστιχη φυλλοταξία), και αποτελούνται από το έλασμα, τον κολεό και το γλωσσίδιο. Ο κολεός

είναι πολύ μακρύς και το μεγαλύτερο μέρος του είναι προσκολλημένο στο μεσογονάτιο διάστημα του βλαστού. Το έλασμα είναι φαρδύ, λογχοειδές, οι άκρες είναι οδοντωτές και η επιφάνεια λεία.

Τα φύλλα αντέχουν στην ξηρασία. Συγκεκριμένα φέρουν εφυμενίδα με κηρώδες επίχρυσμα και πολλά μηχανικά κύτταρα στην άνω επιδερμίδα που προσδίδουν ικανότητα συστροφής του ελάσματος σε περιόδους ξηρασίας με αποτέλεσμα τη μειωμένη απώλεια νερού. Μπορούν επίσης να φέρουν τριχίδια τα οποία προσδίδουν αντοχή σε ορισμένους εντομολογικούς εχθρούς. Το μήκος των φύλλων είναι 30-135 Cm και πλάτους 6-13 cm. Ο αριθμός των φύλλων είναι ίσος με τα γόνατα και το φυτό έχει συνήθως 14-17 φύλλα με τα στόματα να είναι τοποθετημένα αμφίπλευρα.

Οι ποικιλίες που είναι πιο πρώιμες έχουν μικρότερο αριθμό φύλλων από τις πιο όψιμες, σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη λόγω της μεγαλύτερης φωτοπερίοδου σχηματίζεται μεγαλύτερος αριθμός φύλλων σε οποιαδήποτε ποικιλία. Κάθε φύλλο προσθέτει 3 - 4 ημέρες στην περίοδο της ανάπτυξης (Καραμάνος, 1999) . Το αρχικό φύλλο του φυταρίου είναι μικρότερο και το μέγεθος των φύλλων αυξάνει σταδιακά ως το μέσο του φυτού όπου 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 η θέση αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η βλαστική περίοδος και τόσο υψηλότερη η απόδοση της καλλιέργειας. Το τελευταίο φύλλο που εκφύεται ονομάζεται «φύλλο – σημαία». 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 έως 250 γραμμάρια. Τα φύλλα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και συνεπώς υψηλή θρεπτική αξία ως ζωοτροφή (Manual FAO). Σημαντικό στοιχείο που σχετίζεται με το υψηλό παραγωγικό δυναμικό της καλλιέργειας είναι ότι τα φύλλα παραμένουν πράσινα, άρα και φωτοσυνθετικά ενεργά, ακόμη και μετά την ωρίμανση της ταξικαρπίας.

A3.4. Ταξιανθία

Τα φυτά του σόργου είναι μόνοικα και μονόκλινα. Η ταξιανθία είναι φόβη, αποτελεί προέκταση του στελέχους και διαφέρει ως προς τη συμπαγεία και το μέγεθος της. Οι ταξιανθίες έχουν όρθια ανάπτυξη ή κάμπτονται προς τα κάτω. Οι όρθιες ταξιανθίες είναι χαρακτηριστικό των βελτιωμένων ποικιλιών, κυρίως επειδή διευκολυνθούν τη μηχανική συγκομιδή. Στις διακλαδώσεις της φόβης τα σταχύδια βρίσκονται κατά ζεύγη, ένα άμισχο (γόνιμο) και ένα έμισχο (άγονο). Το γόνιμο σταχύδιο αποτελείται από δύο παχιά λέπυρα και δύο ανθίδια, εκ των οποίων το ένα μόνο είναι γόνιμο. Κάθε γόνιμο ανθίδιο αποτελείται από το χιτώνα, τη λεπίδα, δύο γλωχίνες, τρεις στήμονες και τον ύπερο. Ο χιτώνας και η λεπίδα είναι λεπτοί, υμενώδεις. Το άγονο, εάν υπάρχει, είναι προέκταση του χιτώνα του γόνιμου άνθους. Τα φυτά του σόργου είναι κατά κανόνα αυτογονιμοποιούμενα.

Η ταξιανθία εκφύεται από τον κολεό του φύλλου «σημαία». Η άνθηση 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. Το μήκος της κυμαίνεται από 20 έως 70 εκατοστά ανάλογα με τον τύπο και την ποικιλία (Quinby & Karper 1958). 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. 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.

Η άνθηση ξεκινά 2 – 6 ημέρες μετά την εμφάνιση των ταξιανθιών. Ξεκινά από το επάνω μέρος της φόβης και προχωράει προς τα κάτω. Λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της νύχτας ή πολύ νωρίς το πρωί. Η διάρκεια είναι συνολικά 5 – 10 ημέρες αλλά εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αέρα. Σε ψυχρές συνθήκες διαρκεί ακόμη και 15 ημέρες. Μετά την άνθηση και τη γονιμοποίηση ακολουθεί ο σχηματισμός των σπόρων και της ταξικαρπίας και τελικά η ωρίμανση των σπόρων.

A3.5. Καρπός

Σε μία φόβη μπορούν να παραχθούν 800 έως 3.000 κόκκοι. Οι κόκκοι διαφέρουν σε μέγεθος και σχήμα ανάλογα με τον τύπο του σόργου. Υπάρχουν σφαιροειδείς, ελλειψοειδείς, οβάλ κ.α σχήματα σπόρων. Ο καρπός περιβάλλεται από δύο λέπυρα τα οποία μπορεί να απομακρύνονται εύκολα ή δύσκολα από την καρύωση. Οι σπόροι μιας φόβης διαφέρουν μέχρι 10% σε βάρος ανάλογα με τη θέση τους στην κορυφή, το κέντρο ή τη βάση της φόβης.

Η καρύωση έχει διάφορα χρώματα όπως λευκό, κρεμ, κόκκινο, ανοιχτό κίτρινο, , από ανοιχτό έως σκούρο καφέ κ.ά. Ορισμένες λευκές ποικιλίες έχουν έγχρωμες κηλίδες. Το χρώμα του σπόρου οφείλεται σε χρωστικές του περικαρπίου ή του σπερματικού περιβλήματος ή και των δυο. Το σκούρο χρώμα υποδηλώνει παρουσία ταννίνων ή άλλων συγγενών προς τις ταννίνες ουσιών οι οποίες μειώνουν την πεπτικότητα του καρπού ως ζωοτροφή.

Η αποφλοιώση των σπόρων είναι απαραίτητη όταν προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ο σπόρος αποτελείται κατά μέσο όρο από 84% ενδοσπέρμιο, 10% έμβρυο και 6% περικάρπιο. Το ενδοσπέρμιο είναι κιτρινωπό ή έγχρωμο. Το άμυλο στο ενδοσπέρμιο ποικίλει από 76% έως 100% αμυλοπηκτική, στις κηρώδεις ποικιλίες. Το κίτρινο ενδοσπέρμιο υποδηλώνει μεγάλη περιεκτικότητα σε καροτένια και επομένως υψηλή θρεπτική αξία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β : Καλλιέργεια Σόργου

Β1. Εδαφοκλιματικές Απαιτήσεις

Β.1.1 Εδαφικές Απαιτήσεις

Για ένα καλό φύτευμα το σόργο χρειάζεται κατά κανόνα σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Αρκετοί παραγωγοί σπέρνουν το σόργο 2-3 εβδομάδες αργότερα από την ημερομηνία σποράς του αραβοσίτου της περιοχής τους. Το σόργο είναι ένα σιτηρό που δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις, καθώς μπορεί να προσαρμοστεί σε πληθώρα εδαφών αρκεί να έχουν καλή αποστράγγιση. Αποδίδει εξίσου καλά σε αργιλλώδη, πηλώδη, αμμώδη, οργανικά, κ.ά. εδάφη. προτιμά όμως μέσης σύστασης, βαθειά, γόνιμα εδάφη, με καλή αποστράγγιση. Ευδοκίμει σε μεγάλο εύρος pH (5.5-8.5). μπορεί να αντέξει σε εδάφη με pH από 5,5 έως και πάνω από 7,5. Πολλοί καλλιεργητές θεωρούν άριστη τιμή pH το 6,5. Το σόργο συμπεριλαμβάνεται και στα σχετικά ανθεκτικά στην αλατότητα φυτά.

Η θερμοκρασία εδάφους επηρεάζει άμεσα την σπορά και την βλαστική ανάπτυξη του φυτού όπως επίσης και την ανάπτυξη του ριζικού του συστήματος και κατ' επέκταση την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών. Η βλάστηση του σπόρου και η βιωσιμότητα των σπορόφυτων είναι εξαιρετικά ευαίσθητες στις χαμηλές θερμοκρασίες. Αναφέρεται ότι η σπορά συνήθως αποφεύγεται σε θερμοκρασίες εδάφους κάτω από 16 °C. Για υψηλές αποδόσεις χρειαζόμαστε κατά κανόνα κατά την βλαστική ανάπτυξη θερμοκρασίες γύρω στους 25 °C. Η ελάχιστη θερμοκρασία για τη βλάστηση και την ανάπτυξη των φυτών είναι 10 °C και 15 °C αντίστοιχα, ενώ σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10 °C προκαλείται μείωση της φυλλικής επιφάνειας, του ύψους του φυτού και της παραγωγής βιομάζας. Οι περισσότερες ποικιλίες του σόργου για την ομαλή φυσιολογική λειτουργία τους απαιτούν θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 16 °C. Όταν η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη από 20 °C, η καλλιεργητική περίοδος επεκτείνεται κατά 10-20 ημέρες για κάθε μισό βαθμό κάτω από το όριο αυτό. Υψηλές θερμοκρασίες 6-9 ημέρες μετά την άνθηση, επιδρούν αρνητικά στην τελική απόδοση. Ο ρυθμός σχηματισμού των φύλλων αυξάνεται όταν η θερμοκρασία αυξάνεται από τους 13 °C σε 23 °C αλλά μειώνεται όταν αυτή ξεπεράσει τους 34 °C.

B.1.2 Κλιματικές Απαιτήσεις

Παρά την αρχική του προέλευση από τους τροπικούς, το σόργο μπορεί να καλλιεργείται σήμερα και στις εύκρατες ζώνες με τις κατάλληλες ποικιλίες και υβρίδια. Η καλλιέργειά του στους τροπικούς μπορεί να γίνεται όλο τον χρόνο, αλλά καθορίζεται κυρίως από τις βροχοπτώσεις, ενώ στις εύκρατες ζώνες καθορίζεται από τη θερμοκρασία και περιορίζεται κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι. Το σόργο θεωρείται ως ένα από τα ανθεκτικότερα και παραγωγικότερα φυτά ακόμη και σε ημίξηρες περιοχές, με ελάχιστο ετήσιο ύψος βροχής 350-400mm.

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την καλλιέργεια του σόργου είναι η φωτοπερίοδος, που επηρεάζει άμεσα την ανθοφορία του φυτού. Το σόργο είναι φυτό βραχείας φωτοπερίοδου. Γενικά, το σόργο είναι φυτό θεμόφιλο, με ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης 15°C και άριστη 27-32°C, ενώ φωτοσυνθέτει έντονα ακόμη και σε θερμοκρασία 35°C. Παρ' όλα αυτά, θερμοκρασίες υψηλότερες από 38°C κατά την άνθηση μειώνουν δραστικά την παραγωγή λόγω ατελούς επικονίασης. Απαιτεί κατά μέσο όρο διάρκεια καλλιεργητικής περιόδου 130-160 ημ., αν και υπάρχουν γονότυποι με βιολογικό κύκλο ακόμη και 80 ημ. Η καλλιέργειά του είναι ιδιαίτερα σημαντική σε περιοχές όπου η υψηλή θερμοκρασία και η ξηρασία είναι απαγορευτικές για την καλλιέργεια του αραβοσίτου. Ελάχιστη προϋπόθεση για να αποδώσει το σόργο επαρκώς υπό ξηρικές συνθήκες είναι η επάρκεια υγρασίας μέχρι ένα βάθος περίπου 100cm κατά τη σπορά. Εάν η υγρασία είναι επαρκής μέχρι τα 150cm υπάρχουν δυνατότητες για αξιόλογη παραγωγή, ενώ αν ξεπερνά τα 150cm πρέπει να αναμένονται υψηλές αποδόσεις. Εκτός από την αντοχή του στην ξηρασία, το σόργο αντέχει και στην περίσσεια νερού περισσότερο από τον αραβόσιτο, αλλά υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των γονοτύπων.

B2. Καλλιεργητικές Τεχνικές

B2.1. Αμειψισπορά

Τα συστήματα καλλιέργειας που συμπεριλαμβάνουν το σόργο, ποικίλουν στις διάφορες περιοχές που καλλιεργείται το σόργο. Οι κατευθύνσεις μπορεί να είναι είτε συνεχής καλλιέργεια σόργου είτε διάφοροι συνδυασμοί αμειψισποράς. Το σόργο μπορεί να ακολουθήσει οποιαδήποτε καλλιέργεια στο σύστημα αμειψισποράς. Ευνοείται από την αμειψισπορά κυρίως όταν οι συντελεστές παραγωγής δεν βρίσκονται στο άριστο. Για παράδειγμα, βαμβάκι-σόργο ή σόγια-σόργο συντελεί σε αύξηση των αποδόσεων του σόργου (Cothren κ.ά. 2000, Kaye κ.ά. 2007). Στην αμειψισπορά σόγια-σόργο η απόδοση του σόργου αυξήθηκε 67% όταν δεν εφαρμόστηκε αζωτούχος λίπανση. Άλλα κατάλληλα συστήματα είναι σιτάρι-σόργο και καλαμπόκι-σόργο.

Αναφέρεται μικρότερη αύξηση και απόδοση για σόργο που ακολούθησε καλλιέργεια ηλίανθου, πιθανώς λόγω φυτοτοξικών φαινολικών ουσιών που απελευθερώθηκαν στο έδαφος από τα υπολείμματα του ηλίανθου (Batish κ.ά. 2002). Γενικά 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). Στη χώρα μας το σόργο εντάσσεται στα συστήματα αμειψισποράς των ανοιξιότικων καλλιεργειών.

Η χρήση του σόργου σε συστήματα εναλλαγής καλλιεργειών ναι μεν μειώνει τη διάβρωση του εδάφους, λόγω της συγκράτησης από το εκτεταμένο ριζικό του σύστημα αλλά έχει και αρνητική επίδραση στις επόμενες καλλιέργειες, λόγω των δυσμενών επιδράσεων του. Μερικές από αυτές είναι οι εξής:

- Εξαντλεί την υγρασία του εδάφους και τα θρεπτικά στοιχεία λόγω του ισχυρού ριζικού συστήματος, ιδίως σε πτωχά και ξηρά εδάφη (Παπακώστα, 2005).
- Αφήνει υπολείμματα με υψηλό ποσοστό ζαχάρων, τα οποία ευνοούν τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών του εδάφους και την κατανάλωση του διαθέσιμου αζώτου σε βάρος των φυτών
- Αφήνει τον αγρό σε κακή κατάσταση από πλευράς δομής λόγω των πολυπληθών ριζιδίων που εγκλωβίζονται στο χώμα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σβώλοι που δεν διασπώνται εύκολα.
- Φαινόμενα αλληλοπάθειας του σόργου.

B2.2. Έδαφος – Διαχείριση

Για να πραγματοποιηθεί καλλιέργεια σόργου σε έναν αγρό απαιτείται πρώτα από όλα καλή προετοιμασία του εδάφους. Ο σπόρος του σόργου είναι γενικά αρκετά μικρός για αυτό και τα νεαρά φυτά αναπτύσσονται βραδύτερα. Για το λόγο αυτό πριν τη σπορά το έδαφος απαιτείται να είναι καθαρό από ζιζάνια και περισσότερο ψιλοχωματισμένο.

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 κ.α., 2004, Gazaway & Mask, 2006b).

Από πολλά πειράματα έχει διαπιστωθεί ότι φθινοπωρινή χειμερινή προετοιμασία του εδάφους είναι προτιμότερη. Σε περιοχές χειμερινών βροχοπτώσεων και εφόσον το σόργο ακολουθεί ψυχανθές για σανό γίνεται μια άροση δισκάρωση ευθύς με μετά τη συγκομιδή του ψυχανθούς ώστε να διατηρηθεί υγρασία στο έδαφος. Εάν το σόργο ακολουθεί χειμερινό σιτηρό γίνεται μια θερινή φθινοπωρινή άροση. θερινή άροση εκτός των άλλων έχει σαν σκοπό να καταστρέψει τα ζιζάνια κυρίως την αγριάδα και τον βέλιουρα από τα οποία υποφέρει πολύ το σόργο (Σφήκας, 1991).

B2.3. Σπορά

Το σόργο στις εύκρατες περιοχές σπέρνεται την άνοιξη, ενώ στις τροπικές όλο το χρόνο, ανάλογα με την περίοδο των βροχοπτώσεων. Συνιστάται η πρωιμότερη δυνατή σπορά για έντονη πρώτη ανάπτυξη, καλύτερη εκμετάλλευση της εδαφικής υγρασίας και μείωση των απωλειών νερού από την επιφάνεια του εδάφους καθώς και αποφυγή βλαβών από υψηλές θερμοκρασίες κατά την άνθηση. Γενικότερα, η ημερομηνία σποράς του σόργου εξαρτάται από την διαθέσιμη εδαφική υγρασία και τη θερμοκρασία του εδάφους που πρέπει να είναι τουλάχιστον 15 °C. Η σπορά πραγματοποιείται, με κατάλληλα ρυθμισμένες σπартικές του σιταριού ή των ανοιξιάτικων καλλιεργειών.

Το βάθος σποράς εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και την υγρασία. Σε βαριά εδάφη με υγρασία συνιστάται βάθος σποράς 2,5 έως 3 cm ενώ σε αμμώδη 4-5 cm. Το σόργο μπορεί να βλαστήσει και σε μεγαλύτερο βάθος, αλλά τα φυτά αργούν να αναδυθούν στην επιφάνεια του εδάφους και ο τελικός πληθυσμός των φυτών μπορεί να είναι μειωμένος.

Όπως συμβαίνει σε πολλά είδη, η ποσότητα σποράς ανά στρέμμα και οι αποστάσεις φύτευσης μεταβάλλονται ανάλογα με τον τύπο του σόργου που θέλουμε να σπείρουμε, με την μέθοδο σποράς αλλά και τον σκοπό της καλλιέργειας.

- **Για το καρποδοτικό σόργο**

Στις μη αρδευόμενες περιοχές ο πληθυσμός των φυτών κυμαίνεται από 4.000 έως 6.000 φυτά/στρ. με μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των γραμμών, περίπου 1 m. Στους αρδευόμενους αγρούς ο συνιστώμενος πληθυσμός είναι 10.000 έως 16.000 φυτά/στρ. με αποστάσεις 50 έως 70 cm μεταξύ των γραμμών. Για σποροπαραγωγική καλλιέργεια

συνιστώνται αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 75 cm και πάνω στη γραμμή 10 cm (Kelly και George 1998)

- **Για το χορτοδοτικό σόργο**

που προορίζεται για ενσίρωση και θα κοπεί μια φορά συνήθως σπέρνεται σε αποστάσεις μεταξύ των γραμμών που απέχουν μεταξύ τους 70-80 cm και πάνω στη γραμμή 10-15 cm. Στην περίπτωση αυτή, για ένα στρέμμα χρειαζόμαστε περίπου 2,5-3,0 kg/στρ σπόρο, και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να έχουμε περίπου 21.000-37,500 φυτά ανά στρέμμα. Ενώ για το σόργο που προορίζεται για σανό οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών είναι 30-40 cm, συνεχής σπορά επάνω στη γραμμή και με ποσότητα σπόρου 4 kg/στρ. Με μικρότερη ποσότητα σπόρου αυξάνεται η διάμετρος των στελεχών και καθυστερεί η αποξήρανση. Για το χορτοδοτικό σόργο που προορίζεται για βόσκηση από την άλλη οι αποστάσεις σποράς μεταξύ των γραμμών κυμαίνονται από 15 έως 20 cm με ποσότητα σπόρου στα 5 kg/στρ.

- **Για το ζαχαρούχο σόργο**

Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών κυμαίνονται από 70 έως 100 cm. Επί της γραμμής τα φυτά απέχουν μεταξύ τους 10 έως 15 cm. Εάν ο πληθυσμός είναι πολύ μεγαλύτερος τότε δημιουργούνται δύο βασικά προβλήματα. Τα φυτά πλαγιάζουν και τα στελέχη σπάζουν και περιέχουν μικρότερη ποσότητα χυμού σε σχέση με τα στελέχη που δίνουν την ίδια απόδοση αλλά έχουν μεγαλύτερη διάμετρο (Vermeiris 2008)

- **Για το σόργο για σκούπα**

Σε υγρές περιοχές οι αποστάσεις που κυριαρχούν μεταξύ των γραμμών είναι 90 με 100 cm και πάνω στη γραμμή 8 με 10 cm ενώ σε πιο ξηρές περιοχές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μεγαλύτερες αποστάσεις πάνω στη γραμμή στα 15 με 22 cm (Carter κ.ά. 2000). Η ποσότητα σπόρου κυμαίνεται μεταξύ 4 και 6 kg/στρ. Στη Θράκη, όπου κυρίως καλλιεργείται το σόργο στη χώρα μας, οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί είναι 70 cm και πάνω στη γραμμή 20-25 cm με ποσότητα σπόρου 1 kg/στρ (Γκαρελίδης 1988).

B2.4. Λίπανση – Χλωρή λίπανση

Η λίπανση είναι ένας συμπληρωματικός τρόπος εφοδιασμού των φυτών με ανόργανα θρεπτικά συστατικά, επιπλέον αυτών που είναι διαθέσιμα από το έδαφος. Η εισαγωγή αυτής της καλλιεργητικής τεχνικής ξεκίνησε κατά τα μέσα του 19^{ου} αιώνα και καθιερώθηκε ύστερα από τα

εντυπωσιακά αποτελέσματα που παρατηρηθήκαν στις αποδόσεις. Έχει υπολογισθεί ότι η χρήση λιπασμάτων έχει συμβάλει στις αποδόσεις των καλλιεργειών κατά 40-60%.

Η εκπόνηση ενός ορθολογικού προγράμματος λίπανσης εξαρτάται 1) από το είδος του λιπάσματος, 2) τη ποσότητα, 3) το καταλληλότερο χρόνο εφαρμογής, 4) τον τρόπο εφαρμογής και πάντα λαμβάνεται και ο οικονομικός παράγοντας. Έτσι όπως σε κάθε άλλη καλλιέργεια έτσι και στη περίπτωση του σόργου υπό άριστες συνθήκες αύξησης και διαχείρισης της καλλιέργειας μπορούμε να επιτύχουμε τις μέγιστες δυνατές αποδόσεις για τη παραγωγή.

Η γνώση και η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το φυτό αναπτύσσεται είναι σημαντική. Το σόργο εξαντλεί το έδαφος από τα θρεπτικά στοιχεία, λόγω του εκτεταμένου ινώδους ριζικού συστήματος και της αποτελεσματικής χρησιμοποίησης των θρεπτικών στοιχείων. Η ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του αζώτου που συγκεντρώνουν τα φυτά εξαρτάται από το τύπο του σόργου, την απόδοση και τη καλλιεργητική τεχνική (πυκνότητα σποράς, άρδευση, αμειψισπορά κ.ά). Το σόργο από το στάδιο ανάπτυξης 5 φύλλων και μετά χρησιμοποιεί το άζωτο, το φώσφορο και το κάλιο με ταχείς ρυθμούς. Έχει υπολογισθεί ότι κατά το στάδιο σχηματισμού του περιάνθιου δηλαδή στο 50% της άνθησης των φυτών έχει ήδη προσληφθεί το 80% καλίου, το 70% του αζώτου και το 60% του φωσφόρου. Το κάλιο προσλαμβάνεται πιο γρήγορα και σταδιακά παρουσιάζει σταθερή μείωση μέχρι την ωρίμανση και αυτό συμβαίνει γιατί υψηλότερη συγκέντρωση σε κάλιο και ασβέστιο παρουσιάζουν τα βλαστικά όργανα και όχι οι καρποί. Η σπουδαιότητα όμως του πρώτου κύκλου αύξησης θρέψης του σόργου δεν θα πρέπει να υποτιμά το ρόλο θρέψης των επόμενων κύκλων, αφού ως γνωστόν σημαντικές ποσότητες ανόργανων θρεπτικών στοιχείων που έχουν προσληφθεί κατά την άνθηση μεταφέρονται για την ανάπτυξη του σπόρου (Muchow, 1990). Ειδικά σε καλλιέργειες που προορίζονται για παραγωγή βιομάζας είναι αναγκαίο να υπάρχει επάρκεια μακροστοιχείων σε όλο το βιολογικό τους κύκλο.

Σύμφωνα λοιπόν με όσα προαναφέρθηκαν κατά τη βλαστική φάση των φυτών η λίπανση μπορεί να πραγματοποιηθεί την άνοιξη προσπαρτικά ή κατά τη σπορά. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως βασική λίπανση και όλη η ποσότητα των φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων εφαρμόζεται κατά τη βασική λίπανση. Τυχόν κλιμάκωση της εφαρμογής τους και σε μεταγενέστερο χρόνο ελάχιστη επίδραση θα είχε στη κάλυψη επίκαιρων αναγκών των φυτών. Στη βασική λίπανση πρέπει να εφαρμόζεται και η αζωτούχο λίπανση για τη κάλυψη των πρώτων αναγκών των φυτών, εκτός και αν πρόκειται για αμμώδη εδάφη που μεταφυτρωτικά δίνουν καλύτερα αποτελέσματα.

Επίσης το άζωτο σε αυτή την περίπτωση συνιστάται να δίνεται σε αμμωνιακή μορφή.

Μεταφυτρωτικά γίνεται τις πρώτες 30 μέρες μετά το φύτευμα επιφανειακή λίπανση για την ανάπτυξη της καλλιέργειας για να καλυφθεί κυρίως η δεύτερη αιχμή. Στην επιφανειακή λίπανση

χρησιμοποιούνται κυρίως άμεσα αφομοιώσιμες και ευκίνητες μορφές αζώτου (νιτρικά λιπάσματα, άνυδρη αμμωνία κ.τ.λ.) (Masket al. 1998, Θερίος 1996, Παπακόστα 1996). Η εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων αυξάνει τη περιεκτικότητα των ινών ειδικά στο γλυκό σόργο. Ως εκ τούτου φαίνεται πως τα νιτρικά λιπάσματα μπορούν να βελτιώσουν την πέψη και αφομοίωση του σόργου (Almadares κ.α. 2009).

Ως προς τους διάφορους τύπους σόργου έχει διαπιστωθεί από διάφορες έρευνες ότι οι συγκεντρώσεις σε θρεπτικά στοιχεία και κυρίως του αζώτου αλλάζουν. Πιο συγκεκριμένα για παράδειγμα **το καρποδοτικό σόργο** σε αρδευόμενους αγρούς για αποδόσεις μέχρι και 600 kg/στρ. συνιστώνται περίπου 20 kg N/στρ. και μόλις 6 kg P₂O₅/στρ. **Στο χορτοδοτικό** αντίστοιχα ισχύει το ίδιο για αρδευόμενα εδάφη ενώ για θερμά, υγρά κλίματα με εφαρμογές 40 kg N/στρ. μπορούν να επιτευχθούν 15-20tn χλωρομάζας ανά στρέμμα. Από την άλλη **το ζαχαρούχο σόργο** από Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας έδειξαν ότι για τη παραγωγή ζυμώσιμων ζαχάρων απαιτείται μόλις το 36% της αζωτούχου λίπανσης που εφαρμόζεται στο καλαμπόκι (Geng κ.α 1989).

Αναφέρεται ότι, όταν για εμπορική καλλιέργεια ζαχαρούχου σόργου συνιστώνται από 10 έως 15 kg N/στρ. Τέλος στο **σόργο για σκούπα** προτείνονται 7 έως 14 kg N/στρ. και 4 kg P₂O₅/στρ. (Maiti 1997, Carter κ.ά. 2000).

Οι συνηθέστερες μορφές αζωτούχων λιπασμάτων είναι η άνυδρη αμμωνία (82% N) και η ουρία (46% N).

Ακόμα μία πρακτική λίπανσης που εφαρμοζόταν ακόμα από την αρχαιότητα, όπως μαρτυρούν χωρία του Ξενοφώντος, του Θεόφραστου, καθώς και των Λατίνων Συγγραφέων είναι αυτή της χλωρά λίπανσης. Η χλωρά λίπανση είναι καλλιεργητική τεχνική της ενσωμάτωσης της βιομάζας στο έδαφος οποιοδήποτε φυτικού είδους που καλλιεργήθηκε για αυτόν ακριβώς το σκοπό. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται εμπλουτισμός του εδάφους με οργανική ουσία και ανόργανα θρεπτικά συστατικά που περιέχονται στη φυτομάζα. Επιπλέον μέσω αυτής της τεχνικής επιτυγχάνεται και η βελτίωση της εδαφικής δομής μέσω του εμπλουτισμού σε οργανική ουσία, ο περιορισμός της έκπλυσης θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, μειώνει το κίνδυνο εδαφικής διάβρωσης λόγω της εδαφοκάλυψης που παρέχεται από τη καλλιέργεια και μειώνει το πληθυσμό των ζιζανίων λόγω σκίασης και ανταγωνισμού.

Οι πιο πολύτιμες καλλιέργειες για χλωρά λίπανση είναι τα ψυχανθή. Σε σύγκριση με τα μη ψυχανθή, παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι προσθέτουν άζωτο στο έδαφος με την αζωτοδέσμευση. Επίσης τα ψυχανθή αποσυντίθενται ευκολότερα στο έδαφος μετά την ενσωμάτωσή τους σε σύγκριση με τα αγρωστώδη. Βέβαια ο βαθμός στον οποίο ένα είδος ψυχανθούς είναι κατάλληλο για χλωρά λίπανση εξαρτάται από το έδαφος, το κλίμα, την εποχή

σποράς της κύριας καλλιέργειας και φυσικά από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του είδους του φυτού που χρησιμοποιείται για χλωρά λίπανση.

Για τη χώρα μας καταλληλότερο φυτό θεωρείται ο βίκος, ο οποίος και συνήθως καλλιεργείται. Στις πιο ορεινές περιοχές καταλληλότερο θεωρείται το μπιζέλι που είναι πιο ανθεκτικό στα κρύα και τους παγετούς.

B2.5. Άρδευση

Σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες, το σόργο έχει πολύ καλή αντοχή στην ξηρασία και μπορεί ακόμη να είναι παραγωγικό και υπό εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες. Έρευνες όμως έχουν δείξει ότι κάτω από συνθήκες πλήρους άρδευσης μπορεί να δώσει έως και τις διπλάσιες αποδόσεις. Συνήθως δίνονται τρεις αρδεύσεις: η πρώτη πριν τη σπορά, δεύτερη πριν την εφαρμογή της ταξιανθίας και τρίτη στα πρώτα στάδια γεμίσματος των σπόρων (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Η ολική υδατοκατανάλωση κυμαίνεται από 250 mm (σε ξηρικές συνθήκες και ξηρές περιοχές) μέχρι 700 mm νερού (σε μεγάλες συχνότητες αρδεύσεων). Η ημερήσια υδατοκατανάλωση ξεκινά από 2.5 mm νερού τις πρώτες 30 40 ημ. από το φύτεμα για να φθάσει ένα μέγιστο κατά την εμφάνιση της ταξιανθίας και την καρπόδεση. Η μέγιστη ημερήσια υδατοκατανάλωση ποικίλλει από 3.5-9 mm ανάλογα με τον βαθμό επάρκειας νερού. Το βάθος ενεργού ριζοστρώματος εξαρτάται, εκτός των άλλων, από τη συχνότητα των αρδεύσεων. Συνήθως φθάνει μέχρι τα 90 cm, αλλά πλησιάζει περισσότερο στην επιφάνεια όσο συχνότερες είναι οι αρδεύσεις. Η κρίσιμη περίοδος όπου απαιτείται επάρκεια νερού προηγείται λίγο της εμφάνισης των ταξιανθιών και φθάνει μέχρι το στάδιο της μαλακής ζύμης. Επάρκεια νερού σε αυτό το στάδιο αυξάνει τον αριθμό των καρπών/ταξιανθία και το βάρος τους. Αντίθετα, επάρκεια νερού κατά τα τελευταία στάδια του γεμίσματος καθυστερεί την ωρίμανση των καρπών και υποβοηθά στην παραγωγή διακλαδώσεων. Συνιστάται μία πλήρης άρδευση πριν από τη σπορά με στόχο τον κορεσμό του εδάφους μέχρι το βάθος των 200 cm. Συνήθως απαιτούνται 150-350 λίτρα νερού ανά κιλό ξηρής βιομάζας. Η αντίστοιχη ζήτηση για καλλιέργειες C3 είναι 300-800 λίτρα (El Bassam, 1998). Οι απαιτήσεις σε νερό του γλυκού και του ινώδους σόργου για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου θεωρείται 600-700 mm νερού (Υπουργείο Γεωργίας, 2000).

B2.6. Διαχείριση ζιζανίων

Το σόργο είναι αρκετά ευαίσθητο στον ανταγωνισμό των ζιζανίων ιδίως κατά το φύτεμα και τα πρώτα στάδια ανάπτυξης λόγω της βραδείας αρχικής του ανάπτυξης (Καραμάνος, 1999) και συχνά είναι δύσκολος ο αποτελεσματικός έλεγχος τους (Ferrell et al., 2005). Η έγκαιρη

απομάκρυνση των ζιζανίων είναι απαραίτητη και η αντιμετώπιση τους πρέπει να λαμβάνει χώρα στις 3 πρώτες εβδομάδες μετά τη σπορά αλλιώς θα έχουμε μείωση της παραγωγής η οποία μπορεί να φθάσει και το 55%. Γενικά, πρέπει να γίνεται έλεγχος και αντιμετώπιση των ζιζανίων μέχρις ότου τα φυτά να αποκτήσουν σημαντικά μεγαλύτερο ύψος από τα ζιζάνια (Ferrell et al., 2005). Ζιζάνια τα οποία φυτρώνουν 30 ημέρες από τη σπορά του σόργου προκαλούν ελάχιστη ή καθόλου ζημιά στην απόδοση. Συνήθως προβλήματα προκαλούνται από πολυετή ζιζάνια όπως η περιπλοκάδα (*Convolvulus arvensis*), ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*) και η αγριάδα (*Cynodon dactylon*) (Mask και Morris, 1991, Smith και 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). Μπορεί να χρειαστούν 2-3 σκαλίσματα μετά το φύτευμα για τον επιτυχή έλεγχο των ζιζανίων (Mask & Morris, 1991).

Όσον αφορά τα ζιζανιοκτόνα, λίγα έχουν δημιουργηθεί ειδικά για το σόργο, μάλλον λόγω του μικρού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει σαν καλλιέργεια στις αναπτυγμένες χώρες. Η χημική αντιμετώπιση των ζιζανίων και η ανθεκτικότητα των φυτών του σόργου δεν είναι τόσο καλή διότι το σόργο είναι ευαίσθητο στα ζιζανιοκτόνα (Καραμάνος, 1999, Ferrell et al., 2005). Εκτενή αναφορά στη χημική ζιζανιοκτονία του σόργου δίνεται από τους (Stahlman και Wicks 2000). Γενικά αν ο αγρός πάσχει από πολυετή ζιζάνια όπως η περιπλοκάδα (*Convolvulus arvensis*), ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*) και η αγριάδα (*Cynodon dactylon*) που είναι εξαιρετικά δύσκολο να ελεγχθούν θα πρέπει να αποφεύχονται για καλλιέργεια ειδικά γλυκού και ινώδους σόργου (Mask & Morris, 1991, Smith & Frederiksen, 2000, Ferrell et al., 2005, UKCE, 2005). Η εφαρμογή προφυτρωτικού ζιζανιοκτόνου είναι η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος για τον έλεγχο των ζιζανίων στην καλλιέργεια του σόργου. Στο γλυκό σόργο μπορεί να γίνει προφυτρωτική εφαρμογή proprazine για τον έλεγχο ετήσιων ζιζανίων αλλά μπορεί να προκληθούν βλάβες στα φυτά, κυρίως σε αμμώδη εδάφη (Freeman et al., 1973). Μειονέκτημα της προφυτρωτικής ζιζανιοκτονίας είναι ο κίνδυνος έκπλυσης της δραστικής ουσίας, σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης με συνέπεια τη μείωση της αποτελεσματικότητας (Smith & Frederiksen, 2000).

B2.7. Συγκομιδή

Ο σκοπός της καλλιέργειας καθορίζει και τον τρόπο συγκομιδής.

Σε καρποδοτική καλλιέργεια η συγκομιδή λαμβάνει χώρα όταν οι σπόροι λαμβάνουν το χαρακτηριστικό χρώμα της ποικιλίας και γίνονται σκληροί. Σε αυτό το στάδιο η υγρασία των σπόρων είναι 18 έως 20 %. Η συγκομιδή μπορεί να καθυστερήσει, εάν το επιτρέπουν οι καιρικές συνθήκες, ώστε η υγρασία να μειωθεί στο 13 έως 14 % για να μην χρειαστεί ξήρανση πριν την αποθήκευση. Το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης προσδιορίζεται όταν οι σπόροι στο κάτω μέρος της ταξιανθίας έχουν σχηματίσει τη μαύρη ζώνη αποκοπής (Kansas State University 1998). Η συγκομιδή των κοντόσωμων ποικιλιών γίνεται με θεριζοαλωνιστικές μηχανές.

Σε χορτοδοτική καλλιέργεια όπου το προϊόν προορίζεται για ενσίρωση το κατάλληλο στάδιο συγκομιδής είναι όταν ο σπόρος βρίσκεται στο στάδιο μεταξύ γάλακτος και μαλακής ζύμης, αλλά πριν από τη γήρανση των ελασμάτων των φύλλων (Fribourg 1995). Η συγκομιδή και ο τεμαχισμός γίνεται με τις ίδιες μηχανές που χρησιμοποιούνται για την ενσίρωση του καλαμποκιού. Όταν το προϊόν προορίζεται για χλωρό χόρτο ή σανό συνιστάται η κοπή να γίνεται στο 1m ύψους των φυτών. Μπορούν στη χώρα μας να γίνουν 4 κοπές στο στάδιο αυτό με συνολική απόδοση 8tn χλωρό χόρτο/στρ. ή 2 tn σανό/στρ. (Παπουτσή-Κωστοπούλου 1992).

Σε ζαχαρούχο καλλιέργεια σόργου η συγκομιδή των φυτών για παραγωγή σιροπιού γίνεται γενικά όταν οι σπόροι βρίσκονται στο στάδιο της ζύμης. Για τη παραγωγή αιθανόλης συνιστάται να συγκομίζεται στο στάδιο ωρίμανσης του σπόρου, στο οποίο μπορεί να συνδυασθεί υψηλή περιεκτικότητα ζαχάρων στο στέλεχος και απόδοση σε καρπό (FAO 1994).

Σε καλλιέργεια σόργου για σκούπα η συγκομιδή γίνεται όταν οι ταξιανθίες έχουν πάρει ανοικτό πράσινο χρώμα και οι σπόροι βρίσκονται στο στάδιο του γάλακτος. Επίσης μπορεί ακόμη να λάβει χώρα και στο τρίτο δεκαήμερο του Αυγούστου όταν το χρώμα είναι ακόμα κιτρινωπό και οι σπόροι έχουν φτάσει στη φυσιολογική ωρίμανση. Οι παραγωγοί ενδιαφέρονται τόσο για τις φόβες όσο και για το σπόρο που συμπληρώνει το εισόδημα τους. Κατά τη συγκομιδή κόβεται το ανώτερο τμήμα του φυτού σε απόσταση 50cm περίπου από κόμβο της ταξιανθίας το λεγόμενο σαρωθρόχορτο το οποίο μεταφέρεται σε ειδικούς χώρους, τα αλώνια.

B2.8. Αποθήκευση

Η αποθήκευση συνιστάται μόνο όταν ο καρπός έχει υγρασία μικρότερη η ίση του 13%. Σε περίπτωση που η υγρασία του είναι μεγαλύτερη από 13% μετά τον θεραλωνισμό, πραγματοποιείται ξήρανση. Η ξήρανση μπορεί να γίνει στον ήλιο (διασκορπίζοντας το προϊόν επιφανειακά σε λεπτές στρώσεις) και με ρεύμα μη θερμαινόμενου ή θερμού αέρα (επί τόπου στην αποθήκη ή σε ειδικά ξηραντήρια). Η θερμοκρασία ξήρανσης δεν πρέπει να είναι

μεγαλύτερη από 95°C όταν ο καρπός προορίζεται για κτηνοτροφή, μεγαλύτερη από 60°C όταν προορίζεται για βιομηχανικές χρήσεις και μεγαλύτερη από 45°C όταν προορίζεται για πολλαπλασιαστικό υλικό. Κατά την αποθήκευση συνιστάται η αποφυγή προσμίξεων φυτικών τμημάτων, επειδή αυτά αυξάνουν τοπικά την υγρασία, όπως και η αποφυγή αποθήκευσης σπασμένων καρπών οι οποίοι παρουσιάζουν ευπάθεια σε προσβολές παθογόνων.

B2.9. Εχθροί και Αντιμετώπιση

Κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του σόργου το φυτό μπορεί να προσβληθεί από διάφορους εχθρούς. Αυτοί διακρίνονται στους εχθρούς που προσβάλλουν τους σπόρους και τα φυτάρια, όπως είναι τα διάφορα έντομα του δάσους, στους εχθρούς που προσβάλλουν το στέλεχος και τις ρίζες, όπως είναι η σεσάμια, στους εχθρούς που προσβάλλουν τους κολεούς των φύλλων ή την άνω επιφάνεια, όπως είναι οι αφίδες, το πράσινο σκουλήκι και η μύγα του σόργου και τέλος στους εχθρούς που προσβάλλουν τις καρποταξίες όπως είναι τα πουλιά. Τα μυρμήγκια είναι ένας απ' τους εχθρούς του σόργου. Από πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό στη EBZ στη Λάρισα οι εχθροί που εμφανίστηκαν ήταν δύο και αυτοί ήταν οι αφίδες και η σεσάμια (Ανδρεάδης κ.ά. 2007, Ι. Τσιάλας και Ν. Παπαδόπουλος προσωπική επικοινωνία 2008). Για τον περιορισμό των ζημιών συνιστάται απολύμανση του σπόρου και δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών φυτρώματος και ταχείας αναπτύξεως των νεαρών φυταρίων (Δαλιάνη, 1999). Στα νερά φυτά σπάνια οι προσβολές επιβάλλουν τη λήψη μέτρων. Αργότερα ένα κληθεί απαραίτητο γίνεται ψεκασμός με κατάλληλα εντομοκτόνα που επιλέγονται μετά από επίβλεψη ειδικών-γεωπόνων.

Εχθροί του σόργου είναι και οι διάφορων ειδών ασθένειες. Οι ασθένειες που προσβάλλουν το σόργο διακρίνονται σ'αυτές που προσβάλλουν τους σπόρους και τα φυτάρια, όπως είναι οι τήξεις των φυταρίων, σ'αυτές που προσβάλλουν το στέλεχος και τη ρίζα, όπως η σηψιριζία και οι σήψεις του στελέχους, στις ασθένειες των φύλλων και στις ασθένειες των καρποταξιών.



Εικόνα: Εχθροί του σόργου

B3. Παραγωγικότητα – Αποδόσεις – Οικονομική σημασία

Η υιοθέτηση συστημάτων που επιδιώκουν πολλαπλούς στόχους όπως οικονομικότητα, συνεχιζόμενη παραγωγικότητα και περιβαλλοντική ασφάλεια πρέπει να αποτελεί πρωτεύοντα στόχο της εκάστοτε αγροτικής πολιτικής.

Στα Μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα με τις δεδομένες συνθήκες των χαμηλών βροχοπτώσεων, οι πρακτικές που ακολουθούνται στο πλαίσιο της σύγχρονης γεωργίας, έχουν πολλές φορές ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας των πόρων. Η διατήρηση της ποιότητας του εδάφους και περιορισμός της εξάντλησης των φυσικών πόρων είναι τα ζητούμενα. Η σημερινή τάση προς αλλαγή των μέχρι τώρα παραδοσιακών καλλιεργειών αλλά και εύρεση εναλλακτικών πηγών ενέργειας δημιουργεί καινούργια δεδομένα στον χώρο της Γεωργίας. Νέα είδη φυτών εισάγονται στα συστήματα καλλιέργειας και σε πολλά από τα παραδοσιακά φυτά αλλάζει ο σκοπός της καλλιέργειάς τους.

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια τόσο του καρποδοτικού όσο και του χορτοδοτικού σόργου είναι ελάχιστη. Εκτιμάται πως σαν καλλιέργεια μπορεί να βελτιώσει την κατάσταση της οικονομίας, αφού δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις και οι χρήσεις του είναι πολλές και συνδυαστικές.

Λόγω της καταγωγής του από τροπικές περιοχές είναι ανεκτικό στη έλλειψη νερού, ενώ παράλληλα απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες 9-10 οC για τη βλάστηση των σπερμάτων και 27-30 οC για αύξηση (Dalianis, et al., 1996), με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται με ιδιαίτερη επιτυχία σε περιοχές με ήπιο κλίμα, όπως χώρες της Ν. Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένης και της χώρας μας. Ακόμη, έχει την ικανότητα να παραμένει σε λήθαργο σε περιόδους ξηρασίας και να ανακτά την αύξηση όταν οι συνθήκες γίνουν πάλι ευνοϊκές (Dalianis, et al., 1996).

Η παραγωγικότητα εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους, την καλλιεργητική τεχνική και την ποικιλία (LAMNET, 2006a). Στη γεωργική πράξη, η αύξηση των αποδόσεων πρέπει κυρίως να προέρχεται από τη βελτίωση της παραγωγικότητας ανά μονάδα νερού και εδάφους. Σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα, η άρδευση

φαίνεται να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, ενώ η αζωτούχος λίπανση δεν φαίνεται να επηρεάζει καθοριστικά τις αποδόσεις (EECI, 1999, Foti et al., 2004, ΚΑΠΕ, 2004).

Σχετικά με την μελλοντική καλλιέργεια του σόργου στην Ελλάδα, τα αποτελέσματα των πειραματικών εργασιών δείχνουν ότι μπορούν να καλλιεργηθούν από τις βορειότερες μέχρι τις νοτιότερες περιοχές της χώρας, τόσο σε εύφορα όσο και σε υποβαθμισμένα εδάφη (ΚΑΠΕ, 2004). Ανάλογα με την περιοχή στην οποία καλλιεργείται είναι και η χρήση του προϊόντος. Σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής για παράδειγμα παρέχει μαζί με το κεχρί πάνω από το 90% της ενέργειας στη διατροφή του πληθυσμού, ενώ στις ανεπτυγμένες χώρες χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή. Το σόργο έχει γενικά πολλές χρήσεις. Ο καρπός χρησιμοποιείται για διατροφή του ανθρώπου, ως ζωοτροφή και για διάφορες βιομηχανικές χρήσεις. Το χόρτο χορηγείται στα ζώα, από τις ταξιανθίες παράγονται σκούπες, από τα στελέχη του ζαχαρούχου σόργου εξάγεται σιρόπι το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γλυκαντικό ή μετά από ζύμωση να παραχθεί αλκοόλη ή βιοαιθανόλη.

Οι αποδόσεις είναι εξαιρετικά υψηλές και μπορούν να φτάσουν τους 14,1 t/στρέμμα σε χλωρό βάρος, τους 4,5 t/στρέμμα σε ξηρή βιομάζα (Dalianis et al., 1994b, Υπουργείο Γεωργίας, 2000, EUBIONET, 2003, ΚΑΠΕ, 2004, Makridis et al., 2004) και τους 1,45 t/στρέμμα σε σάκχαρα (Claassen et al., 2004).

Γ. ΜΕΡΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στοχοθεσία της εργασίας:

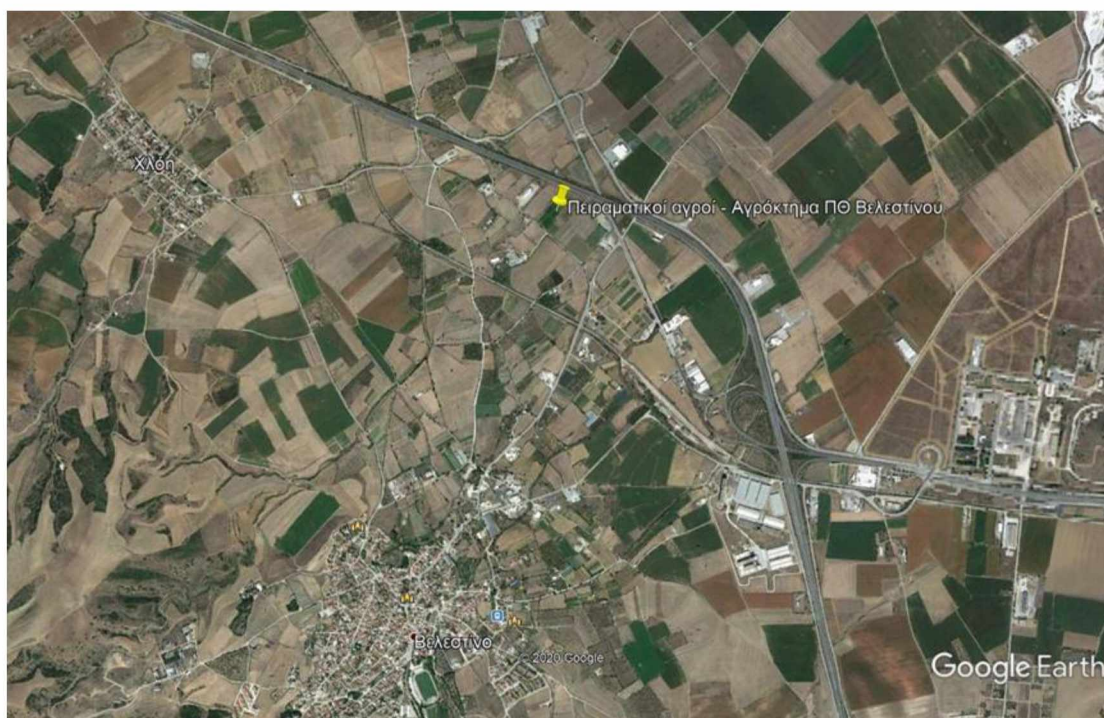
Όμως η παρούσα εργασία βασικά θα εξετάσει και θα επικεντρωθεί ειδικώς στον παράγοντα της λίπανσης, εξειδικεύοντας την ερευνά και μελέτη στην επίδραση της Αζωτούχου λίπάνσεως στην καλλιέργεια, σε συνδυασμό με την καλλιεργητική τεχνική της αμειψισποράς, με την καλλιέργεια κάποιου ψυχανθούς π.χ. μπιζελιού.

Γ1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Γ1.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

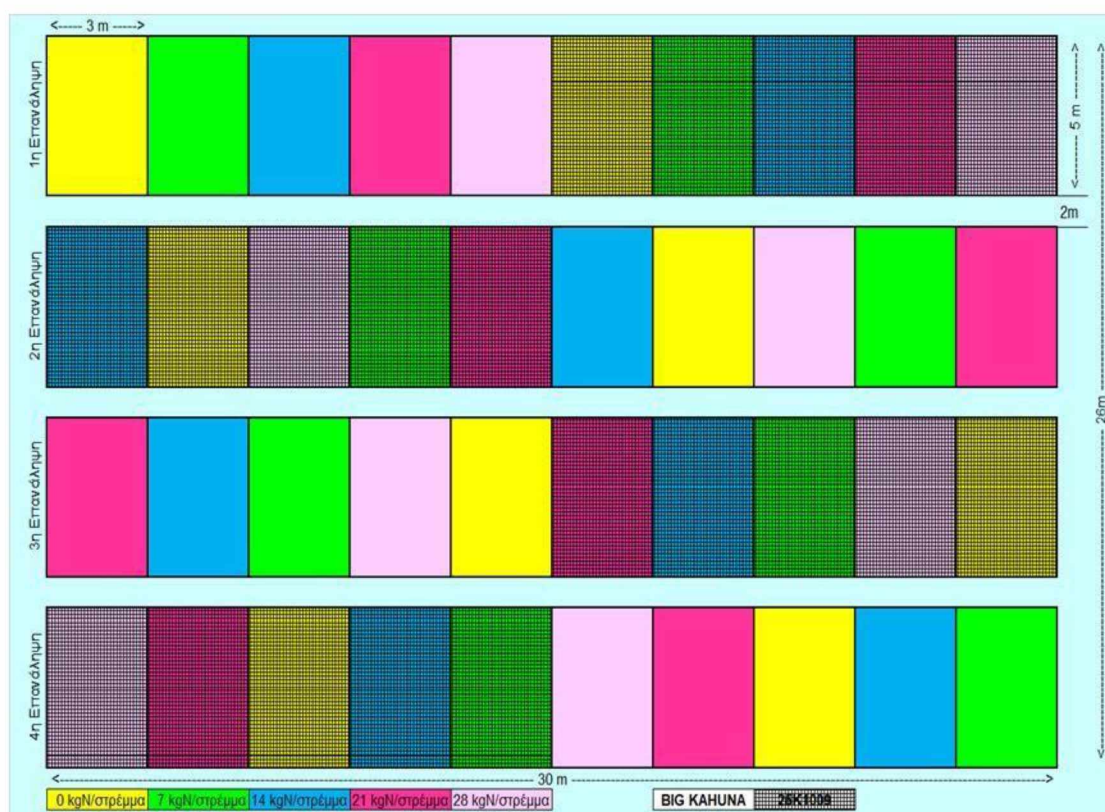
Στοιχεία του ερευνητικού έργου

Για τη διεξαγωγή του πειράματος εγκαταστάθηκαν πειραματικοί αγροί στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο (Μαγνησίας) την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 (Εικ. 1). Πιο συγκεκριμένα εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός αρχικά με κτηνοτροφικό μπιζέλι το φθινόπωρο του 2018 το οποίο ενσωματώθηκε και μετέπειτα έγινε σπορά των δύο κυριότερων ποικιλιών σόργου από τις έξι που είχαν επιλεγεί (μία για κάθε οίκο εισαγωγής, Ιταλία και Αμερική, κατόπιν σύγκρισης μεταξύ τους από την περιγραφή των χαρακτηριστικών).



Εικόνα 1: Αγρόκτημα ΠΘ Βελεστίνου, πειραματικοί αγροί.

Στο πειραματικό αγρό (Εικ. 2) ακολουθήθηκε για την καλλιέργεια του σόργου το σχέδιο των τυχαιοποιημένων ομάδων σε τεμάχια με υποτεμάχια (split-plot design) όπου στα κύρια τεμάχια σπάρθηκαν οι δύο πιο σημαντικές ποικιλίες σόργου (Big Kahuna και 25K1009) και στα υποτεμάχια εφαρμόστηκαν τα πέντε επίπεδα αζωτούχου λίπανσης (0N, 7N, 14N, 21N και 28N με 0, 7, 14, 21 και 24 kg N/στρέμμα, αντίστοιχα) σε τεσσέρις επαναλήψεις, δηλαδή συνολικά 40 τεμάχια. Οι διαστάσεις του κάθε τεμαχίου ήταν 3 m πλάτος και 5 m μήκος δηλαδή έκτασης 15 m².



Εικόνα 2: Πειραματικό σχέδιο δύο ποικιλιών σόργου.

Εδαφοκλιματική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία για την εκτίμηση των εδαφικών χαρακτηριστικών με ανάλυση από διάφορα σημεία του πειραματικού αγρού σε βάθος 0-30 cm και 30-60 cm. Για τις καιρικές συνθήκες που επικράτησαν όλη την ερευνητική περίοδο λήφθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Οι μέσες κλιματικές τιμές των βροχοπτώσεων και της θερμοκρασίας είναι για την περιοχή της Ν. Αγχιάλου λόγω του ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή του Βελεστίνο.

Γ1.2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Αρχικά το φθινόπωρο έγινε σπορά του κτηνοτροφικού μπιζελιού (ποικιλία Olympus, 21 Νοεμβρίου 2018) με ποσότητα σπόρου 14 kg/στρέμμα. Η καλλιεργητικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για το σχηματισμό της σποροκλίνης ήταν το όργωμα, στη συνέχεια ο βαρύς καλλιεργητής για την εξομάλυνση του αγρού και στη συνέχεια περιστροφικός καλλιεργητής. Αντί της συγκομιδής της παραγόμενης βιομάζας του μπιζελιού, πραγματοποιήθηκε ενσωμάτωση της προκειμένου να εκτιμηθούν οι θρεπτικές ουσίες αζώτου που παρέχονται στην επόμενη καλλιέργεια σόργου. Η ενσωμάτωση της βιομάζας του μπιζελιού πραγματοποιήθηκε με άροση. Η ενσωμάτωση πραγματοποιήθηκε στις 29/5/2019.

Στη συνέχεια σπάρθηκαν στον αγρό οι δύο ποικιλίες αφού είχε προηγηθεί κατεργασία του αγρού με βαρύ καλλιεργητή καθώς και περιστροφικό. Η σπορά του σόργου πραγματοποιήθηκε στις 6 Μαΐου 2019 με σπαρτική μηχανή γραμμικών καλλιεργειών.

Για την λίπανση, δεν έγινε εφαρμογή βασικής λίπανσης, αλλά εφαρμόστηκε στις 20 Ιουλίου του 2019, επιφανειακή αζωτούχος λίπανση (ουροθειϊκή αμμωνία, 40-0-0) χειρωνακτικά σύμφωνα πάντα με τα επίπεδα λίπανσης τα οποία και αναφέρονται στο πειραματικό σχέδιο. Μετά το στάδιο του φυτρώματος πραγματοποιήθηκε χημική ζιζανιοκτονία με σκοπό την εξουδετέρωση πλατύφυλλων ζιζανίων, ενώ για τα αγρωστώδη δεν εφαρμόστηκε κάποιο σκεύασμα το οποίο και να είναι εγκεκριμένο με αποτέλεσμα να υποφέρει έντονα η καλλιέργεια από *Sorghum halepense* (βέλιουρα) που ανήκει στο ίδιο γένος με το καλλιεργούμενο σόργο και έγινε προσπάθεια καταπολέμησής του χειρωνακτικά.

Η τελική συγκομιδή σόργου πραγματοποιήθηκε στις 25 Οκτωβρίου και αφορούσε την κοπή ενός μέτρου φυτού από κάθε πειραματικό τεμάχιο στη γραμμή φύτευσης σε μία από τις ενδιάμεσες γραμμές κάθε τεμαχίου. Τα φυτά ζυγίστηκαν και στη συνέχεια επιλέχθηκαν δύο αντιπροσωπευτικά φυτά για την αξιολόγηση της περιεκτικότητας σε υγρασία και των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους στο εργαστήριο.

Γ1.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Για την εκτίμηση της απόδοσης των διαφορετικών καλλιεργειών στο τέλος του βιολογικού τους κύκλου, έγιναν δειγματοληψίες φυτών. Κάθε δειγματοληψία περιλάμβανε την κοπή του υπέργειου τμήματος των φυτών που περικλείονταν εντός δύο τυχαίων τετράγωνων πλαισίων (50 cm x 50 cm = 0,25 m²) συνολικού εμβαδού 0,5 m² από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Αρχικά γινόταν καταγραφή του συνολικού χλωρού βάρους των φυτικών αυτών δειγμάτων. Στη συνέχεια επιλεγόταν ένα αντιπροσωπευτικό υπόδειγμα φυτών από το συνολικό δείγμα από κάθε τεμάχιο και ζυγίζόταν το χλωρό βάρος του πριν οδηγηθεί για ξήρανση. Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 60°C. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν:

- Μέτρηση χλωρού βάρους.
- Μέτρηση του ξηρού βάρους.
- Εκτίμηση της απόδοσης σε καρπό στα καρποδοτικά φυτά

Στη συνέχεια και αφού τα δείγματα είχαν αποξηρανθεί ακολούθησε ο θρυμματισμός τους για την εκτίμηση της ποιότητας των χαρακτηριστικών των φυτικών υλικών μέσω του αναλυτή NIR (DA 7250 NIRanalyzer, Perten Instruments, Hägersten, Sweden).

Οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν (ως ποσοστό %) ήταν η τέφρα (ASH), η πρωτεΐνη, ο παράγοντας ουδέτερης αντιδράσεως ίνας (NDF), ο όξινης αντιδράσεως ίνας (ADF), οι ακατέργαστες ίνες (Crude fiber), τα λίπη (Fat), το ασβέστιο (Calcium) και ο φώσφορος (Phosphorus).

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυτού υποδηλώνονται με τους παράγοντες NDF, ADF, Crude fiber όπου έχουν άμεση σχέση με την ηλικία και το αναπτυξιακό στάδιο της καλλιέργειας. Οι τιμές NDF και ADF εκτιμούν την περιεκτικότητα των ζωοτροφών σε λιγνίνη, κυταρίνη, ημικυτταρίνες και αδιάλυτα ανόργανα συστατικά. Για την εκτίμησή τους στο πρώτο χρησιμοποιείται διάλυμα ουδέτερης αντιδράσεως ενώ το δεύτερο χρησιμοποιείται διάλυμα όξινης αντιδράσεως.



Εικόνα 3 : Θρυμματισμός αποξηραμένων φυτικών υλικών



Εικόνα 4: Αναλυτής NIR (Φασματοφωτόμετρο).

Γ2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Γ2.1 Έδαφος

Το έδαφος χαρακτηρίζεται ως αργιλώδες με αλκαλική αντίδραση τόσο στον επιφανειακό όσο και στον υπό-επιφανειακό εδαφικό ορίζοντα. Είναι ιδιαίτερα γόνιμο με ποσοστό οργανικής ουσίας 2,91% σε βάθος 0 – 30 cm και 1,86% στα 30 – 60 cm. Αυτό αποτελεί αρχικώς ένδειξη ανοργανοποίησης υψηλότερου ποσοστού οργανικού αζώτου έναντι του μέσου όρου των ελληνικών εδαφών. Δηλαδή χωρίς την προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων μπορεί να επιτευχθεί απόδοση των καλλιεργειών μεγαλύτερη του μέσου όρου των αλίπαντων εκτάσεων της χώρας. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) παρουσιάζεται αναλυτικά η σύσταση στο έδαφος του πειραματικού αγρο που χρησιμοποιήθηκε.

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

Πίνακας 1: Εδαφικές ιδιότητες των επιφανειακών (0-30 cm) και υπό-επιφανειακών οριζόντων (30-60 cm).

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

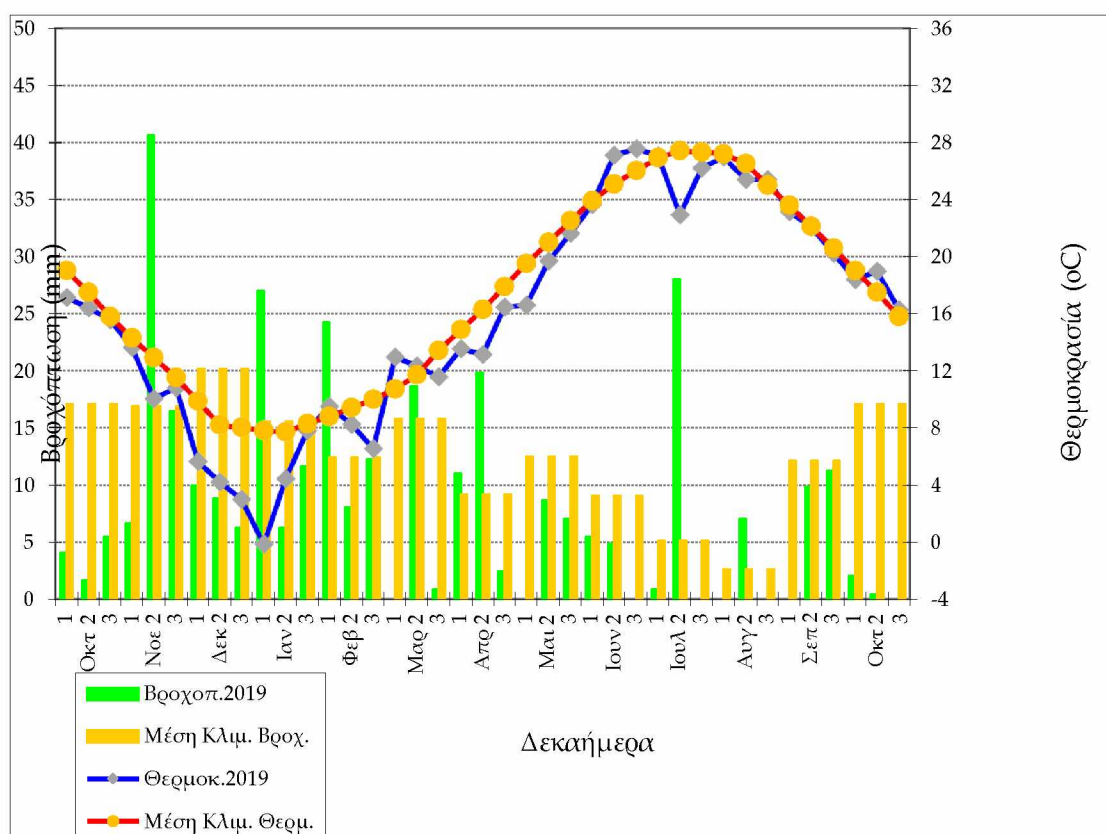
Πίνακας 2: Περιεκτικότητα μακροθρεπτικών και ιχνοστοιχείων των επιφανειακών (0-30 cm) και υπό-επιφανειακών οριζόντων (30-60 cm).

Σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα η περιεκτικότητα του εδάφους σε μακροθρεπτικά και ιχνοστοιχεία κρίνεται ικανοποιητική.

Γ2.2 Καιρικές συνθήκες

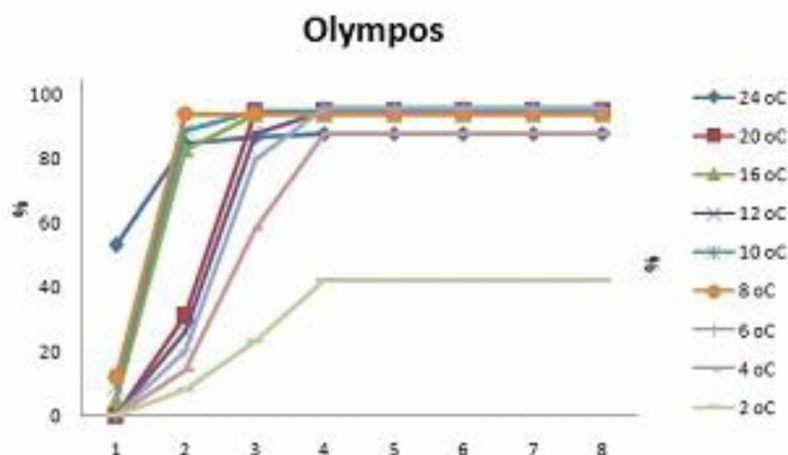
Από τη σπορά του κτηνοτροφικού μπιζελιού (21/11/2018) επικράτησαν χαμηλές για την εποχή θερμοκρασίες με αποτέλεσμα την καθυστέρηση του φυτρώματος (Διάγρ. 1). Από τα τέλη Ιανουαρίου 2019 και μετά επικράτησαν κανονικές για την περιοχή θερμοκρασίες με μικρές διακυμάνσεις.

Ως προς τις βροχοπτώσεις, από τη σπορά μέχρι και τον Απρίλιο του 2019 καταγράφηκε ένα έλλειμα περί τα 50 mm σε σχέση με τη μέση κλιματική της ευρύτερης περιοχής, με τα 30 mm από αυτά το Μάρτιο που είναι η περίοδος της έντονης αύξησης των χειμερινών φυτών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την παρατηρούμενη καθυστέρηση της αύξησής τους. Ευτυχώς οι βροχοπτώσεις των πρώτων ημερών του Απριλίου ήρθαν να μετριάσουν αυτό το έλλειμα και να δώσουν ώθηση στην αύξηση των χειμερινών φυτών. Κατά τους θερινούς μήνες καταγράφηκε μη σημαντικό έλλειμα στις βροχοπτώσεις (περί τα 15 mm) έναντι της μέσης κλιματικής. Το δεύτερο δεκαήμερο του Ιουλίου σημειώθηκαν σημαντικές βροχοπτώσεις (28 mm), που συνοδεύτηκαν και από αισθητή πτώση της θερμοκρασίας.



Διάγραμμα 1. Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά δεκαήμερο στο Βελεστίνο από Οκτώβριο 2018 μέχρι και Οκτώβριο 2019.

Η ποικιλία του μιτζελιού ήταν η *Pisum arvense*: Olympos (Διάγραμμα2). Στους 24°C, ο ρυθμός βλάστησης έφθασε το 50% από την πρώτη ημέρα. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, η βλάστηση επιτεύχθηκε τη δεύτερη ή την τρίτη ημέρα, ενώ στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες αυξήθηκε ο αριθμός των ημερών που χρειάστηκε. Στην περίπτωση των 2°C βλάστησαν το 50% των σπόρων, χαρακτηρίζοντας την καλλιέργεια πιο ανθεκτική σε χαμηλές θερμοκρασίες.



Διάγραμμα 2. Ποσοστό βλάστησης σπόρων του *Pisum arvense* (Olympos) για τις διαφορετικές θερμοκρασίες δοκιμής.

Η απόδοση σε βιομάζα του κτηνοτροφικού μπιζελιού έφτασε τα 1771 kg/στρ. με υγρασία 62%. Το ξηρό βάρος υπολογίστηκε στα 673 kg/στρ. Η πρωτεΐνη επί ξηρού 11,72%. Οι τιμές των υπόλοιπων ποιοτικών χαρακτηριστικών ήταν για τη στάχτη 5,2%, NDF 39,6%, ADF 21,5%, ακατέργαστες ίνες 27,7%, λιπαρά 2,17%, ασβέστιο 0,26% και φώσφορος 0,18%.

Γ2.3 Αύξηση και ανάπτυξη καλλιιεργειών

Παρατίθεται πίνακας με τα χαρακτηριστικά απόδοσης των 2 ποικιλιών που μελετήθηκαν σε αγρό όπου είχε προηγηθεί καλλιέργεια μπιζελιού για ενσωμάτωση (χλωρή λίπανση).

Μεταβλητές		Χλωρή Βιομάζα (kg/στρ.)	Ξηρή Βιομάζα	Υγρασία (%)	N	N στη βιομάζα (kg/στρ.)	N βιομάζας - N λίπανσης	Αποδοτι- κότητα χρήσης N (%)
Παράγοντες								
Ποικιλίες ς σόργου	Big Kahuna	8658	1581	81,71	1,03	16,2		
	25K1009	8542	1794	79,07	0,96	17,23		
ΕΣΔ.05		ns	ns	ns	ns	ns		

Αζωτο (kg/στρ.)	0	7590	1503	79,85	0,84	12,63	0,00		
	7	8541	1683	80,41	1,01	16,81	4,18	59,71	
	14	9389	1814	80,64	1,00	17,89	5,26	37,57	
	21	8738	1699	80,78	1,01	17,37	4,74	22,57	
	28	8740	1740	80,26	1,11	18,87	6,24	22,29	
<i>ΕΣΔ.05</i>		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>0,109</i>	<i>3,301</i>			
Ποικιλίες σόργου X Αζωτο (kg/στρ.)	Big Kahuna	0	8472	1459	82,76	0,84	12,38	0,00	
		7	8340	1588	80,78	1,04	16,56	4,18	59,71
		14	9388	1618	82,61	1,03	16,67	4,29	30,64
		21	8622	1615	81,34	1,05	17,05	4,67	22,24
		28	8465	1627	81,04	1,16	18,35	5,97	21,32
	25K1009	0	6708	1548	76,94	0,83	12,88	0,00	
		7	8742	1777	80,04	0,98	17,06	4,18	59,71
		14	9390	2010	78,66	0,96	19,12	6,24	44,57
		21	8852	1784	80,23	0,98	17,69	4,81	22,90
		28	9015	1853	79,49	1,05	19,38	6,50	23,21
<i>ΕΣΔ.05</i>		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>			
<i>CV (%)</i>		<i>14,4</i>	<i>21,1</i>	<i>2,9</i>	<i>10,6</i>	<i>19,1</i>			

Πίνακας 3. Απόδοση 2 ποικιλιών σόργου στον υπό μελέτη αγρό.

Η βιομάζα της προηγούμενης καλλιέργειας (κτηνοτροφικό μιζέλι) ενσωματώθηκε στο έδαφος και κατόπιν έγινε η σπορά του σόργου. Αυτό φαίνεται ότι επίδρασε θετικά στην απόδοση τόσο σε χλωρή όσο και σε ξηρή βιομάζα (Πίν. 3). Η προσθήκη 14 kg/στρ. αζώτου φαίνεται ότι έδωσε τις υψηλότερες αποδόσεις αν και οι διαφορές δεν είναι στατιστικώς σημαντικές. Από τις αλληλεπιδράσεις φαίνεται ότι και στις δύο ποικιλίες η προσθήκη αζώτου πέραν των 14 μονάδων δεν ωφέλησε τις αποδόσεις. Η υγρασία στην ποικιλία “Big Kahuna” διατηρήθηκε σε επίπεδο (\square 82%), ενώ στην ποικιλία “25K1009” αντίστοιχα σημείωσε αύξηση κατά 3% περίπου.

Στο περιεχόμενο άζωτο στους φυτικούς ιστούς δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο ποικιλιών. Στα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης ο μάρτυρας (0N) παρουσίασε σημαντική υστέρηση έναντι των υπολοίπων. Το ίδιο παρατηρείται και στις αλληλεπιδράσεις.

Ως προς την αποδοτικότητα χρήσης του αζώτου φαίνεται καταρχήν η υψηλή βασική απορρόφηση που κυμάνθηκε μεταξύ 12 και 13 kg/στρ. περίπου. Από τα 7 kg/στρ. που προστέθηκαν με λίπανση αξιοποιήθηκαν από τις δύο ποικιλίες τα 4,18 ή το 60% περίπου από τα

14 kg/στρ. Η ποικιλία “Big Kahuna” αξιοποίησε τα 4,29 ρίχνοντας το αντίστοιχο ποσοστό στο 30% περίπου και από τα επόμενα δύο επίπεδα αζώτου (21 και 28 kg/στρ.) αξιοποίησε περίπου το 22%. Η ποικιλία “25K1009” αξιοποίησε από τα 14 kg/στρ. αζωτούχου λίπανσης το 45% περίπου και από τα δύο μεγαλύτερα επίπεδα το ποσοστό έπεσε στο 23% περίπου.

Μεταβλητές		Πρωτεΐνη	Στάχτη	NDF	ADF	Ακατέργαστες ίνες	Λιπαρά	Ασβέστιο	Φώσφορος	
Παράγοντες										
Ποικιλίες εξ σόργου	Big Kahuna	6,41	5,31	56,66	33,62	41,46	1,51	0,30	0,17	
	25K1009	6,01	6,01	57,32	34,01	43,15	1,50	0,34	0,20	
ΕΣΔ _{.05}		<i>ns</i>	<i>0,438</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>Ns</i>	<i>ns</i>	<i>Ns</i>	
Αζωτο (kg/στρ.)	0	5,24	5,87	57,03	33,70	42,77	1,59	0,33	0,19	
	7	6,33	5,84	58,12	34,72	43,00	1,45	0,32	0,19	
	14	6,22	5,81	57,36	34,07	42,05	1,53	0,32	0,18	
	21	6,34	5,22	56,23	33,32	41,87	1,49	0,29	0,15	
	28	6,91	5,64	56,22	33,27	41,84	1,48	0,32	0,21	
ΕΣΔ _{.05}		<i>0,680</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
Ποικιλίες σόργου X Αζωτο (kg/στρ.)	Big Kahuna	0	5,26	5,41	56,85	33,50	42,76	1,60	0,32	0,19
		7	6,51	5,50	57,49	34,29	42,30	1,44	0,30	0,16
		14	6,44	5,36	58,13	34,75	42,13	1,52	0,30	0,17
		21	6,54	4,79	54,91	32,36	40,64	1,54	0,27	0,16
		28	7,27	5,47	55,92	33,20	39,46	1,47	0,30	0,17
	25K1009	0	5,21	6,34	57,20	33,91	42,78	1,57	0,35	0,18
		7	6,15	6,19	58,74	35,14	43,69	1,47	0,35	0,22
		14	6,00	6,26	56,58	33,40	41,97	1,54	0,35	0,18
		21	6,14	5,64	57,22	34,29	43,10	1,44	0,32	0,15
		28	6,55	5,80	56,53	33,34	44,22	1,50	0,33	0,25
ΕΣΔ _{.05}		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
CV (%)		<i>10,6</i>	<i>9,2</i>	<i>3,8</i>	<i>4,7</i>	<i>5,8</i>	<i>7,1</i>	<i>10,9</i>	<i>35,5</i>	

Πίνακας 4: Ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη ποικιλιών Σόργου σε αγρό όπου προηγήθηκε καλλιέργεια μπιζελιού για ενσωμάτωση (χλωρή λίπανση).

Παρατηρώντας τις τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών στο παραπάνω πίνακα(Πίν. 4) φαίνεται ότι στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται σε ελάχιστες περιπτώσεις. Οι δύο ποικιλίες διέφεραν σημαντικά μόνο ως προς το ποσοστό στάχτης, ενώ στα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης μόνο ο μάρτυρας (0N) υστέρησε στατιστικώς σημαντικά έναντι των άλλων, όπως και το επίπεδο των 14N έναντι των 28N. Η ενσωμάτωση του μπιζελιού φαίνεται ότι αύξησε την περιεχόμενη πρωτεΐνη και τη στάχτη των δύο ποικιλιών στα δύο πρώτα επίπεδα αζώτου. Τα υπόλοιπα ποιοτικά χαρακτηριστικά δεν φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά.

Γ3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διεκπεραίωση του πειράματος έγινε εμφανής η ζημία που είχε προκληθεί από το επηρεασμό του ζιζανίου βέλιουρα (*Sorghum halepense*) στη καλλιέργεια μας με αποτέλεσμα την αισθητή μείωση της απόδοσης. Συνεπώς πρέπει να αποφεύγονται αγροί με μεγάλο πληθυσμό βέλιουρα επειδή η χημική καταπολέμησή του είναι αδύνατη αφού ανήκει στο ίδιο γένος με το σόργο. Γενικά οι μελέτες και οι στατιστικές αναλύσεις που προέκυψαν από τα αποτελέσματα που έδωσαν οι δύο ποικιλίες σόργου (Big Kahuna,, 25K1009) εμφανίζονται αυξημένες ανεξαιρέτως του ανταγωνισμού του ζιζανίου. . Μεταξύ τους δεν παρουσιάζουν σημαντική διαφορά, αν και η “25K1009” υπερέχει αριθμητικά, ενδεχομένως και λόγω του υψηλού δείκτη παραλλακτικότητας.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί και η σημαντική συνεισφορά στις αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή βιομάζα των δύο ποικιλιών από την επίδραση της προηγούμενης καλλιέργειας ψυχανθούς στον αγρό.. Βέβαια η χλωρή λίπανση που πραγματοποιήθηκε με κτηνοτροφικό μπιζέλι βελτίωσε τις δύο ποικιλίες μόνο ως προς τα χαρακτηριστικά της περιεχομένης πρωτεΐνης και στάχτης ενώ τα υπόλοιπα ποιοτικά χαρακτηριστικά δεν παρουσίασαν κάποια αύξηση. Στη περίπτωση της προσθήκης των 14 kg/στρ. αζώτου είχαμε την υψηλότερη απόδοση χωρίς να υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές με τις υπόλοιπες. Αυτό σημαίνει ότι η επιπλέον προσθήκη αζώτου δεν ωφέλησε σημαντικά στις αποδόσεις με τις δύο ποικιλίες να δίνουν παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

- ❖ Ασπρούδας Ν. και Αγγελόπουλος Κ., 1999.)Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή βιομάζας από βιολογική καλλιέργεια γλυκού σόργου *Sorghum bicolor* (L.)
- ❖ Βερεσόγλου, Δ. Σ. (1996). Σημειώσεις γενικής οικολογίας. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- ❖ Γεωργακόπουλος Α.(1933). 19 πλουτοφόρα φυτά: ήτοι σόργον του Σουδάν, βελουδοφάσουλο, σύνφυτον το ξενικόν, κτηνοτροφικές κολοκύθες, σήκιον το εδώδιμον, αλιμιά, αγκινάρα.
- ❖ Δαναλάτος Ν. 2008. Σημειώσεις Γενικής Γεωργίας.Ηλιάδης, Κ. 1992β. Φακή. Υπουργείο Γεωργίας, Έκδοση Διεύθυνσης Γεωργικών Εφαρμογών, Αθήνα.
- ❖ Δαναλάτος Ν., Αρχοντούλης Σ., 2008. Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων Αγριαγκινάρας Ηλιάνθου, Σόργου, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα φυτικής παράγωγης και αγροτικού περιβάλλοντος, Εργαστήριο γεωργίας και εφαρμοσμένης φυσιολογίας φυτών.
- ❖ Δαλιάνης Δ.Κ., 1993. Ψυχανθή για καρπό και σανό. Εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε., Αθήνα.
- ❖ Ελευθεροχωρινός (1996) Ζιζανιολογία -ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΑΓΡΟΤΥΠΟΣ, ΑΘΗΝΑ, 1996
- ❖ Καμπρανής Α., 2007. Βιολογική καλλιέργεια γλυκού σόργου [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] για παραγωγή βιομάζας.Η επίδραση της έλλειψης νερού στην εδαφική υγρασία σε φυσιολογικές τιμές και στις αποδόσεις της καλλιέργειας
- ❖ Καμπρανής Α., 2007. Βιολογική καλλιέργεια γλυκού σόργου για παραγωγή βιομάζας
- ❖ 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.
- ❖ Κ. Κίττας, Θ. Γέμτος, Σ. Φουντάς, Θ. Μπαρτζάνας: « Βιοκάυσιμα και ενεργειακές καλλιέργειες»
- ❖ Παπακώστα, Δ. (1996) «Σημειώσεις ειδικής γεωργίας Ι (σιτηρά, ψυχανθή, χορτοδοτικά φυτά)», Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Θεσσαλονίκη
- ❖ Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. 2005. Ψυχανθή (Καρποδοτικά-Χορτοδοτικά). Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Αθήνα.

- ❖ Σφήκας Α., 1995. Ειδική Γεωργία Ι (Σιτηρά, Ψυχανθή και Χορτοδοτικά Φυτά), Α.Π.Θ Υπηρεσία δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη
- ❖ Υπουργείο Γεωργίας, (2000) Ενεργειακή Γεωργία - Βιομάζα (Κεφάλαιο 4). Πρακτικά συνεδρίου συνάντησης εργασίας "Γεωργία και Περιβάλλον".

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- ❖ Alexopoulou E., Chatziathanassiou A., Panoutsou C., Koutoukidis A., Tsakiris S., Drimaki E. 2000. Yields and Public Perception of Sweet Sorghum Grown in Demonstrative Fields of Northern Greece. In: 1 st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June 2000, pp. 1638-1641.
- ❖ Almodares, A., Jafarinia M., & Hadi, M. R. (2009) The Effects of Nitrogen Fertilizer on Chemical Compositions in Corn and Sweet Sorghum. American-Eurasian J. Agric.& Environ. Sci., 6 (4): 441-446.
- ❖ Anthony Bly,(2015) Sorghum Nutrient Requirements SDSU Agronomy, Horticulture and Plant Science Department.
- ❖ Amaducci, S., Monti, A. and Venturi, G. (2004). Non-structural carbohydrates and fibre components in sweet and fibre sorghum as affected by low and normal input techniques. Industrial Crops and Products 20: 111-118.
- ❖ Bassam N. El. 1998. Energy plant species. 18-49
- ❖ Berenji & Dahlberg, (2004) Perspectives of Sorghum in Europe Volume190, Issue5 October 2004 , (332-338).
- ❖ Berenguer, M. J., and Faci, J. M., 2000. Sorghum {Sorghum Bicolor L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. Department of Soils and Irrigation, Agricultural Research Service (S1A), Agronomy and Environment Laboratory (DGACSIC), P.O. European Journal of Agronomy Volume 15, Issue 1, September 2001, pp. 43-55.
- ❖ BioMatNet,(2000) SORGHUM: Environmental studies on sweet and fibre sorghum sustainable crops for biomass and energy. 2000 Progress Report Executive Summary (FAIR-CF96-1913)
- ❖ Biomass guide, ΚΑΠΕ, 2005.
- ❖ Chiaramonti D, A Agterberg, G Grassi, HP Grimm (2002) Large bioethanol project from Sweet Sorghum in China and Italy (ECHIT): Description of site, process schemes and main products - 12th European Conference.

- ❖ 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).
- ❖ 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).
- ❖ Danalatos N.G. and Archontoulis SV. 2004. Potential growth and biomass productivity of kenaf under central Greek conditions: I. The influence of fertilization and irrigation. In: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection Van Swaalj, W.P.M., Fjalstrom. T., Helm, P., Grassi, A. (Ed.),. Proceedings of the 2nd World Biomass Conference, 10-14 May, Roma, Italy, pp.323-326.
- ❖ Danalatos N.G. and Archontoulis SV. 2005. Irrigation and N-fertilization effects on Kenaf growth and biomass productivity in central Greece, hi; M.J Pascual-Villalobos, F.S. Nakayama, C.A. Bailey, E. Correal and W.W. Schloman. Jr. Proceeding of 2005 Annual Meeting of the Association for Advancement of Industrial Crops: International Conference on Industrial Crops and Rural Development 17-21 September 2005, Murcia, Spain, pp.879-888.
- ❖ Dalianis C., Christou M., Sooter S., Kyritsis S., Zafiris Ch., Samiotakis G. 1994. Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilization Rates on Growth and Productivity of Sweet Sorghum. In: Biomass for Energy and Industry. Proc. 7 th EU Biomass Conference. Ed. Hall et al., Ponte Press, Bochum, Germany, pp. 1220-1227.
- ❖ Dercas, P. N., Panoutsou S. C., Dalianis D. C., Sooter A. Ch. 1995. Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Response to Four Irrigation and Two Nitrogen Fertilization Rates. In: Biomass for Energy, Agriculture and Industry. Proc. 8 th EU Biomass Conference. Ed. Chartier, et al., Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 629-639.
- ❖ Doggett, H. (1969). Yields of hybrid sorghum. Expl. Agric. 5, 1-10. Doggett, H. (1988). Sorghum, Longman Scientific & Technical, Canada.
- ❖ Duke, J. A. (1983). Sorghum bicolor (L.) Moench. Handbook of energy crops.
- ❖ Duke, (1983) Handbook of energy crops Purdue University - [Corporate Author] Center for New Crops and Plant Products.

- ❖ Duodu, K. G., Taylor, J. R. N., Belton P. S., and Hamaker B. R., 2002. Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science* Volume 38, Issue 2, September 2003, pp. 117-131
- ❖ EECI (1999c). Fiber sorghum, a promising annual crop for biomass production in Greece. *European Energy Crops Internetwork*.
- ❖ FAO, (1990) 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.
- ❖ 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, W. S. and Mask, P. L. (2006a). Sorghum diseases. Auburn University.
- ❖ LAMNET (2006a). Brochures and leaflets: Sweet sorghum - One of the best world food-feed-energy crop. Latin America Thematic Network on Bioenergy.
- ❖ LAMNET (2006a). Brochures and leaflets: Sweet sorghum - One of the best world food-feed-energy crop. Latin America Thematic Network on Bioenergy.
- ❖ LAMNET (2006a). Brochures and leaflets: Sweet sorghum - One of the best world food-feed-energy crop. Latin America Thematic Network on Bioenergy.
- ❖ LAMNET (2006b). Technological leaflets: Biofuel for transport. Latin America Thematic Network on Bioenergy.
- ❖ LAMNET (2006c). Technological leaflets: Modern bioenergy village complex- Integrated production of food, animal feed, energy. Latin America Thematic Network on Bioenergy.
- ❖ LAMNET (2006d). Technological leaflets: Refined biofuels: Pellets and briquettes. Latin America Thematic Network on Bioenergy.
- ❖ Ludlow, M.M., and R.C. Muchow. 1990. A critical evaluation of the traits for improving crop yields in water limited environments. *Adv. Agron.* 43:107–153.
- ❖ Makridis, M., Nikolaou, A., Djouras, N. and Panoutsou, C. (2004). Agricultural biomass in Greece: current and future trends. In: *Biomass and Agriculture: sustainability, markets and policies* (pp. 363-376). OECD Publication Service, Paris, September 2004.
- ❖ Martin (1936) Sorghum improvement -*Yearbook of agriculture*, 1936 , (523-560).
- ❖ Monteith, J.L., 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Phil.Trans. R. Soc. Lond. Series B* 281, 277–294

- ❖ 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).
- ❖ Negro, M. J., Solano, M. L., Ciria, P. and Carrasco, J. (1999). Composting of sweet sorghum bagasse with other wastes. Bioresource Technology 67: 89- 92.
- ❖ Panoutsou, C. (2004). Strategic analysis for the future implementation of energy crops. Proceedings of the 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy (in press)
- ❖ Smith, C. W. and Frederiksen, R. A. (2000). Sorghum: origin, history, technology and production -John Wiley & Sons, Inc., USA.
- ❖ Winer, B.J., 1970. Statistical principles in experimental design. International student (ed.) McGraw-Hill Pub. Co., New York Wright H.E. 1976. Science 194 pp. 385-389
- ❖ Woods, (2001) The potential for energy production using sweet sorghum in southern Africa -Energy for Sustainable Development Volume 5, Issue 1,(31-38).

Άλλες Διαδικτυακές Πηγές [τελευταία πρόσβαση]

USDA, Natural Resources Conservation Service

<https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=SOBI2&display=31>

FAO, Land & Water

<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/sorghum/en/>

Research gate

https://www.researchgate.net/figure/Photo-showing-secondary-roots-of-sorghum-Source-Internet-Leaves-Sorghum-leaves-are_fig1_262673355

Botany One

<https://www.botany.one/2018/03/sorghum-root-system-classification-contrasting-phosphor-environments/>

Αποθετήριο https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5155/3/01_chapter_03.pdf

<http://agiorisnestanis.blogspot.com/2017/10/sorghum.html>

Native Plant Trust, GoBotany

<https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/sorghum/bicolor/llinois>

Wild Flowers <https://www.illinoiswildflowers.info/grasses/plants/sorghum.html>

Farm Table

<https://farmtable.com.au/build/irrigated-sorghum-best-practice-guide/43>

Sorghum ID <https://www.sorghum-id.com/en/successful-seed-sowing/>

Rasby & Martin, <https://beef.unl.edu/learning/feedanalysis.shtml>

GAIAPEDIA

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%9B%CE%AF%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7_%CF%83%CF%8C%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%85

Beijing Green Energy Institute (2005). Introduction of sweet sorghum

<http://www.sustainableagro.com/english/EN-tgl1.htm>

Biomass guide, ΚΑΠΕ, 2005. www.cres.gr/energysaving/images/pdf/biomass

Freeman, K. C., Broadhead, D. M. and Zummo, N. (1973). Culture of sweet sorghum for sirup production. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 411.

<http://www.wvu.edu/~agexten/forglvst/Bulletins/441a.pdf>