



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



« Το Σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench) ως μια πολλά υποσχόμενη
καλλιέργεια στην Ελλάδα»

Μάντσος Ευάγγελος
ΑΕΜ: 1329

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ

Βόλος 2017



**ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 17232/1
Ημερ. Εισ.: 13/02/2018
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξινόμησης Κωδικός: ΠΤ-ΦΠΑΠ
2017
MAN

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

Μάντσος Ευάγγελος

« Το Σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench) ως μια πολλά υποσχόμενη
καλλιέργεια στην Ελλάδα»

Εξεταστική Επιτροπή

- Δαναλάτος Ν., Καθηγητής (Επιβλέπων)
- Δημήρκου Α., Καθηγήτρια (Μέλος)
- Σκουφογιάννη Ε., ΕΔΙΠ (Μέλος)

Βόλος 2017

Πτυχιακή Διατριβή που υποβλήθηκε στο τμήμα Γεωπονίας Φυτικής
Παράγωγης & Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ως
μερική υποχρέωση για τη λήψη πτυχίου του γεωπόνου.

1.Εισαγωγή	7
1.1 Βοτανική ταξινόμηση	8
1.2 Προέλευση - Ιστορικά στοιχεία	9
1.3 Βοτανικά - Μορφολογικά χαρακτηριστικά	11
1.4 Φαινολογία του σόργου	16
1.5 Οικολογία και Περιβαλλοντικές απαιτήσεις	18
1.5.1 Θερμοκρασία	19
1.5.2 Φωτοπερίοδος	20
1.5.3 Βροχόπτωση και Υγρασία	21
1.5.4 Έδαφος.....	23
2. Καλλιεργητική τεχνική.....	24
2.1 Εναλλαγή καλλιεργειών	25
2.2 Προετοιμασία εδάφους.....	25
2.3 Σπορά.....	27
2.5 Θρέψη-Αίπανση	29
2.5.1 Άζωτο	30
2.5.2 Φώσφορος - Κάλιο.....	33
2.6 Άρδευση.....	35
3. Αποδόσεις.....	36
4.Εχθροί – Ασθένειες.....	37
4.1 Γενικά.....	37
4.2Έλεγχος ασθενειών.....	40
4.3 Νηματώδεις	41
4.4Τροφопενίες και τοξικότητες θρεπτικών στοιχείων.....	42
Συμπεράσματα.....	43
Βιβλιογραφία	45

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου διατριβής κ. Ν. Γ. Δαναλάτο για την επιλογή του θέματος, τις πολύτιμες συμβουλές κατά την εκτέλεση των πειραμάτων και για τις διαφωτιστικές υποδείξεις και διορθώσεις στη συγγραφή του κειμένου της διατριβής.

Οφείλω ακόμα να ευχαριστήσω την Κα. Α. Δημήρκου Καθηγήτρια και τη Κα. Ε. Σκουφογιάννη., ΕΔΙΠ, του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για τη συμμετοχή τους στη τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια για τη διαρκή στήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Το πρόσφατο ενδιαφέρον για τους ανανεώσιμους ενεργειακούς πόρους, την προστασία του περιβάλλοντος, και η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης έχουν στρέψει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας κυρίως στο γλυκό σόργο για παραγωγή ενέργειας όπως επίσης και στο ινώδες σόργο. Επιπροσθέτως, το σόργο στην ανθρώπινη διατροφή και ως ζωοτροφή, καθώς επίσης και για διάφορες οικιακές χρήσεις, όπως, ως δομικό υλικό, για την κατασκευή φρακτών κλπ. Λαμβάνοντας υπόψη τις πολλαπλές χρήσεις του γλυκού και του ινώδες σόργου η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην παρουσίαση των σημαντικότερων πληροφοριών για την επιτυχή και αποδοτική ανάπτυξής του (*Sorgum bicolor L. Moench*).

Για την επίτευξη του ανώτερου σκοπού, η παρούσα πτυχιακή μελέτη απαρτίζεται από τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με βοτανική ταξινόμηση, προέλευση - ιστορικά στοιχεία, τα βοτανικά - μορφολογικά χαρακτηριστικά, φαινολογία του σόργου και τις οικολογικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις για την επιτυχή ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στις εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές τεχνικές σε όλα τα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας από την σπορά μέχρι και τη συγκομιδή. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται, η εναλλαγή καλλιεργειών, προετοιμασία εδάφους σπορά και η λίπανση της καλλιέργειας. Στοιχεία σχετικά με τις αποδόσεις του σόργου παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3, ενώ στο κεφάλαιο τέσσερα γίνεται εκτενής αναφορά στις παρασιτικές και μη παρασιτικές ασθένειες του σόργου.

Η πτυχιακή εργασία κλείνει με την παρουσίαση των κυριότερων συμπερασμάτων, όπως αυτά προέκυψαν κατά την εκπόνηση της.

1.Εισαγωγή

Το σόργο είναι το τέταρτο σημαντικότερο σιτηρό μετά το σιτάρι, το ρύζι και το καλαμπόκι και χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στη ανθρώπινη διατροφή και ως ζωοτροφή (Καραμάνος 1999, Alam, 2001).

Το σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench) διακρίνεται σε τέσσερις τύπους, ανάλογα με τη χρήση του, τα χαρακτηριστικά του φυτού και των σπόρων (Υπουργείο Γεωργίας, 2000, Berenji και Dahlberg, 2004):

1. καρποδοτικό σόργο που καλλιεργείται για παραγωγή καρπού,
2. σόργο του Σουδάν που καλλιεργείται ως σανοδοτικό,
3. σακχαρούχο ή γλυκό σόργο,
4. σόργο σαρωθοποιίας που χρησιμοποιείται στην κατασκευή σαρώθρων.

Τα υβρίδια του ινώδους ή κυτταρινούχου σόργου προέρχονται από διασταυρώσεις του καρποδοτικού σόργου με το σόργο σαρωθοποιίας.

Το ενδιαφέρον για βιώσιμη ανάπτυξη έχει ως αποτέλεσμα το πρόσφατο και συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη καλλιέργεια ειδών σόργου για ενεργειακούς σκοπούς.

Τα τελευταία 15 χρόνια έχουν εκπονηθεί πολυάριθμες μελέτες και προγράμματα έρευνας και τεχνολογίας σε πολλές χώρες, κυρίως ευρωπαϊκές, σχετικά με το ενεργειακό δυναμικό του γλυκού και του ινώδους σόργου, την προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητά τους σε διαφορετικές οικολογικές συνθήκες και καλλιεργητικές πρακτικές καθώς και την αξιοποίησή τους σε διάφορες άλλες βιομηχανικές χρήσεις.

Το γλυκό και το ιώδες σόργο είναι φυτά ανθεκτικά στην έλλειψη νερού, έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε άζωτο και παρουσιάζουν πολύ υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (Moncada, 1994, EECI, 1999, EECI, 1999c). Το υψηλό παραγωγικό δυναμικό των παραπάνω γενοτύπων σόργου τόσο σε οριακές οικολογικές συνθήκες (Amaducci et al., 2004) όσο και με χαμηλά επίπεδα εισροών (Buxton et al., 1999,

EECI, 1999, BioMatNet, 2000, Woods, 2001) είναι οι κύριοι λόγοι του συνεχώς αυξανόμενου ενδιαφέροντος των ερευνητών για την καλλιέργεια. Επιπλέον αποτελούν πρώτη ύλη για ένα ευρύ φάσμα προϊόντων ενεργειακών, βιομηχανικών, διατροφικών και ζωοτροφής.

1.1 Βοτανική ταξινόμηση

Πριν την περιγραφή του σόργου από το Linnaeus, αυτό αναφερόταν με διάφορες λατινικές ονομασίες όπως *Milium indicum* ή *Melica sive Sorghum*. Ο Πλίνιος έδωσε την πρώτη γραπτή περιγραφή του σόργου τον πρώτο αιώνα, ενώ δεν υπάρχει κάποια αξιόπιστη καταγεγραμμένη αναφορά μέχρι το δέκατο έκτο αιώνα, εκτός από κάποια αναφορά του κινέζου Wangzhen το 1313. Το 1753 ο Linnaeus κατέταξε το σόργο στο γένος *Holcus* ενώ αργότερα ο Moench διαφοροποίησε το γένος *Sorghum* από το γένος *Holcus* (Smith and Frederiksen, 2000).

Το σόργο ανήκει στη φυλή *Andropogoneae* και στην υποφυλή *Sorghastrae*. Ο Garber (1950) θεώρησε ότι το γένος *Sorghum* είναι ένα από τα δύο που περιλαμβάνει η υποφυλή *Sorghastrae*. Επιπλέον πρότεινε την ύπαρξη έξι υπογενών στο *Sorghum* τα οποία συνέδεσε με τη γεωγραφική προέλευση και εξέλιξη του γένους. Η επικρατέστερη σήμερα άποψη υποδιαιρεί το γένος σε τρία διαφορετικά είδη: *S. bicolor*, *S. halepense* και *S. propinquum*. Τα δύο τελευταία είδη περιλαμβάνουν αυτοφυή φυτά με πολύ ανεπτυγμένο ρίζωμα, ετήσια και πολυετή, όπως για παράδειγμα το γνωστό δυσεξόντωτο ζιζάνιο "βέλιουρας" (Καραμάνος, 1999, Berenji and Dahlberg, 2004).

Σύμφωνα με το USDA δίνεται η παρακάτω βοτανική ταξινόμηση για το *S. Bicolor*:

Βασίλειο:	<i>Plantae</i>
Υποβασίλειο:	<i>Tracheobionta</i>
Άθροισμα:	<i>Spermatophyta</i>
Υποάθροισμα:	<i>Magnoliophyta</i>
Κλάση:	<i>Liliopsida</i>
Υποκλάση:	<i>Commelinidae</i>
Τάξη:	<i>Cyperales</i>
Οικογένεια:	<i>Poaceae</i>
Γένος:	<i>Sorghum</i> Moench
Είδος:	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench

Το είδος *S. bicolor* περιλαμβάνει ετήσια φυτά, καλλιεργούμενα και μη και χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλομορφία. Υποδιαιρείται στα υποείδη *bicolor*, *drummondii* και *verticilliflorum*, από τα οποία μόνο το πρώτο (*Sorghum bicolor* spp. *bicolor*) περιλαμβάνει καλλιεργούμενα taxa. Οι Harlan και de Wet (1972) υποδιαίρεσαν το υποείδος *bicolor* σε πέντε βασικές φυλές ή τύπους και δέκα ενδιάμεσες που περιλαμβάνουν όλους τους συνδυασμούς των βασικών φυλών. Οι βασικές φυλές είναι οι *bicolor*, *kafir*, *caudatum*, *durra* και *guinea*.

1.2 Προέλευση - Ιστορικά στοιχεία

Σύμφωνα με τους Mann et al (1983) και Doggett (1988) ο πρόγονος των καλλιεργούμενων τύπων σόργου είναι το άγριο *S. Bicolor* ssp. *Arundinaceum* (= *S.b.verticilliflorum*) το οποίο εξημερώθηκε στην αφρικανική ήπειρο (Καραμάνος, 1999) κάτι που αναφέρεται και από τον Harlan (1992) αν και ο τελευταίος πριν από 20

χρόνια θεωρούσε ότι πρόγονος ήταν το *aethiopicum/verticilliflorum* (Smith and Frederiksen, 2000). Η μεγαλύτερη ποικιλομορφία εντοπίζεται στη Β.Α. Αφρική και ιδιαίτερα στην Αιθιοπία και το Σουδάν, σε ένα μεγάλο εύρος οικολογικών συνθηκών. Κατά τον Doggett η Ν.Δ. Αιθιοπία είναι μια πιθανή περιοχή για την πρώτη εξημέρωση του σόργου, η οποία πρέπει να έλαβε χώρα γύρω στο 5000 π.Χ (Smartt and Simmonds, 1995, Καραμάνος, 1999). Αναφέρεται ότι τροφοσυλλέκτες στην Αφρική χρησιμοποιούσαν ζύμες σε σπόρους αυτοφυών αγρωστωδών, πιθανώς και σπόρους σόργου και παρασκεύαζαν είδη άρτων για τη διατροφή τους (Smartt and Simmonds, 1995).

Υπάρχουν δύο γενικώς αποδεκτές πιθανές οδοί μεταφοράς του σόργου από την Αφρική προς τη Μέση Ανατολή και την Ινδία, περίπου το 2000 π.Χ ,

- i) από την κοιλάδα του Νείλου μέσω της Ερυθράς Θάλασσας ή κατά μήκος των ακτών της Α. Μεσογείου (Smith and Frederiksen, 2000),
- ii) από την Αιθιοπία μέσω της Ερυθράς Θάλασσας στην Αραβική χερσόνησο και στη συνέχεια βόρεια και ανατολικά. (Καραμάνος, 1999, Smith and Frederiksen, 2000).

Η παλαιότερη αναφορά για το σόργο στην Ινδία είναι στην κοιλάδα του Ινδού ποταμού στο τέλος της τρίτης χιλιετίας π.Χ – αρχές της δεύτερης χιλιετίας π.Χ (Smith and Frederiksen, 2000).

Η εξάπλωση στην Κίνα τοποθετείται στην ίδια περίοδο με την Ινδία (Καραμάνος, 1999, Smith and Frederiksen, 2000). Διάφορες ανασκαφές επιβεβαιώνουν την καλλιέργεια σόργου στην Κίνα τα τελευταία 5000 χρόνια και υποδεικνύουν ως πιθανή οδό μεταφοράς του τον «δρόμο του μεταξιού». Ο Zhijun Zhao (2000) αναφέρει την εύρεση σπόρων σόργου σε ανασκαφή του Donghuishan, οι οποίοι χρονολογήθηκαν με τη μέθοδο ισοτόπων άνθρακα περί το 3000 π.Χ (5000 ± 159 έτη) (Smith and Frederiksen, 2000).

Αντίθετα, η εξάπλωση του σόργου προς δυσμάς φαίνεται ότι καθυστέρησε. Για παράδειγμα, η καλλιέργεια στην Αίγυπτο ξεκίνησε κατά τη ρωμαϊκή-βυζαντινή εποχή (Καραμάνος, 1999). Αν και υπάρχουν αναφορές ότι σόργο σαρωθροποιίας πρωτοκαλλιεργήθηκε από το Βενιαμίν Φραγκλίνο πριν το 1800, ο Martin (1936) αναφέρει ότι η πρώτη εισαγωγή του σόργου στην αμερικανική ήπειρο έγινε το 1853 από τη Γαλλία, στην οποία είχε προηγουμένως εισαχθεί από την Κίνα το 1851 (Undersander, 1990a, Smith and Frederiksen, 2000). Αναφέρεται επίσης ότι το σόργο εισήχθη στις ΗΠΑ με το δουλεμπόριο από τη Δ. Αφρική, επειδή οι καρποί του χρησιμοποιούνταν ως τροφή από τους νέγρους (Καραμάνος, 1999). Η συστηματική καλλιέργειά του εξαπλώθηκε σημαντικά, όταν οι τροπικές ποικιλίες μετά από βελτίωση προσαρμόστηκαν στα εύκρατα κλίματα με τις μεγάλες φωτοπεριόδους (Smartt and Simmonds, 1995, Καραμάνος, 1999).

1.3 Βοτανικά - Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το σόργο (*S. bicolor*) είναι αγενώς πολλαπλασιαζόμενο ετήσιο εαρινό αγρωστώδες. Το ύψος των φυτών 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.

Το σόργο αναπτύσσει πολύ ισχυρό θυσσανώδες ριζικό σύστημα.. Καθώς η ρίζα ωριμάζει, στην επιδερμίδα σχηματίζεται πυριτική στήλη η οποία εξασφαλίζει επαρκή

μηχανική αντοχή κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας, προφυλάσσοντας το ριζικό σύστημα από καταστροφή (Guiying et al., 2004).

Το ριζικό σύστημα αποτελείται από πλέγμα κύριων, δευτερογενών και στηρικτικών ριζών. Η πρωτογενής ρίζα αναπτύσσεται στο αρτίβλαστο. Είναι η μοναδική εμβρυική ρίζα που αναπτύσσεται από το σπόρο κατά το φύτερωμα και είναι προσωρινή. Πριν τη δημιουργία δευτερογενών ριζών, η πρωτογενής ρίζα είναι το κύριο όργανο πρόσληψης νερού και θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Οι ώριμες ρίζες του σόργου έχουν τυχαία διακλάδωση. Οι μόνιμες αυτές ρίζες έχουν πολυάριθμες διακλαδισμένες πλευρικές ρίζες που αναπτύσσονται στο έδαφος προς όλες τις κατευθύνσεις. Το ριζικό σύστημα εκτείνεται τουλάχιστον 1,5 μέτρα γύρω από το φυτό, ο κύριος όγκος του συγκεντρώνεται στα πρώτα 90 cm του εδαφικού προφίλ αλλά φτάνει στο διπλάσιο βάθος (Guiying et al., 2004).

Ο βαθμός ανάπτυξης και διεύθυνσης του ριζικού συστήματος στο έδαφος εξαρτάται από συνδυασμό παραγόντων που σχετίζονται με το φυτό και το έδαφος, όπως για παράδειγμα την εδαφική αντίσταση, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από την κοκκομετρική σύσταση, τη δομή και την περιεχόμενη υγρασία του εδάφους (Tolk et al., 1997). Το ριζικό σύστημα αποτελεί το 10%-12% του συνολικού ξηρού βάρους του φυτού (Grassi et al., 2004, LAMNET, 2006a).

Γενικότερα το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος σε πλήρως αναπτυγμένα φυτά βρίσκεται μεταξύ 0,9-1,2 m ενώ οι ρίζες φτάνουν σε βάθος 1.8-2.7 m. Το κύριο ριζόστρωμα είναι σε μεγαλύτερο βάθος σε ξηρικές καλλιέργειες (Καραμάνος, 1999).

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματική χρήση του νερού και την αντοχή στην ξηρασία, είναι η αποτελεσματικότητα του ριζικού συστήματος. Ενώ το πρωτογενές ριζικό σύστημα του καλαμποκιού και του σόργου είναι εξίσου εκτεταμένο, ωστόσο το σόργο σχηματίζει διπλάσιο αριθμό

δευτερογενών ριζών, συγκριτικά με το καλαμπόκι, σε όλα ανεξαιρέτως τα στάδια ανάπτυξης (Καραμάνος, 1999, Guiying et al., 2004, LAMNET, 2006a). Επομένως υπάρχει μεγαλύτερη (περίπου διπλάσια) ικανότητα απορρόφησης νερού στο σόργο, σε σύγκριση με το καλαμπόκι. Αυτό έχει μεγάλη οικολογική σημασία εάν ληφθεί υπόψη ότι η φυλλική επιφάνεια του σόργου είναι η μισή από εκείνη του αραβόσιτου (Καραμάνος, 1999). Επίσης, σχετικά με την αποτελεσματικότητα του ριζικού συστήματος, αυτό έχει υψηλή απορροφητική ικανότητα. Σύμφωνα με τους Dercas and Liakatas (1999), κατά το φύτευμα το σόργο απορροφά νερό από το έδαφος σε βάθος 20 cm κάτω από το ενεργό ριζόστρωμα, ενώ 46 ημέρες μετά το φύτευμα όταν το ριζικό σύστημα φτάνει σε βάθος 1,4 m αυτό απορροφά νερό από βάθος μέχρι 180 cm. Μετά το φύτευμα, αναπτύσσεται ο γονατώδης βλαστός, από τον οποίο εκφύονται τα "αδέρφια" από τη βάση του φυτού. Τα ώριμα στελέχη του σόργου έχουν διάμετρο 1-5 cm (LAMNET, 2006a) ενώ η τυπική διάμετρος είναι 1,5-3 cm (Guiying et al., 2004). Το βάρος του βλαστού ποικίλει ευρέως ανάλογα με την ποικιλία, την πυκνότητα φύτευσης, το περιβάλλον και τις συνθήκες ανάπτυξης (Guiying et al., 2004) ενώ μπορεί να φτάσει μέχρι και 3,6 kg . Στο γλυκό σόργο τα σάκχαρα αποτελούν περίπου το 38-41% του ξηρού βάρους των στελεχών (Curt et al., 1994, Dalianis et al., 1994a, Curt et al., 1995, EECI, 1999d, ΚΑΠΕ, 2004) ενώ στο ινώδες μόνο το 9-12% (ΚΑΠΕ, 2004). Στο γλυκό σόργο, οι χλωροί βλαστοί του αποτελούνται κατά 65% από χυμώδη εντεριώνη πλούσια σε διαλυτά σάκχαρα και κατά 35% από το φλοιό που είναι πλούσιος σε ίνες, λιγνίνη και φαινολικά οξέα (Billa et al., 1997). Ο βλαστός αποτελείται κατά 85% από νερό και σάκχαρα (Gnansounou et al., 2005) με το 98% των σακχάρων του γλυκού σόργου βρίσκεται στο στέλεχος και μόνο το 2% στα φύλλα και τα καρποφόρα όργανα (LAMNET, 2006a). Ο σακχαρικός τίτλος (Brix) του χυμού στο βλαστό εξαρτάται από την ποικιλία, έχει τιμές 7-24% (πίνακας 3.1) και

επηρεάζεται επίσης από τις συνθήκες περιβάλλοντος και το χρόνο συγκομιδής, ενώ ακόμη και στην ίδια ποικιλία, ο χυμός διαφορετικών φυτών έχει διαφορετικές τιμές Brix (Guiying et al., 2004).

Το εξωτερικό του βλαστού καλύπτεται από ένα σκληρό και παχύ μεμβρανώδη ιστό (Καραμάνος, 1999) ενώ η επιδερμίδα του βλαστού καλύπτεται από λευκή κηρώδη σκόνη, η οποία έχει διπλό ρόλο· αφενός εμποδίζει την απώλεια υγρασίας από το φυτό σε περιόδους ξηρασίας και αφετέρου δεν επιτρέπει την είσοδο νερού στο βλαστό σε συνθήκες περίσσειας νερού κάνοντας το σόργο ιδιαιτέρως ανθεκτικό τόσο στην ξηρασία όσο και σε υπερβολική υγρασία (Guiying et al., 2004).

Το ύψος των στελεχών ποικίλει από 0,6-5 μέτρα και εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία και δευτερευόντως από τη γονιμότητα του εδάφους, τη θερμοκρασία, τη φωτοπερίοδο και τις συνθήκες ανάπτυξης (Guiying et al., 2004, LAMNET, 2006a). Επίσης το ύψος του στελέχους εξαρτάται και από το μήκος των μεσογονατίων, το οποίο καθορίζεται από τέσσερεις ανεξάρτητους γόνους που δρουν προσθετικά (Dw_1 , Dw_2 , Dw_3 , Dw_4) χωρίς να επηρεάζουν τον αριθμό των φύλλων ή τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου (Smartt and Simmonds, 1995, Καραμάνος, 1999).

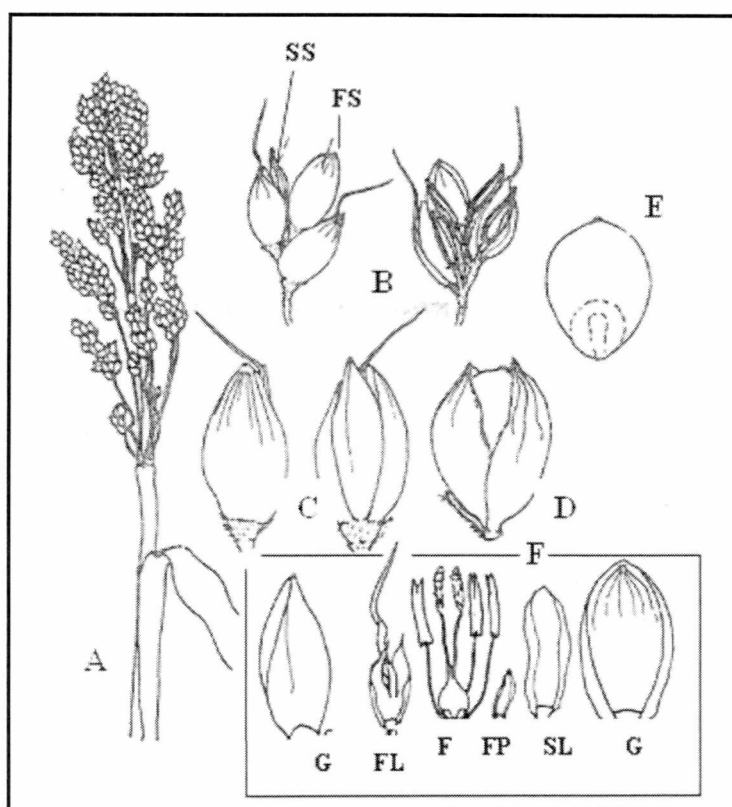
Το σόργο έχει φύλλα που μοιάζουν με του καλαμποκιού αλλά είναι μικρότερα κατά 50-60% (Καραμάνος, 1999). Είναι απλά σε δίσειρη διάταξη (δίστιχη φυλλοταξία), κατ'εναλλαγή και αποτελούνται από το έλασμα, τον κολεό και το γλωσσίδιο. Ο κολεός έχει μεγάλο μήκος και μεγάλο τμήμα του είναι προσκολλημένο στο μεσογονάτιο διάστημα του βλαστού. Το έλασμα είναι πλατύ, λογχοειδές, οδοντωτό στις παρυφές του, με λεία επιφάνεια (Guiying et al., 2004).

Τα φύλλα έχουν χαρακτηριστικά που φανερώνουν αντοχή στην ξηρασία. Συγκεκριμένα, φέρουν εφουμένιδα με κηρώδες επίχρισμα και πολλά μηχανικά κύτταρα στην άνω επιδερμίδα που προσδίδουν ικανότητα συστροφής του ελάσματος σε

περιόδους ξηρασίας με αποτέλεσμα τη μειωμένη απώλεια νερού (Undersander, 1990a, Καραμάνος, 1999). Επίσης μπορεί να φέρουν τριχίδια τα οποία προσδίδουν αντοχή σε ορισμένους εντομολογικούς εχθρούς. Το μεσόφυλλο έχει την «πανικοειδή» μορφολογία του τύπου C₄ (Καραμάνος, 1999).

Το μήκος των φύλλων είναι 30-135 cm και πλάτος 6-13 cm. Ο αριθμός των φύλλων είναι ίσος με τον αριθμό των γονάτων (Guiying et al., 2004). Το φυτό έχει συνήθως 14-17 φύλλα, ενώ τα στομάτια είναι τοποθετημένα αμφίπλευρα (LAMNET, 2006a).

Η ταξιανθία του σόργου είναι φόβη και βρίσκεται στην κορυφή του στελέχους και ανάλογα με την ποικιλία μπορεί να είναι από χαλαρή (αραιή) έως συμπαγής, ποικίλου μεγέθους και σχήματος. Ο κεντρικός άξονας φέρει πλάγιους βραχίονες όπου υπάρχουν σταχύδια (άνθη κατά ομάδες) κατά ζεύγη, ένα άμισχο (γόνιμο) και ένα έμισχο (άγονο) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Λεπτομέρειες της ταξιανθίας του σόργου (A). B: ομάδα σταχυδίων (FS: γόνιμο, SS: στείρο σταχύδιο). C: σταχύδιο πριν από την άνθηση και D: σταχύδιο κατά

την ωρίμανση του καρπού. E: καρπός. F: μέρη του σταχυδίου (G: λέπυρα, FL και FP: χιτώνας και λεπίδα του γόνιμου άνθους, F: άνθος και SL: χιτώνας) (Καραμάνος, 1999). Η ταξιανθία εκφύεται από τον κολέο του φύλλου "σημαία". Η άνθιση ξεκινά από την κορυφή της ταξιανθίας και συνεχίζει προς το κατώτερο τμήμα.

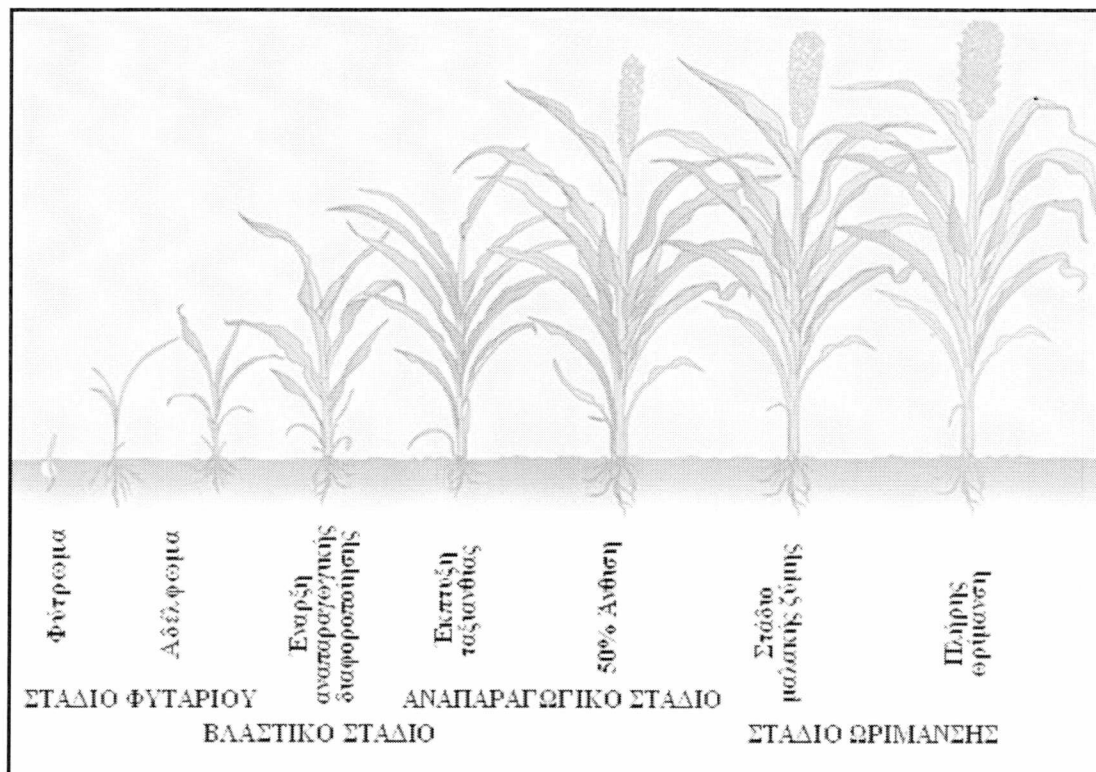
1.4 Φαινολογία του σόργου

Το γλυκό και το ινώδες σόργο παρουσιάζουν εξαιρετικά υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης έχοντας μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης 40-60 g/m² ανά ημέρα, όταν ο αντίστοιχος ρυθμός ανάπτυξης των C₃ καλλιεργειών είναι 20-40 g/m² ανά ημέρα (El Bassam, 1998).

Σχετικά με την αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας του γλυκού σόργου σε Ελληνικές συνθήκες, η συσσώρευση βιομάζας (νωπό και ξηρό βάρος) είναι αργή κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης, ενώ παρατηρείται ραγδαία αύξηση 45-80 ημέρες μετά το φύτευμα.

Η γνώση των σταδίων ανάπτυξης της κάθε καλλιέργειας είναι χρήσιμη για τον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου εκτέλεσης των καλλιεργητικών εργασιών (πχ επιφανειακή λίπανση, εφαρμογή εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων). Επίσης η γνώση των κριτικών σταδίων του βιολογικού κύκλου, στα οποία τα φυτά είναι ευαίσθητα στους διάφορους παράγοντες (πχ νερό, θρεπτικά), είναι αναγκαία για τη σωστή διαχείριση της καλλιέργειας (Παπακόστα, 1996).

Το σόργο έχει ευδιάκριτα στάδια ανάπτυξης όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 1: Στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας του σόργου.

Το βλαστικό στάδιο προηγείται της αναπαραγωγικής διαφοροποίησης. Στο στάδιο σχηματισμού των γονάτων (γονάτωμα) η βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη συνυπάρχουν και το ύψος των φυτών τριπλασιάζεται (Guiying et al., 2004). Πριν την άνθιση τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιούνται για την βλαστική ανάπτυξη ενώ μετά την άνθιση, ο αποθησαυρισμός σακχάρων στο βλαστό κυριαρχεί (Massacci, 1996).

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

1.5 Οικολογία και Περιβαλλοντικές απαιτήσεις

Το σόργο παρά την τροπική του καταγωγή προσαρμόζεται εύκολα σε μεγάλο εύρος κλιματικών συνθηκών (Εικόνα 2).

Ανάλογα με τις απαιτήσεις σε θερμοκρασία και φωτοπερίοδο οι διάφοροι γονότυποι του σόργου διακρίνονται σε τρεις ομάδες (Καραμάνος, 1999):

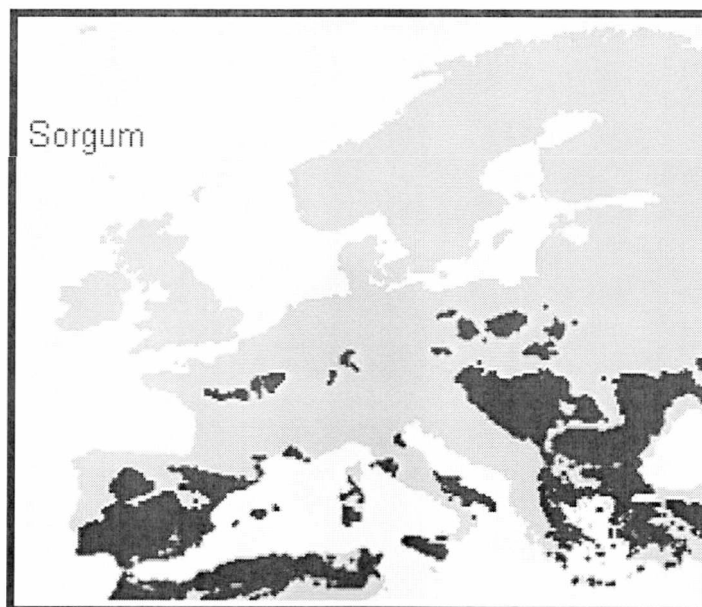
1) Τροπικά σόργα μεγάλων υψομέτρων: μπορούν να αναπτύσσονται και να αποδίδουν σε μεγάλα υψόμετρα (1600-2500 m) στους τροπικούς, σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες ημέρας (άριστη 29 °C) και νύχτας (άριστη 17 °C) και είναι ευαίσθητα σε φωτοπεριοδικές μεταβολές.

2) Εύκρατα σόργα: είναι προσαρμοσμένα σε ζεστές ημέρες (25-34 °C) αλλά δροσερές νύχτες (περίπου 19 °C) και είναι σχετικά αδιάφορα στη φωτοπερίοδο με κρίσιμες τιμές μεταξύ 12 και 13,5 ωρών.

3) Τροπικά σόργα πεδινών περιοχών: έχουν απαιτήσεις σε υψηλές θερμοκρασίες τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα (πάνω από 21 °C) και είναι ευαίσθητα στις φωτοπεριοδικές μεταβολές (τυπικά μικρής ημέρας φυτά)

Έχει διατυπωθεί η υπόθεση από τους Tarumoto et al. (2000) ότι στους διάφορους γονοτύπους αλληλεπιδρούν ένα γονίδιο θερμοευαισθησίας (T) και ένα φωτοπεριοδικής ευαισθησίας (D) (Tarumoto et al., 2005).

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι περιοχές της Ευρώπης στις οποίες οι κλιματικές συνθήκες είναι κατάλληλες για καλλιέργεια του σόργου.



Εικόνα 2: Περιοχές κατάλληλων κλιματικών συνθηκών για σόργο στην Ευρώπη (Tuck et al., 2006).

1.5.1 Θερμοκρασία

Το σόργο λόγω της καταγωγής του από τις τροπικές ζώνες, όπου και μπορεί να καλλιεργηθεί όλες τις εποχές, απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες. Σε υποτροπικές και εύκρατες ζώνες μπορεί να καλλιεργηθεί ως εαρινή καλλιέργεια.

Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 8-10 °C ενώ οι θερμοκρασιακές απαιτήσεις διαφέρουν μεταξύ των ποικιλιών σόργου και κυμαίνονται μεταξύ 20-35 °C (Guiying et al., 2004). Η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης του φυτού είναι 9-10 °C αν και για καλή εγκατάσταση της καλλιέργειας και ταχύτερη ανάπτυξη απαιτείται θερμοκρασία 14-15 °C. Οι άριστες θερμοκρασίες ανάπτυξης σύμφωνα με κάποιους συγγραφείς είναι 27-29 °C ενώ σύμφωνα με άλλους 33-34 °C (BioMatNet, 2000).

Στο γλυκό σόργο η μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ημέρας και νύχτας μετά την άνθιση, ευνοεί τη συσσώρευση σακχάρων στο βλαστό και θρεπτικών στοιχείων στο σπόρο (Guiying et al., 2004).

Από τη σπορά μέχρι την ωρίμανση ο αριθμός των ημεροβαθμών που απαιτείται είναι διαφορετικός για κάθε ποικιλία. Οι ποικιλίες μικρού βιολογικού κύκλου Italian και Mn 4055 απαιτούν μόνο 1500 ημεροβαθμούς, οι μεσοπρώιμες ποικιλίες Rio, Wray και Keller χρειάζονται περίπου 1800 ενώ οι όψιμες Theis, M-81E και Cowley περίπου 2000. Η πολύ όψιμη ποικιλία Mn 1500 χρειάζεται 2300-2500 ημεροβαθμούς (Guiying et al., 2004).

1.5.2 Φωτοπερίοδος

Το σόργο είναι φυτό βραχείας ημέρας, στο οποίο η άνθιση προκαλείται από την ύπαρξη βραχέων ημερών (μακράς διάρκειας νύκτες) ενώ υπάρχει μεγάλη διακύμανση στη φωτοπερίοδο που απαιτείται από τις διάφορες ποικιλίες (Guiying et al., 2004, Tarumoto et al., 2005). Για την έναρξη της άνθισης απαιτείται φωτοπερίοδος 14 ωρών αν και υπάρχουν γενότυποι που δεν είναι φωτοευαίσθητοι (BioMatNet, 2000).

Ημέρες μεγάλης φωτοπεριόδου ευνοούν τη βλαστική ανάπτυξη και μικρής την αναπαραγωγική. Επομένως σε ζώνες μικρού γεωγραφικού πλάτους, με μικρή διάρκεια ημέρας, οι περισσότερες ποικιλίες γλυκού και ινώδους σόργου έχουν μικρότερες αποδόσεις σε βιομάζα. Είναι απαραίτητη η επιλογή του κατάλληλου γενοτύπου με την καλύτερη προσαρμογή στις τοπικές συνθήκες φωτοπεριόδου για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων (Guiying et al., 2004).

Ο χρόνος συγκομιδής εξαρτάται άμεσα από το γενότυπο και το χρόνο σποράς. Σε περιοχές όπου οι συνθήκες περιβάλλοντος δεν επιτρέπουν μεγάλη διάρκεια καλλιεργητικής περιόδου πρέπει να χρησιμοποιούνται πρώιμες ποικιλίες (π.χ. Italian), ενώ αντίθετα σε περιοχές μακράς καλλιεργητικής περιόδου συνίσταται η χρήση ποικιλιών μεγάλου βιολογικού κύκλου (π.χ. Theis, Cowley) (Guiying et al., 2004).

1.5.3 Βροχόπτωση και Υγρασία

Το σόργο θεωρείται ως ένα από τα ανθεκτικότερα και παραγωγικότερα φυτά ακόμη και σε ημίξηρες περιοχές με ετήσιο ύψος βροχής 350-400 mm.

Σε ξηρά κλίματα απαιτείται άρδευση όταν το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι μικρότερο από 500 mm, ενώ όταν η βροχόπτωση ξεπερνά τα 700 mm δεν χρειάζεται άρδευση της καλλιέργειας (Grassi et al., 2004, LAMNET, 2006a).

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της καλλιέργειας του σόργου είναι ότι ακόμα και κάτω από συνθήκες περιστασιακής διακοπής αρδευτικού νερού και ολικής έλλειψης υγρασίας δεν επέρχεται μόνιμη μάρανση αλλά αναστολή της αύξησης (λήθαργος) μέχρι την επόμενη βροχή ή εφαρμογή άρδευσης (Undersander, 1990a, Undersander, 1990b, Gnansounou et al., 2005, Kangama and Rumei, 2005a, FAO, 2006). Λόγω της αντοχής του στην ξηρασία, ο Arnon (1972) το αποκαλεί «καμήλα του φυτικού βασιλείου» (Καραμάνος, 1999).

Σε συνθήκες έλλειψης νερού παρατηρούνται πολυάριθμες φυσιολογικές και βιοχημικές αλλαγές στα φυτά και πολυάριθμα γονίδια εκφράζονται δρώντας προστατευτικά (Dev Sharma et al., 2006). Η μεγάλη αντοχή του σόργου στην ξηρασία οφείλεται σε διάφορα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά όπως:

i) Στο πολύ ανεπτυγμένο και αποτελεσματικό ριζικό σύστημα (Dercas and Liakatas, 1999, EECI, 1999c, Καραμάνος, 1999, Υπουργείο Γεωργίας, 2000, Guiying et al., 2004, Kangama and Rumei, 2005a, LAMNET, 2006a, Farré and Faci, 2006) σε συνδυασμό με τη σχετικά μικρή φυλλική επιφάνεια, η οποία για παράδειγμα είναι η

μισή από τη συνολική φυλλική επιφάνεια του καλαμποκιού (Καραμάνος, 1999, LAMNET, 2006a).

ii) Σε μορφολογικά χαρακτηριστικά των φύλλων που μειώνουν τις απώλειες νερού όπως παχιά εφυμενίδα με κηρώδες υδρόφοβο επίχρισμα (Undersander, 1990b, Guiying et al., 2004, Kangama και Rumei, 2005a) και μηχανικά κύτταρα που προκαλούν τύλιγμα των φύλλων για μείωση της διαπνοής (Undersander, 1990b, Καραμάνος, 1999, Υπουργείο Γεωργίας, 2000, Kangama και Rumei, 2005a).

iii) Στον αποτελεσματικό έλεγχο από τα στόματα της ανταλλαγής αερίων (CO_2 , O_2 , υδρατμών) μεταξύ φυτού και ατμόσφαιρας (Unlu and Steduto, 2000). Τα στόματα κλείνουν σε τιμές του υδατικού δυναμικού των φύλλων αρνητικότερες από άλλα φυτά, γεγονός που επιτρέπει στα φυτά να φωτοσυνθέτουν ακόμη και όταν το νερό είναι πολύ περιορισμένο (Καραμάνος, 1999, Farré and Faci, 2006).

iv) Το ωσμωτικό δυναμικό του κυτταρικού χυμού είναι πολύ αρνητικό και επιτρέπει απορρόφηση νερού και σε περιόδους έντονης εδαφικής ξηρασίας. Επίσης διαθέτει μηχανισμούς μείωσης του ωσμωτικού δυναμικού σε περιόδους που το νερό είναι περιορισμένο (ωσμωρυθμιστική ικανότητα) (Καραμάνος, 1999).

Μάλιστα, το γλυκό σόργο έχει την υψηλότερη αποδοτικότητα χρήσης νερού μεταξύ των καλλιεργούμενων φωτοσυνθετικού τύπου C_4 φυτών, όπως είναι για παράδειγμα ο αραβόσιτος και το καρποδοτικό σόργο, τόσο σε συνθήκες επάρκειας όσο και σε συνθήκες έλλειψης νερού, γεγονός που υποδεικνύει ότι επιτυγχάνει αποδοτικότερη χρήση του άνθρακα, έχοντας συγχρόνως μικρότερες υδατικές απώλειες. Η υπεροχή αυτή του γλυκού σόργου πιθανώς να οφείλεται σε μικρότερες απώλειες C κατά την αναπνοή (Steduto et al., 1997).

Το σόργο εμφανίζει μεγάλη αντοχή και σε συνθήκες περίσσειας νερού, ιδίως κατά το στάδιο της ωριμότητας (Καραμάνος, 1999, Mastrorilli et al., 1999, BioMatNet, 2000, Guiying et al., 2004, Kangama and Rumei, 2005a).

1.5.4 Έδαφος

Το σόργο προσαρμόζεται καλά σε μεγάλο εύρος εδαφών. Μπορεί να καλλιεργηθεί σε εδάφη από ελαφρά αμμώδη μέχρι και βαριά αργιλώδη (LAMNET, 2006a). Ωστόσο, οι καλύτερες αποδόσεις, όπως και στα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά, επιτυγχάνονται σε μέσης σύστασης και γόνιμα εδάφη (Guiying et al., 2004). Ψυχρά-υγρά εδάφη δεν ευνοούν την ανάπτυξη της καλλιέργειας (Undersander, 1990a, Undersander, 1990b). Επίσης πρέπει ν' αποφεύγονται τα κακοστραγγιζόμενα εδάφη για καλλιέργεια ινώδους σόργου (EECI, 1999c).

Το pH επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων και κατά συνέπεια την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Το εύρος του pH για την καλλιέργεια του σόργου είναι 5-8.5 (EECI, 1999c, Grassi et al., 2004, Guiying et al., 2004, Kangama and Rumei, 2005a, FAO 2006), με άριστες τιμές 6.2 έως 7.8 (Smith και Frederiksen, 2000). Ειδικότερα για την καλλιέργεια του γλυκού σόργου συστήνεται το pH του εδάφους να είναι μεγαλύτερο από 5.8 (Mask and Morris, 1991).

Είναι χαρακτηριστική η αντοχή του σόργου σε αλατούχα και αλκαλικά εδάφη (Mastrorilli et al., 1999, Guiying et al., 2004). Αναφέρεται αντοχή του σόργου σε εδάφη με υψηλή αλατότητα, ιδίως μετά το αρχικό στάδιο ανάπτυξης (μετά το στάδιο των 4-6 φύλλων), ενώ σε τέτοιες συνθήκες ενδείκνυται η καλλιέργεια σε αναχώματα (Smith and Frederiksen, 2000, Amzallag, 2005, FAO, 2006). Επίσης έχει υψηλή ανθεκτικότητα στο ανθρακικό νάτριο (FAO, 2006). Το φύλλωμα του σόργου είναι ανθεκτικό και σε υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων (Na, Cl) του αρδευτικού νερού κατά

την εφαρμογή καταιονισμού, λόγω της πολύ αργής συσσώρευσης αλάτων δια μέσου των φύλλων (Maas, 1993).

2. Καλλιεργητική τεχνική

Το γλυκό και το ιώδες σόργο είναι εν δυνάμει καλλιέργειες με μεγάλη προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις ωστόσο, για να επιτευχθεί αυτό είναι απαραίτητη η εφαρμογή κατάλληλων καλλιεργητικών πρακτικών διαχείρισης της καλλιέργειας.

Σε δεδομένο περιβάλλον, οι εκροές μιας καλλιέργειας εξαρτώνται αποκλειστικά από τις εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές τεχνικές ενώ συγχρόνως μέσω των κατάλληλων πρακτικών μπορεί να επέλθει και μείωση των ενεργειακών εισροών μιας καλλιέργειας (P. Venturi and G. Venturi, 2003).

Η διαχείριση της καλλιέργειας πρέπει να εναρμονίζεται κατά το δυνατόν με τις πρακτικές της αειφόρου γεωργίας και να αποβλέπει σε βέλτιστη παραγωγή με τις ελάχιστες εισροές, τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους (Amaducci et al., 2004).

Η βέλτιστη αγρονομική διαχείριση και οι κατά περίπτωση καταλληλότερες καλλιεργητικές τεχνικές αποτελούν αντικείμενο συνεχούς έρευνας για το γλυκό και ιώδες σόργο, τόσο για τη βελτιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος και του

καθαρού ενεργειακού κέρδους από την καλλιέργεια, όσο και για την προστασία των αγροοικοσυστημάτων και του περιβάλλοντος γενικότερα.

2.1 Εναλλαγή καλλιεργειών

Στις μεσογειακές χώρες ο βιολογικός κύκλος του γλυκού και ινώδους σόργου (140-160 ημέρες) επιτρέπει τη σπορά κάποιας χειμερινής καλλιέργειας (BioMatNet, 2000).

Σύμφωνα με τους Monti and Venturi (2003), η τριετής μονοκαλλιέργεια δεν ελάττωσε τις αποδόσεις μη αρδευόμενης καλλιέργειας γλυκού και ινώδους σόργου.

Ο Καραμάνος (1999) αναφέρει ότι το σόργο μπορεί να ακολουθήσει οποιοδήποτε φυτό και οι Grassi et al (2004) αναφέρουν ότι το γλυκό σόργο μπορεί ν' ακολουθεί χειμερινά σιτηρά και να ακολουθείται από καλαμπόκι, τεύτλα ή ηλίανθο. Σύμφωνα όμως με το IEEP (2005), συνίσταται να μην είναι αραβόσιτος η προηγούμενη ή η αμέσως επόμενη καλλιέργεια.

Έχει παρατηρηθεί ότι όταν προηγείται σανοδοτικό ψυχανθές έχει πιο ευεργετικά αποτελέσματα στο σόργο από κάποιο καρποδοτικό σιτηρό, επειδή εξοικονομείται εδαφική υγρασία τουλάχιστον κατά 30-50 % και το έδαφος έχει υψηλότερο επίπεδο γονιμότητας (Καραμάνος, 1999). 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 αζώτου και αυξάνει τη διείσδυση του νερού στο έδαφος (Buxton et al., 1999, BioMatNet, 2000).

2.2 Προετοιμασία εδάφους

Το σόργο προσαρμόζεται σε μεγάλο εύρος εδαφών αλλά ευνοούν βαθιά εδάφη, πλούσια σε οργανική ουσία, καλής δομής, καλοστραγγιζόμενα και υψηλής

υδατοχωρητικότητας (Guiying et al., 2004). Η προετοιμασία του εδάφους είναι παρόμοια με του καλαμποκιού (Undersander et al., 1990b, Livingston and Coffman, 1995).

Η προετοιμασία του εδάφους, συμπεριλαμβανομένων της χρήσης δισκοσβάρνας και οργώματος, γίνεται το χειμώνα, την άνοιξη και πριν τη σπορά και τους εξής σκοπούς:

α) τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους, αυξάνοντας το πορώδες, τον αερισμό και τη διηθητικότητα του εδάφους (Σφήκας, 1991, Guiying et al., 2004)

β) την αύξηση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, μέσω της καταστροφής των ζιζανίων (Σφήκας, 1991, Καραμάνος, 1999, Guiying et al., 2004) και

γ) την ενσωμάτωση με όργωμα των υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, η οποία συντελεί στη μείωση ζιζανίων, εντομολογικών εχθρών και ασθενειών (Guiying et al., 2004, Gazaway and Mask, 2006b).

Η διατήρηση επαρκούς εδαφικής υγρασίας επιτελείται κυρίως με χειμωνιάτικες κατεργασίες που αυξάνουν τη διηθητικότητα του εδάφους (καλλιεργητής) ή καταστρέφουν τα χειμερινά ζιζάνια (υνιοφόρα, δισκάροτρα και καλλιεργητές) (Καραμάνος, 1999).

Είναι πολύ χρήσιμο να γίνεται χειμερινό όργωμα όταν προηγείται καλλιέργεια με μεγάλο όγκο φυτικών υπολειμμάτων, όπως για παράδειγμα αραβόσιτος (Undersander et al., 1990a).

Είναι απαραίτητος ο λεπτοτεμαχισμός του εδάφους πριν τη σπορά, με ελαφρύ καλλιεργητή ή δισκάροτρο, ώστε να δημιουργηθεί κατάλληλη σποροκλίνη και επαρκής υγρασία για την ανάπτυξη των φυταρίων, διότι οι σπόροι είναι αρκετά μικρού μεγέθους (Καραμάνος, 1999, Amaducci et al., 2004, Guiying et al., 2004). Η κατεργασία με καλλιεργητή ή δισκάροτρο πρέπει να αποφεύγεται σε αμμώδη εδάφη λόγω του κινδύνου διάβρωσης του εδάφους από τον άνεμο (Livingston and Coffman, 1995).

Τα τελευταία χρόνια, για τη μείωση του κόστους παραγωγής, την αποφυγή της διάβρωσης ιδίως των επικλινών εδαφών και τη διατήρηση της οργανικής ουσίας και της υγρασίας του εδάφους αναπτύχθηκαν τεχνικές μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Η μειωμένη κατεργασία επιτυγχάνεται με δύο κυρίως τρόπους. Κατά τον πρώτο τρόπο γίνεται μια ελαφρά κατεργασία του επιφανειακού στρώματος του εδάφους με καλλιεργητή ή δισκάροτρο λίγο πριν το χρόνο σποράς. Κατά το δεύτερο τρόπο με σύνθετο μηχάνημα γίνεται κατεργασία του εδάφους σε λωρίδες και συγχρόνως σπορά στις λωρίδες αυτές (Παπακώστα, 1996).

Το βάθος της επεξεργασίας με καλλιεργητή εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους αλλά γενικά πρέπει να είναι γύρω στα 20 cm (Freeman et al., 1973, Guiying et al., 2004).

Επίσης η απουσία ζιζανίων από τον αγρό κατά την εποχή σποράς είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την καλή εγκατάσταση της καλλιέργειας, δεδομένου ότι η αρχική ανάπτυξη του σόργου είναι βραδεία. Έχει επομένως μεγάλη σημασία ο χρόνος της τελευταίας καλλιεργητικής εργασίας που πρέπει να βρίσκεται πολύ κοντά στο χρόνο σποράς (Καραμάνος, 1999).

Σε περίπτωση που η σπορά καθυστερήσει και γίνει καλοκαίρι, χρειάζεται προσοχή στην προετοιμασία του εδάφους διότι βαθιά κατεργασία προκαλεί αυξημένη απώλεια της εδαφικής υγρασίας (Guiying et al., 2004).

2.3 Σπορά

Η πυκνότητα φυτών εξαρτάται από τη βλαστικότητα του σπόρου, την ποιότητα εδάφους, το ποσοστό εδαφικής υγρασίας, το κλίμα και την ποικιλία. Η σωστή πυκνότητα φυτών είναι σημαντική για την μέγιστη αξιοποίηση της γονιμότητας του εδάφους, της υγρασίας, της ηλιοφάνειας και για μεγιστοποίηση των αποδόσεων (Guiying et al., 2004). Ως εκ τούτου συστήνεται υψηλότερη πυκνότητα φυτών σε

εδάφη εύφορα και με επάρκεια υγρασίας σε σχέση με άγονα και ξηρά εδάφη (Guiying et al., 2004, Habyarimana, 2004a).

Σε ποικιλίες που παρουσιάζουν έντονη τάση αδελφώματος η πυκνότητα φυτών που απαιτείται είναι μικρότερη (Duke, 1983), όπως επίσης και στις μικρόκαρπες ποικιλίες (Guiying et al., 2004). Επίσης οι υψηλές πυκνότητες συντελούν σε αύξηση του ποσοστού πλαγιάσματος των φυτών (EECI, 1999b), οπότε σε ποικιλίες ευαίσθητες στο πλάγιασμα (κυρίως γλυκού σόργου) ή σε περιοχές με ισχυρούς ανέμους πρέπει να προτιμούνται μικρότερες πυκνότητες σποράς για ελαχιστοποίηση των απωλειών.

Στις εαρινές σπορές απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα σπόρων ανά στρέμμα σε σχέση με τις θερινές, ενώ για πρώιμες σπορές όπου η θερμοκρασία εδάφους είναι χαμηλή ή όταν είναι γνωστή η παρουσία επιζήμιων εντόμων εδάφους, συστήνεται υψηλότερη πυκνότητα φυτών (Guiying et al., 2004).

Στο γλυκό σόργο οι αποστάσεις σποράς είναι 75-100 cm μεταξύ των γραμμών και 15-30 cm επί της γραμμής σποράς, ανάλογα με την ποικιλία και την υγρασία του εδάφους. Σε ξηρική καλλιέργεια με μικρή πυκνότητα σποράς απαιτείται λιγότερο από 1 kg σπόρου ανά στρέμμα, ενώ σε αρδευόμενη καλλιέργεια και πυκνή σπορά περίπου 2-2,5 kg σπόρου ανά στρέμμα (LAMNET, 2006a).

Το σόργο στις εύκρατες περιοχές σπέρνεται την άνοιξη, ενώ στις τροπικές όλο το χρόνο, ανάλογα με την περίοδο των βροχοπτώσεων.

Ο χρόνος σποράς πρέπει να προσδιορίζεται με βάση τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους. Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 8-10 °C (Guiying et al., 2004) και η άριστη μεταξύ 20 °C και 30 °C (Duke, 1983, LAMNET, 2006a). Το φύτευμα επιτυγχάνεται σε 5 ημέρες όταν η θερμοκρασία εδάφους είναι 18-21 °C (Καραμάνος, 1999).

Όταν η σπορά γίνεται σε χαμηλότερες των απαιτούμενων θερμοκρασίες, τότε το φύτευμα καθυστερεί σημαντικά και υπάρχει ο κίνδυνος καταστροφής μεγάλου ποσοστού των σπόρων ή των φυταρίων από έντομα και μύκητες εδάφους (Duke, 1983, Καραμάνος, 1999, Guiying et al., 2004). Στην περίπτωση που η σπορά καθυστερήσει, η θερμοκρασία του εδάφους είναι μεν υψηλότερη, αλλά το ποσοστό βλαστικότητας μειώνεται λόγω έλλειψης υγρασίας στο έδαφος, ενώ τα φυτάρια αναπτύσσονται γρηγορότερα με αποτέλεσμα να δίνουν φυτά λεπτοστέλεχα με μειωμένη απόδοση, λόγω μικρότερης διάρκειας του βλαστικού σταδίου ανάπτυξης (Guiying et al., 2004).

Ο καλύτερος χρόνος για τη σπορά γλυκού σόργου είναι όταν η θερμοκρασία του εδάφους, σε βάθος 10 cm, είναι μεγαλύτερη από 12-13 °C (Duke, 1983, LAMNET, 2006a) και η εδαφική υγρασία είναι 18-20% (Guiying et al., 2004), ενώ για το ινώδες απαιτείται θερμοκρασία εδάφους πάνω από 15 °C (EECI, 1999c). Σύμφωνα με τον Καραμάνο (1999), η σπορά του σόργου στην Ελλάδα πρέπει να γίνεται όταν η θερμοκρασία εδάφους σταθεροποιηθεί στους 16 °C και χρονικά τοποθετείται περίπου δύο εβδομάδες μετά τη σπορά του αραβόσιτου.

2.5 Θρέψη-Λίπανση

Οι απαιτήσεις για λίπανση εξαρτώνται κυρίως από τον τύπο του εδάφους, το ιστορικό (καλλιέργειες που προϋπήρξαν) και το ύψος της βροχόπτωσης (Wiedenfled, 1984, TNAU, 2006). Βασική συνιστώσα της αποτελεσματικότητας της λίπανσης και της μέγιστης αξιοποίησης της από την καλλιέργεια είναι η ορθολογική άρδευση. Για παράδειγμα η περίσσεια νερού στην καλλιέργεια οδηγεί σε απώλειες λόγω έκπλυσης νιτρικού N (BioMatNet, 2000). Επίσης ο ρυθμός πρόσληψης και οι απαιτούμενες ποσότητες των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων διαφέρουν μεταξύ των σταδίων ανάπτυξης της καλλιέργειας (Smith and Frederiksen, 2000).

Για το γλυκό και το ινώδες σόργο, ανάλογα με τη γονιμότητα του εδάφους, απαιτείται λίπανση με 5-15 kg N, 3-6 kg P και 6-12 kg K ανά στρέμμα, με το γλυκό σόργο να έχει μεγαλύτερες θρεπτικές ανάγκες σε K (Duke, 1983, EECI, 1999c, EECI, 1999f, EECI, 2000g, Grassi et al., 2004, LAMNET, 2006a).

Η εφαρμογή λιπασμάτων καλό είναι να γίνεται σε δύο δόσεις για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησής τους, ιδιαίτερα σε αμμώδη εδάφη που οι απώλειες μέσω της έκπλυσης είναι υψηλές (Freeman et al., 1973, Mask et al., 1988, Livingston and Coffman, 1995). Το σύνολο των φωσφορικών και καλιούχων λιπασμάτων και το 30-50 % της ποσότητας του αζώτου δίδεται ως βασική λίπανση, η οποία βοηθά για γρήγορη αρχική ανάπτυξη των φυταρίων και το υπόλοιπο άζωτο ως επιφανειακή λίπανση. Το άζωτο στην πρώτη περίπτωση συνιστάται να δίνεται σε αμμωνιακή μορφή η οποία δεν εκπλύνεται εύκολα ενώ στην επιφανειακή λίπανση σε νιτρική μορφή που είναι άμεσα αφομοιώσιμη από τα φυτά (Mask et al., 1988, Θεριός, 1996, Παπακώστα, 1996, TNAU, 2006).

Για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων βιομάζας και σακχάρων πρέπει να γίνεται επιφανειακή λίπανση της καλλιέργειας στον κατάλληλο χρόνο. Το σόργο παρουσιάζει τις μεγαλύτερες θρεπτικές ανάγκες κατά το στάδιο της ανθοφορίας και καρποφορίας (Guiying et al., 2004). Η επιφανειακή λίπανση πρέπει να εφαρμόζεται όταν τα φυτά έχουν ύψος 20-25 cm (Mask et al., 1988) και οπωσδήποτε πριν αποκτήσουν ύψος 70 cm (Freeman et al., 1973), ενώ συστήνεται να ακολουθείται από κατεργασία του εδάφους (πχ μηχανοσκαλιστήρι) μεταξύ των γραμμών (TNAU, 2006).

2.5.1 Αζωτο

Η αζωτούχος λίπανση αποτελεί σημαντικό κομμάτι των ενεργειακών εισροών και του ισοζυγίου CO₂ της γεωργικής παραγωγής (Torbet et al., 2004). Σε πολλές περιπτώσεις

μάλιστα μπορεί να ξεπερνά και το 50% των συνολικών ενεργειακών εισροών μιας καλλιέργειας (Amaducci et al., 2004). Για το γλυκό και το ινώδες σόργο έχει υπολογιστεί ότι σε μη αρδευόμενη καλλιέργειά τους, η λίπανση με 10 kg N ανά στρέμμα αντιπροσωπεύει το 27% των συνολικών ενεργειακών εισροών (Monti and Venturi, 2003).

Σύμφωνα με τους Tonitto et al. (2006), από τις συνολικές εισροές αζώτου στα αγροοικοσυστήματα, οι καλλιέργειες εκμεταλλεύονται μόνο το 45-55% αυτών, ενώ το υπόλοιπο N χάνεται μέσω της απονιτροποίησης, της έκπλυσης και της διάβρωσης του εδάφους. Το παραπάνω γεγονός ισχύει και για την καλλιέργεια του σόργου. Ο Ranney (1994) αναφέρει ότι η καλλιέργεια του σόργου εκμεταλλεύεται μόνο το 50% της αζωτούχου λίπανσης, ενώ οι απώλειες υπολογίζονται ότι είναι 15% λόγω έκπλυσης στα υπόγεια ύδατα, 15% λόγω διαφυγής στην ατμόσφαιρα, 10% λόγω της διάβρωσης του εδάφους και 10% μέσω της επιφανειακής απορροής (Ranney, 1994). Η ποσότητα N που χάνεται μέσω της αεριοποίησης ως NH_3 αναφέρεται ότι είναι λιγότερο από το 5% της ποσότητας που προστίθεται με την αζωτούχο λίπανση, σύμφωνα με πειραματικές εργασίες στο γλυκό και ινώδες σόργο (BioMatNet, 2000).

Η θρεπτική κατάσταση μιας καλλιέργειας σε N επηρεάζει το ρυθμό ανάπτυξης, κυρίως μέσω της φωτοσύνθεσης και της αποτελεσματικότητας μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας (Van Oosterom et al., 2001). Η προσθήκη N στην καλλιέργεια του σόργου μέσω της λίπανσης, αυξάνει την απόδοση της καλλιέργειας σε βιομάζα, κυρίως λόγω της αύξησης της φυλλική επιφάνεια και της επιμήκυνσης του χρόνου που παραμένει φωτοσυνθετικά ενεργή, με αποτέλεσμα τα φυτά να γίνονται φωτοσυνθετικώς αποδοτικότερα (Albrizio and Steduto, 2003, Albrizio and Steduto, 2005). Επίσης τα φυτά χρησιμοποιούν το νερό αποτελεσματικότερα (Steduto and Albrizio, 2005).

Μια αρνητική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου είναι ότι συντελεί σε αύξηση του πλαγιάσματος και σπασίματος των στελεχών. Λόγω ισχυρών ανέμων, στην ποικιλία MN 1500 διαπιστώθηκε σχεδόν διπλασιασμός του ποσοστού σπασμένων στελεχών (51,7%) σε λίπανση με 12 kg/στρ N, συγκριτικά με τη μεταχείριση που δεν έγινε λίπανση με N, στην οποία το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 27,3% (IACT, 1998).

Το σόργο προσλαμβάνει από το έδαφος κατά μέσο όρο περίπου 9,7 kg N/στρέμμα, όταν δεν γίνεται εφαρμογή λίπανσης και με συνθήκες υδατικής επάρκειας (BioMatNet, 2000), ενώ για παραγωγή 2,5 τόνων/στρ ξηρής ουσίας απορροφά 12,5 kg N/στρέμμα (EECI, 2000g). Η πρόσληψη του εδαφικού N από τα φυτά αυξάνει με αύξηση των επιπέδων αζωτούχου λίπανσης και άρδευσης (Foti et al., 2004). Η μέγιστη αποτελεσματικότητα χρήσης N επιτυγχάνεται από τα φυτά σε συνθήκες εδαφικής υγρασίας που καλύπτουν το 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (IACT, 1998).

Λόγω της υψηλής αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου από το σόργο, οι ανάγκες για αζωτούχο λίπανση είναι χαμηλές. Τόσο το γλυκό όσο και το ινώδες σόργο έχουν απαιτήσεις σε αζωτούχο λίπανση της τάξης των 5-10 kg N/στρέμμα (EECI, 1999c, EECI, 1999f, EECI, 2000j).

Ειδικότερα για το γλυκό σόργο, λίπανση μέχρι 9 kg N/στρέμμα φαίνεται να είναι επαρκής, ενώ λίπανση που ξεπερνά τα 12 kg N/στρέμμα δεν ενδείκνυται διότι δεν επιφέρει αύξηση της παραγωγής βλαστών που είναι το κύριο προϊόν του γλυκού σόργου (BioMatNet, 2000) ούτε και της συνολικής βιομάζας (Wiedenfled, 1984). Επίσης πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι μεταξύ λίπανσης 6 και 12 kg N ανά στρέμμα δεν προκύπτει σημαντική διαφορά στην παραγωγή βιομάζας, σε αντίθεση με

τη μηδενική αζωτούχο λίπανση όπου η παραγωγή είναι σημαντικά μικρότερη (EECI, 2000g).

Σύμφωνα με τους Grassi et al. (2004), για το γλυκό σόργο η τυπική αζωτούχος λίπανση είναι 5-7 kg N/στρέμμα αλλά σε πολύ φτωχά εδάφη απαιτούνται περισσότερο από 15 μονάδες αζώτου.

Σχετικά με τα αποτελέσματα στην Ελλάδα, αύξηση της αζωτούχου λίπανσης από 7 σε 14 και 21 kg N/στρέμμα δεν αύξησε σημαντικά την απόδοση του γλυκού σόργου σε βιομάζα και σάκχαρα (EECI, 1999), ενώ η απόδοση σε βιομάζα δεν διέφερε επίσης μεταξύ αζωτούχου λίπανσης με 6 και 12 kg N/στρέμμα.

Έχει διαπιστωθεί η αποτελεσματικότερη χρήση του νιτρικού αζώτου από το σόργο, σε σχέση με το αμμωνιακό ή το άζωτο ουρίας. Συγκεκριμένα, η χρήση του νιτρικού N είναι 1,4-1,7 φορές αποτελεσματικότερη (EECI, 2000g).

Όταν προηγείται καλλιέργεια κάποιου ψυχανθούς, απαιτούνται χαμηλότερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης για την καλλιέργεια (Grassi et al., 2004). Αναφέρεται ότι το ανόργανο N στο ριζόστρωμα, είναι υψηλότερο κατά 3-6 kg/στρ μετά από καρποδοτικά ψυχανθή σε σχέση με αυτό μετά από σιτηρά, στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος (Shah et al., 2003).

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται, ώστε να υπάρξει ορθολογικό πρόγραμμα λίπανσης και για την καλλιέργεια που θα ακολουθήσει, ειδικά σε περιπτώσεις χαμηλής περιεκτικότητας εδαφικού N, για να αποφευχθεί η επικίνδυνη μείωση της γονιμότητας του εδάφους (BioMatNet, 2000).

2.5.2 Φώσφορος - Κάλιο

Τα υβρίδια του σόργου παρουσιάζουν σχετική ευαισθησία σε εδάφη φτωχά σε φώσφορο και κάλιο (LAMNET, 2006a).

Όπως προαναφέρθηκε, τα φωσφορικά και καλιούχα λιπάσματα και το αμμωνιακό άζωτο συνίσταται να εφαρμόζονται ως βασική λίπανση. Το αμμωνιακό Ν, εκτός από την ιδιότητά του να εκπλένεται δύσκολα, επιπρόσθετα συντελεί σε αυξημένη αφομοίωση P από τα φυτά του σόργου, λόγω της μείωσης του εδαφικού pH που συντελεί σε αύξηση της διαλυτότητας του P (Θεριός, 1996, Ortas and Rowell, 2004).

Από τις ποσότητες P και K που προστίθενται στην καλλιέργεια με τη λίπανση, υπολογίζεται ότι τα φυτά εκμεταλλεύονται το 80% και 85% αντίστοιχα, ενώ το 20% και 15% χάνεται λόγω διάβρωσης, επιφανειακής απορροής και έκπλυσης στους υπόγειους υδροφορείς (Ranney, 1994).

Το γλυκό σόργο διαφέρει από το ινώδες στις απαιτήσεις σε K. Οι υψηλές απαιτήσεις σε K οφείλονται στη σύνθεση των υψηλών ποσοτήτων σακχάρων. Το γλυκό σόργο για παραγωγή 2,5 τόνων/στρ ξηρής ουσίας απορροφά 9,2 kg P₂O₅ και 40,3 kg K₂O (EECI, 2000g). Μετά από καλλιέργεια γλυκού σόργου παρατηρείται σημαντική μείωση του K στο έδαφος (EECI, 2000g), γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψη στη λίπανση που θα εφαρμοστεί στην καλλιέργεια που θα ακολουθήσει.

Ο φώσφορος επηρεάζει την καταβολή των αναπαραγωγικών οργάνων, την αύξηση της ρίζας (Θεριός, 1996), την ρύθμιση της ώσμωσης των φύλλων του σόργου (Hattori et al., 2005) και την ποιότητα του σακχαρούχου χυμού του γλυκού σόργου (Wiedenfled, 1984).

Το κάλιο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των υδατανθράκων και τη σύνθεση των σακχάρων, είναι ενεργοποιητής ενζύμων (πχ ιμπερτάσης), ρυθμίζει το άνοιγμα των στοματίων και αυξάνει την αντοχή στις ασθένειες (Θεριός, 1996).

2.6 Άρδευση

Η άρδευση είναι απαραίτητη στις μεσογειακές κλιματικές συνθήκες διότι η κύρια ανάπτυξη της καλλιέργειας συμπίπτει με την ξηροθερμική περίοδο του θέρους. Δεδομένης της λειψυδρίας στην περιοχή της Μεσογείου, είναι απαραίτητο ένα ορθολογικό πρόγραμμα άρδευσης της καλλιέργειας για αριστοποίηση της χρήσης του αρδευτικού νερού. Έχουν γίνει αρκετά πειράματα αγρού σχετικά με το ισοζύγιο νερού, τα αποτελέσματα των οποίων παρέχουν τα στοιχεία για τον ορθό σχεδιασμό της άρδευσης στο γλυκό και ινώδες σόργο.

Μια πιθανή προοπτική που πρέπει να ερευνηθεί είναι και η χρήση του νερού από υγρά απόβλητα για την άρδευση της καλλιέργειας (Luger, 1997). Η καλλιέργεια έχει σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε νερό. Οι υδατικές ανάγκες του γλυκού και του ινώδους σόργου για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου είναι 600-700 mm νερού (Υπουργείο Γεωργίας, 2000). Στα διαγράμματα 4.3 και 4.4 παρουσιάζεται η συνολική πορεία της εξατμισοδιαπνοής και σε διάφορα επίπεδα άρδευσης στην Κ. Ελλάδα και η ημερήσια πορεία της εξατμισοδιαπνοής στη Ν. Ιταλία, σε καλλιέργεια γλυκού σόργου.

Το γλυκό και το ινώδες σόργο έχουν πολύ υψηλή αποδοτικότητα χρήσης νερού. Γενικά απαιτούνται 150-350 λίτρα νερού ανά κιλό παραγόμενης ξηρής βιομάζας όταν οι αντίστοιχες ανάγκες για τις C₃ καλλιέργειες είναι 300-800 λίτρα (El Bassam, 1998), για το σιτάρι 500 και για τη σόγια 700 λίτρα (Grassi et al., 2004).

Στις μεσογειακές συνθήκες, απαιτείται άρδευση ύψους 300-700 mm, ανάλογα με τις εδαφοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν, για επίτευξη υψηλών αποδόσεων σε βιομάζα.

3. Αποδόσεις

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 (Fox and Rockstrom, 2003). 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).

Οι αποδόσεις του γλυκού σόργου κυμαίνονται μεταξύ 2,2-14 τόνοι/στρέμμα σε χλωρό βάρος και 1,2-4,5 τόνοι/στρέμμα σε ξηρή βιομάζα, με τυπικές παραγωγές 7-9 και 2-2,5 τόνοι/στρέμμα χλωρής και ξηρής βιομάζας, αντίστοιχα (Grassi et al., 2004).

Για την Ευρώπη οι αποδόσεις του γλυκού σόργου είναι κατά μέσο όρο 9 τόνοι/στρέμμα σε χλωρή βιομάζα, 2,5 τόνοι/στρέμμα σε ξηρή βιομάζα και 900 kg/στρ. σε σάκχαρα (Moncada, 1994, Dos Santos, 2006), ενώ στη Ν. Ευρώπη η μέση παραγωγή του γλυκού σόργου σε ξηρή βιομάζα είναι 3,5 τόνοι/στρέμμα (Diamantidis and Koukios, 2000). Σχετικά με τις ποικιλίες, οι πρώιμες είναι κατάλληλες για καλλιέργεια σε βορειότερες περιοχές (Γαλλία, Ν. Γερμανία) και οι όψιμες για τις χώρες τις Μεσογείου.

Πανευρωπαϊκά, οι μέγιστες παραγωγές γλυκού και ινώδους σόργου επιτυγχάνονται από ποικιλίες μεγάλου βιολογικού κύκλου στην Ελλάδα και τη Ν. Ιταλία και είναι της τάξης των 4 τόνων/στρέμμα σε ξηρή βιομάζα (BioMatNet, 2000). Σύμφωνα με τους Diamantidis and Koukios (2000), η μέση απόδοση ξηρής βιομάζας του γλυκού σόργου στη Ν. Ευρώπη, από 3,5 τόνοι/στρέμμα το έτος 2000 αναμένεται να φτάσει στους 4,06 τόνοι/στρέμμα το 2020 και 4,38 τόνοι/στρέμμα το 2050.

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

4.Εχθροί – Ασθένειες

4.1 Γενικά

Οι καλλιέργειες γλυκού και ινώδους σόργου είναι νέες καλλιέργειες οι οποίες δεν υπάρχουν σε εμπορική κλίμακα στην Ελλάδα. Επίσης είναι σχεδόν ανύπαρκτη και η καλλιέργεια καρποδοτικού και κτηνοτροφικού σόργου οπότε δεν υπάρχουν δεδομένα και

εμπειρία σχετικά με τους εχθρούς και τις ασθένειες της καλλιέργειας σόργου στη χώρα μας. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο βασίζονται κυρίως στη διεθνή βιβλιογραφία.

Λόγω της φύσης της καλλιέργειας του γλυκού και ινώδους σόργου, δηλαδή ως ενεργειακές καλλιέργειες (κυρίως παραγωγή βιομάζας), πιθανότατα να μην είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας οι προσβολές από έντομα και ασθένειες διότι ενδιαφέρει κυρίως η ποσοτική και όχι η ποιοτική ζημιά. Παρόλα αυτά, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, κάποια είδη εχθρών και παθογόνων μπορεί να αποτελέσουν σοβαρή απειλή για την καλλιέργεια.

Προς το παρόν το σόργο καλλιεργείται σε πολύ μικρή κλίμακα στην Ευρώπη. Σημαντικά προβλήματα φυτοπροστασίας πιθανώς θα εμφανιστούν όταν αναπτυχθεί η καλλιέργεια του σόργου σε μεγάλη κλίμακα (Berenji and Dahlberg, 2004).

Σημαντικές ζημιές μπορεί να προκληθούν και από τα πουλιά, καθώς τα σπέρματα του σόργου είναι ιδιαίτερα ελκυστικά γι' αυτά (Undersander et al., 1990a, Smartt and Simmonds, 1995, Guiying et al., 2004, Tsuchihashi and Goto, 2004, FAO, 2006). Τέτοια προβλήματα είναι σημαντικότερα σε μικρού μεγέθους αγροτεμάχια ή κοντά σε κατοικημένες περιοχές (Undersander et al., 1990a).

Υπάρχουν πολλοί εν δυνάμει εχθροί του σόργου, έντομα και ακάρεα, κάποια εκ των οποίων προσβάλλουν τα φυτά σε οποιοδήποτε στάδιο ανάπτυξης, ενώ άλλα προκαλούν οικονομική ζημία μόνο σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης (Smith and Frederiksen, 2000).

Τα έντομα που προσβάλλουν το σόργο είναι ευρέως διαδεδομένα, δεν είναι εξειδικευμένα ως προς τον ξενιστή και δεν συνεξελίχθηκαν με το σόργο. Στα αγροοικοσυστήματα σόργου υπάρχουν βασικά είδη εντόμων που ενδημούν (πχ *Schizaphis graminum*, *Stenodiplosis sorghicola*, *Atherigona soccata*) και δευτερεύοντα είδη (πχ *Oligonychus pratensis*, *Helicoverpa zea*). Άλλα είδη μπορεί να δημιουργούν τοπικά προβλήματα ή προκαλούν ζημιές περιστασιακά (σιδεροσκούληκα Elateridae, είδη Noctuidae και Tenebrionidae, είδη

Aphididae, κοφτοσκοούληκα κ.α) (Smith and Frederiksen, 2000). Στα καλλιεργητικά μέτρα περιλαμβάνονται η καλλιέργεια του εδάφους, ο έλεγχος των ζιζανίων, η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών και η αμειψισπορά.

Η αμειψισπορά ενδείκνυται για έντομα που δεν μετακινούνται και δεν είναι πολυφάγα (πχ είδη *Diabrotica*), ενώ δεν ωφελεί στην αντιμετώπιση πολυφάγων εντόμων (Τζανακάκης, 1995). Επίσης συνιστάται χρήση σπόρου υψηλής βλαστικότητας, πάνω από 80% και καλά προετοιμασμένη σποροκλίνη, ώστε να εξασφαλιστεί γρήγορο φύτεωμα (Smith and Frederiksen, 2000).

Σε περίπτωση που χρειαστεί επέμβαση με κάποιο εντομοκτόνο, πρέπει να αποφεύγεται η χρήση οργανοφωσφορικών διότι συνήθως είναι φυτοτοξικά για το σόργο, ιδιαίτερα για το γλυκό σόργο (Freeman et al., 1973, Sprenkel, 2005).

Οι μυκητολογικές ασθένειες οφείλονται σε μύκητες που υπάρχουν στο σπόρο ή στο έδαφος και μπορεί να προκληθούν σοβαρές απώλειες, αν επικρατήσουν ευνοϊκές για τα παθογόνα συνθήκες, από τη σπορά μέχρι και λίγο μετά το φύτεωμα. Τα παθογόνα προκαλούν σήψη των σπόρων οι οποίοι δεν βλασταίνουν και σάπισμα των φυταρίων προσβάλλοντας κυρίως το ριζικό τους σύστημα (Frederiksen, 1986).

Μύκητες που προκαλούν αυτού του είδους τις προσβολές είναι κυρίως οι *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Rhizoctonia* spp. και *Phoma* spp. (Frederiksen, 1986, Θανασουλόπουλος, 1995, Smith and Frederiksen, 2000).

Οι ζημιές είναι μεγαλύτερες όταν γίνει σπορά σε μεγάλο βάθος, η σποροκλίνη δεν έχει προετοιμαστεί κατάλληλα, υπάρχει υψηλή υγρασία στο έδαφος και επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίας, κυρίως λόγω καθυστέρησης του φυτρώματος και βραδείας ανάπτυξης του ριζικού συστήματος και των φυταρίων (Frederiksen, 1986).

Για αποφυγή προβλημάτων συνιστάται προστασία του σπόρου με διασυστηματικά μυκητοκτόνα όπως τα metalaxyl και fosetyl Al σε συνδυασμό με captan (Frederiksen, 1986).

Οι Ανθρακες και σκωριάσεις προσβάλλουν το σόργο οφείλονται στους μύκητες *Sporisorium reilianum*, *Sphacelotheca cruenta*, *Sporisorium sorghi* και *Tolyposporium ehrenbergii* (Frederiksen, 1986, Θανασουλόπουλος, 1995, Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρεία, 1998). Είναι χαρακτηριστική η ικανότητά τους να δημιουργούν ταχύτατα νέες μολυσματικές φυλές και να υπερνικούν την ανοχή των ξενιστών τους (Θανασουλόπουλος, 1995).

Η σκωρίαση του σόργου οφείλεται στον μύκητα *Puccinia purpurea* σε ψυχρές και υγρές περιόδους (Frederiksen, 1986), κυρίως τους πρώτους μήνες της καλλιεργητικής περιόδου (Smith and Frederiksen, 2000). Άλλοι μύκητες που προκαλούν σκωριάσεις και το σόργο αναφέρεται ως ξενιστής τους είναι οι *P. jaagii*, *P. cesati* και *Uredo geniculata* (Frederiksen, 1986).

Οι σκωριάσεις προκαλούν και επιδημίες σε ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος, λόγω της εξαιρετικά μεγάλης παραγωγής ουρεδοσπορίων και της δυνατότητας μεταφοράς των σε μεγάλες αποστάσεις με τον άνεμο (Θανασουλόπουλος, 1995).

4.2 Έλεγχος ασθενειών

Γενικά συστήνεται η πρόληψη των μυκητολογικών ασθενειών του σόργου και όχι η θεραπεία με χρήση μυκητοκτόνων (Freeman et al., 1973).

Η πρόληψη αφορά την επέμβαση, με λήψη μέτρων, στο επιδημιολογικό τρίγωνο ξενιστής-παθογόνο-περιβάλλον. Έτσι οι απώλειες από ασθένειες ελαχιστοποιούνται με χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, χρήση υγιούς σπόρου και σπόρου στον οποίο έχει γίνει απολύμανση με μυκητοκτόνο (πχ Captan), εξασφάλιση καλών συνθηκών ανάπτυξης της καλλιέργειας,

καταστροφή των προσβεβλημένων φυτών και αμειψισπορά (Freeman et al., 1973, Frederiksen, 1986, Undersander et al., 1990a, Mask and Morris, 1991, Θανασουλόπουλος, 1995, Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρεία, 1998).

Επίσης η γλωρή λίπανση με βίκο περιορίζει την ανάπτυξη εδαφογενών μυκήτων διότι οδηγεί σε ανάπτυξη των σαπροφυτικών οργανισμών σε βάρος των παρασιτικών, δηλαδή σε πληθυσμιακό ανταγωνισμό των μικροοργανισμών του εδάφους (Τζαβέλλα-Κλωνάρη και Κατής, 1995).

4.3 Νηματώδεις

Οι νηματώδεις διαβιούν στο έδαφος και δρουν ως εκτοπαράσιτα ή ενδοπαράσιτα των ριζών (Frederiksen, 1986, Gazaway and Mask, 2006a). Χαρακτηριστικά συμπτώματα είναι οι υπερπλασίες (κόμβοι) στις ρίζες και η ανώμαλη ή μειωμένη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (Frederiksen, 1986). Τα φυτά παρουσιάζουν εικόνα έλλειψης νερού ή θρεπτικών (Gazaway and Mask, 2006a).

Τα γένη *Tylenchorhynchus*, *Quinisulcius* και *Merlinius* προκαλούν νανισμό και περιορισμένο ριζικό σύστημα. Αναφέρεται ότι το είδος *T. nudus* προκαλεί μείωση της ανάπτυξης των φυτών του σόργου κατά 10% και 56%, σε χωράφια με λίπανση και χωρίς λίπανση, αντίστοιχα. Τα είδη *Meloidogyne* προκαλούν υπερπλασίες στις ρίζες και τα *Pratylenchus* spp. (*P. Zeae* και *P. hexincisus*) νέκρωση των ριζών (Frederiksen, 1986).

Άλλα είδη νηματωδών που προσβάλουν το σόργο είναι τα *Dolichodorus* spp., *Paratylenchus* spp., *Paratrichodorus* spp. κ.α. (Horne and Frederiksen, 1993).

Για την αντιμετώπισή τους προτείνεται αμειψισπορά, καλλιεργητικά μέτρα και χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, ενώ η εφαρμογή χημικών νηματωδοκτόνων (καρβαμιδικά κ.α) είναι συνήθως αντοικονομική (Frederiksen, 1986).

4.4 Τροφοπενίες και τοξικότητες θρεπτικών στοιχείων

Σημαντικότερες τροφοπενίες είναι αυτές του αζώτου (N), με κύριο σύμπτωμα τα κιτρινωπά χλωρωτικά φύλλα, του φωσφόρου (P) με κοκκίνισμα των φύλλων και του καλίου (K) όπου προκαλείται καστανός μεταχρωματισμός στα φύλλα του σόργου. Η τροφοπενία σιδήρου (Fe) είναι επίσης συχνή, με ανοιχτοκίτρινη χλώρωση των νεαρών φύλλων και εμφανίζεται σε αλκαλικά και ασβεστούχα εδάφη όπου ο σίδηρος βρίσκεται σε μη αφομοιώσιμη για τα φυτά μορφή (Frederiksen, 1986).

Τα συμπτώματα από τροφοπενίες και τοξικότητες διαφόρων θρεπτικών στοιχείων μπορεί να είναι παρόμοια όπως στις περιπτώσεις τροφοπενιών καλίου, μαγνησίου, μαγγανίου και τοξικότητας φωσφόρου.

Συμπεράσματα

Το γλυκό και ινώδες σόργο είναι φυτά ανθεκτικά στην έλλειψη νερού, έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε άζωτο και παρουσιάζουν πολύ υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού. Έχουν υψηλό παραγωγικό δυναμικό, τόσο σε οριακές οικολογικές συνθήκες όσο και με χαμηλά επίπεδα εισροών και ενδείκνυνται για αντικατάσταση συμβατικών καλλιεργούμενων φυτών στη Ν. Ευρώπη, στα πλαίσια της ενεργειακής γεωργίας.

Τα πειραματικά αποτελέσματα στη Ελλάδα δείχνουν την ύπαρξη συγκριτικού πλεονεκτήματος, σε επίπεδο στρεμματικών αποδόσεων, σε σχέση με τις χώρες της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης, ενώ συγχρόνως το γλυκό και ινώδες σόργο είναι από τις πλέον υποσχόμενες καλλιέργειες για τη χώρα μας.

Οι αποδόσεις σε βιομάζα είναι εξαιρετικά υψηλές και μπορούν να φτάσουν τους 14 τόνους/στρ. σε χλωρό βάρος και τους 4,5 τόνους/στρ. σε ξηρή βιομάζα.

Το γλυκό και το ινώδες σόργο μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για παραγωγή κτηνοτροφών όσο και για παραγωγή βιοαιθανόλης και βιομεθανόλης, ξηρών καυσίμων και πέλλετς, ηλεκτρισμού, βιοαερίου και βιο-υδρογόνου καθώς και για παραγωγή χαρτοπολτού και οργανικού λιπάσματος.

Σχετικά με την μελλοντική καλλιέργεια του γλυκού και ινώδους 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. Επίσης φαίνεται ότι τα φυτά είναι δυνατόν να εισαχθούν στα διάφορα συστήματα εναλλαγής καλλιεργειών χωρίς ιδιαίτερο πρόβλημα, μπορεί να γίνει χρήση του υπάρχοντος γεωργικού εξοπλισμού και να επιτευχθεί υψηλό καθαρό ενεργειακό κέρδος από την καλλιέργεια.

Η εμπλοκή των γεωργών μπορεί να είναι αυτοδύναμη ή σε σχήματα κοινών επιχειρήσεων με μη αγρότες επιχειρηματίες. Στην περίπτωση μη συμμετοχής στον τομέα της

μεταποίησης αλλά ενασχόλησης των παραγωγών μόνο με τον πρωτογενή τομέα, το μοντέλο της συμβολαιακής γεωργίας είναι το μόνο ενδεικνυόμενο.

Η ένταξη των φυτών στην ελληνική αγροτική οικονομία μπορεί να επιτευχθεί χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, στα πλαίσια της πολιτικής προώθησης της παραγωγής κτηνοτροφής αλλά και της χρήσης βιομάζας και βιοκαυσίμων από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και ως μια εναλλακτική πρόταση σε προγράμματα αναδιάρθρωσης της γεωργικής παραγωγής.

Βιβλιογραφία

1. Alam, S., Ali, A., Qamar, I. A., Arshad, M. and Sheikh, S. (2001). Correlation of economically important traits in Sorghum bicolor varieties. *Online Journal of Biological Sciences* 1 (5): 330-331.
2. Albrizio, R. and Steduto, P. (2003). Photosynthesis, respiration and conservative carbon use efficiency of four field grown crops. *Agricultural and Forest Meteorology* 116: 19-36.
3. Albrizio, R. and Steduto, P. (2005). Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea. *Agricultural and Forest Meteorology* 130: 254-268.
4. 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.
5. Amzallag, G. N. (2005). Perturbed reproductive development in salt-treated Sorghum bicolor: a consequence of modifications in regulation networks? *Journal of Experimental Botany*, Vol. 56, No 421: 2821-2829.
6. 21. Berenji, J. and Dahlberg, J. (2004). Perspectives of sorghum in Europe. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190: pp. 332-338.
7. Billa, E., Koullas, D. P., Monties, B. and Koukios, E. G. (1997). Structure and composition of sweet sorghum stalk components. *Industrial Crops and Products* 6: 297-302.
8. BioMatNet (2000). SORGHUM: Environmental studies on sweet and fibre sorghum sustainable crops for biomass and energy. 2000 Progress Report Executive Summary (FAIR-CT96-1913). Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.biomatnet.org/secure/Fair/R1913.htm>

9. Buxton, D. R., Anderson, I. C. and Hallam, A. (1999). Performance of sweet and forage sorghum grown continuously, double-cropped with winter rye, or in rotation with soybean and maize. *Agronomy Journal* 91: 93-101.
10. 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).
11. Curt, M. D., Fernandez, J. and Martinez, M. (1994). Potential of sweet sorghum crop for biomass and sugars production in Madrid (Spain) (pp. 632-635). In D. O. Hall, G. Grassi and H. Scheer (eds.), Biomass for Energy and Industry, 7th E.C. Conference. Ponte Press, Bochum.
12. Curt, M. D., Fernandez, J. and Martinez, M. (1995). Productivity and water use efficiency of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. "Keller" in relation to water regime. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 8, No 6: 401-409.
13. Dalianis, C., Christou, M., Sooter, S., Kyritsis, S., Zafiris, Ch. and Samiotakis, G. (1994a). Effect of irrigation and nitrogen fertilization rates on growth and productivity of sweet sorghum. (pp. 1220-1228). In D. O. Hall, G. Grassi and H. Scheer (eds.), Biomass for Energy and Industry, 7th E.C. Conference. Ponte Press, Bochum.
14. Dalianis, C., Christou, M., Sooter, S., Kyritsis, S., Zafiris, Ch. and Samiotakis, G. (1994b). Growth and productivity of sweet sorghum in Greece. (pp. 636-642). In D. O. Hall, G. Grassi and H. Scheer (eds.), Biomass for Energy and Industry, 7th E.C. Conference. Ponte Press, Bochum.
15. Dercas, N. and Liakatas, A. (1999). Sorghum water loss in relation to irrigation treatment. *Water Resources Management* 13: 39-57.

16. Dev Sharma, A., Kumar, S. and Singh, P. (2006). Expression analysis of a stress-modulated transcript in drought tolerant and susceptible cultivars of sorghum (*Sorghum bicolor*). *Journal of Plant Physiology* 163: 570-576.
17. Diamantidis, N. D. and Koukios, E. G. (2000). Agricultural crops and residues as feedstocks for non-food products in Western Europe. *Industrial Crops and Products* 11: 97-106
18. Dos Santos, M. A. (2006). Energy analysis of crops used for producing ethanol and CO₂ emissions. International Virtual Institute of Global Change - IVIG. [Ανακτήθηκε: 8/5/2006] Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.ivig.coppe.ufrj.br/doc/alcofoen.pdf>
19. Duke, J. A. (1983). *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Handbook of energy crops. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Sorghum_bicolor.html
20. EECI (1999a). Adaptability and productivity of sweet sorghum in Northern Greece. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στο: www.eeci.net/archive/biobase/B10470.html
21. EECI (1999b). Effect of plant on growth, productivity and sugar yields of sweet sorghum in Greece. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10473.html>
22. EECI (1999c). Fiber sorghum, a promising annual crop for biomass production in Greece. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στο: www.eeci.net/archive/biobase/B10466.html
23. EECI (1999d). Outlooks of sweet sorghum crop for ethanol production in Spain based on varietal results in multilocal trials. European Energy Crops Internetwork.

- Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο:
<http://www.eeci.net/archive/biobase/B10191.html>
24. EECI (1999e). Productivity trial on sweet and fibre sorghum genotypes in central Greece. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο:
<http://www.eeci.net/archive/biobase/B10477.html>
25. EECI (1999f). Sweet sorghum a promising annual crop for Greece. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο:
<http://www.eeci.net/archive/biobase/B10467.htm>
26. EECI (2000a). Comparison between miscanthus, kenaf and sorghum with regards to water and N availability. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10545.html>
27. EECI (2000b). Current status of energy crops in Greece. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο:
<http://www.eeci.net/archive/biobase/B10678.html>
28. EECI (2000c). Description of growing experience on sweet sorghum in Greece. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στο: www.eeci.net/archive/biobase/B10214.html
29. EECI (2000f). Energy crops in Romania. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στο διαδικτυακό τόπο: <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10683.htm>
30. EECI (2000g). Environmental studies on sweet and fiber sorghum sustainable crops for biomass production and energy (Project FAIR CT3-CT96 1913) - Spanish contribution. European Energy Crops Internetwork. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10262.html>
31. El Bassam, N. (1998). C3 and C4 plant species as energy sources and their potential impact on environment and climate. *Renewable Energy* 15: 205-210.

32. Ελληνική Φυτοπαθολογική Εταιρεία (1998). Οδηγός αντιμετώπισης ασθενειών των φυτών. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα.
33. EUBIONET (2003). Biomass Survey in Europe, Country Report of Greece. European Bioenergy Networks. Διαθέσιμο: www.eubionet.net/ACFiles/Download.asp?recID=3104
34. FAO (2006). Grassland species profiles: Sorghum bicolor (L.) Moench. [Ανακτήθηκε: 2/2/2006]. Διαθέσιμο: <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/gbase/data/pf000319.htm>
35. Farré, I. and Faci, J. M. (2006). Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. (*Agricultural Water Management*, article in press).
36. Foti, S., Cosentino, S., Patané, C. and Mantineo, M. (2004). Sweet sorghum in mediterranean environment. Proceedings of the 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy (in press).
37. Fox, P. and Rockstrom J. (2003). Supplemental irrigation for dry-spell mitigation of rain fed agriculture in the Sahel. *Agricultural Water Management* 61: 29-50.
38. Frederiksen, R. A. (ed) (1986). Compendium of sorghum diseases. The American Phytopathological Society, USA
39. 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. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.wvu.edu/~agexten/forglvst/Bulletins/441a.pdf>

40. Gazaway, W. S. and Mask, P. L. (2006b). Disease and nematode control. Auburn University. [Ανακτήθηκε: 8/3/2006]. Διαθέσιμο στο: www.aces.edu/dept/grain/sorghCON.php
41. Gnansounou, E., Dauriat, A. and Wyman, C. E. (2005). Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. *Bioresource Technology* 96: 985-1002
42. Grassi, G. and Vasen, N. (2004). Low cost biohydrogen from solid biomass. Proceedings of the 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy (in press).
43. Guiying, L. Weibin, G., Hicks, A. and Chapman, K. R. (2004). A training manual for sweet sorghum-Under the FAO project TCP/CPR/0066. eArticle ID 172. EcoPort version by P. Griffec. Διαθέσιμο: <http://ecoport.org/ep?SearchType=articleView&articleId=172&page=2>
44. Habyarimana, E., Laureti, D., De Ninno, M. and Lorenzoni, C. (2004b). Performances of biomass sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] under different water regimes in Mediterranean region. *Industrial Crops and Products* 20: 23-28.
45. Hattori, T., Inanaga, S., Araki, H., An, P., Morita, S., Luxová, M. and Lux, A. (2005). Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum* 123: 459-466
46. Horne, C. W. and Frederiksen, R. A. (1993). Diseases of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). American Phytopathological Society - Plant pathology online. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.apsnet.org/online/common/names/sorghum>.
47. Θεριός, Ν. Ι. (1996). Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα. Εκδόσεις Γ. Δεδούση, Θεσσαλονίκη.

48. IACT (1998). Environmental studies on sweet and fibre sorghum sustainable crops for biomass and energy. (Contract FAIR-CT96-1913). 1st Annual Report-Individual progress reports for the period from 01/02/1997 to 31/01/1998.
49. Kangama, C. O. and Rumei, X. (2005a). Introduction of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) into China. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 4 (7): 575-579.
50. ΚΑΠΕ (2004). Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Διαθέσιμο στο: www.cres.gr
51. Καραμάνος, Α. Ι. (1999). Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων: αραβόσιτος, σόργο, ρύζι, κεχρί. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
52. LAMNET (2006a). Brochures and leaflets: Sweet sorghum - One of the best world food-feed-energy crop. Latin America Thematic Network on Bioenergy. [Ανακτήθηκε: 8/3/2006] Διαθέσιμο: http://p9719.typo3server.info/uploads/media/LAMNET_-_sweet_sorghum.pdf
53. Livingston, S. D. and Coffman, C. D. (1995). Syrup sorghums for Texas. L-5146, Texas Agricultural Extension Service, The Texas A & M University System, College Station. Διαθέσιμο στο: <http://sanangelo.tamu.edu/agronomy/sorghum/15146.pdf>
54. Luger, E. (1997). Energy crop species in Europe. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: http://www.blt.bmlf.gv.at/vero/artikel/artik013/Energy_crop_species+.pdf
55. Maas, E. V. (1993). Testing crops for salinity tolerance. USDA Agriculture Research Service. Διαθέσιμο: www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/53102000/pdf_pubs/P1287.pdf
56. 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. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.oecd.org/home>
57. Mask, P. L. and Morris, W. C. (1991). Sweet sorghum culture and syrup production. Circular ANR-625. Alabama Cooperative Extension Service, Auburn University. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0625/>
58. Massacci, A., Battistelli, A. and Loreto, F. (1996). Effect of drought stress on photosynthetic characteristics, growth and sugar accumulation of field-growth sweet sorghum. Abstract. *Australian Journal of Plant Physiology* 23(3): 331-340.
59. Mastrorilli, M., Katerji, N., Defilippis, R. and Incarnato, D. (1994). Sweet sorghum biomass productivity in the Mediterranean area (pp. 700-705). In D. O. Hall, G. Grassi and H. Scheer (eds.), *Biomass for Energy and Industry*, 7th EC Conference. Ponte Press, Bochum
60. Moncada, P. (1994). Biomass projects in Europe (pp. 90-93). In D. O. Hall, G. Grassi and H. Scheer (eds.), *Biomass for Energy and Industry*, 7th EC Conference. Ponte Press, Bochum.
61. Monti, A. and Venturi, G. (2003). Comparison of the energy performance of fibre sorghum, sweet sorghum and wheat monocultures in northern Italy. *European Journal of Agronomy* 19: 35-43.
62. Ortas, I. and Rowell, D. L. (2004). Effect of ammonium and nitrate on indigenous mycorrhizal infection, rhizosphere pH change and phosphorus uptake by sorghum. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 2471-2494.
63. Παπακόστα, Δ. (1996). Σημειώσεις ειδικής γεωργίας Ι (σιτηρά, ψυχανθή, χορτοδοτικά φυτά). Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Θεσσαλονίκη.

64. Ranney, J. W. (1994). Principles and issues of biomass energy crops and the environment (pp. 60-71). In D. O. Hall, G. Grassi and H. Scheer (eds.), *Biomass for Energy and Industry*, 7th E.C. Conference. Ponte Press, Bochum
65. Shah, Z., Shah, S. H., Peoples, M. B., Schewenke, G. D. and Herridge, D. F. (2003). Crop residue and fertilizer N effects on nitrogen fixation and yields of legume-cereal rotations and soil organic fertility. *Field Crops Research* 83: 1-11.
66. Smartt, J. and Simmonds, N. W. (eds) (1995). *Evolution of crop plants* (2nd edition). Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd., Singapore
67. Smith, C. W. and Frederiksen, R. A. (eds) (2000). *Sorghum: origin, history, technology and production*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
68. Sprengel, R. K. (2005). Insect management in sorghum. ENY-404. Entomology and nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IG/IG06300.pdf>
69. Steduto, P., Katerji, N., Puertos-Molina, H., Unlu, M., Mastrorilli, M. and Rana, G. (1997). Water-use efficiency of sweet sorghum under water stress conditions. Gas-exchange investigations at leaf and canopy scales. *Field Crops Research* 54: 221-234
70. Stricevic, R. and Caki, E. (1997). Relationships between available soil water and indicators of plant water status of sweet sorghum to be applied in irrigation scheduling. *Irrigation Science* 18: 17-21.
71. Σφήκας, Α. Γ. (1991). Γενική Γεωργία. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη.
72. Tarumoto, I., Yanase, M., Kadowaki, H., Yamada, T. and Kasuga, S. (2005). Inheritance of photoperiod-sensitivity genes controlling flower initiation in sorghum, *Sorghum bicolor* Moench. *Grassland Science* 51: 55-61.

73. Τζαβέλλα-Κλωνάρη, Κ. και Κατής, Ν. (1995). Γενική φυτοπαθολογία - πανεπιστημιακές παραδόσεις. Υπηρεσία δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
74. Τζανακάκης, Μ. Ε. (1995). Εντομολογία. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
75. TNAU (2006). Sweet sorghum production technology. Tamil Nadu Agricultural University. [Ανακτήθηκε:7/3/2006]. Διαθέσιμο στο: www.tnau.ac.in/tech/swc/swsorghum.pdf
76. Tolk, J. A., Howell, T. A., Steiner, J. L. and Evett, S. R. (1997). Grain sorghum growth, water use, and yield in contrasting soils. *Agricultural Water Management* 35: 29-42.
77. Tsuchihashi, N. and Goto, Y. (2004). Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. *Plant Production Science* 7(4): 442-448.
78. Undersander, D. J., Lueschen, W. E., Smith, L. H., Kaminski, A. R., Doll, J. D., Kelling, K. A. and Oplinger, E. S. (1990a). Sorghum-for syrup. Alternative Field Crops Manual. Extension, Cooperative Extension, University of Wisconsin - Center for Alternative Plant & Animal Products and the Minnesota Extension Service, University of Minnesota. Διαθέσιμο στο: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/syrup.html>
79. Undersander, D. J., Smith, L. H., Kaminski, A. R., Kelling, K. A. and Doll, J. D. (1990b). Sorghum-forage. Alternative Field Crops Manual. Extension, Cooperative Extension, University of Wisconsin - Center for Alternative Plant & Animal Products and the Minnesota Extension Service, University of Minnesota. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/forage.html>

80. Unlu, M. and Steduto, P. (2000). Comparison of photosynthetic water use efficiency of sweet sorghum at canopy and leaf scales. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 24: 519-525.
81. Van Oosterom, E. J., Carberry, P. S. and Muchow, R. C. (2001). Critical and minimum N contents for development and growth of grain sorghum. *Field Crops Research* 70: 55-73.
82. Venturi, P. and Venturi, G. (2003). Analysis of energy comparison for crops in european agricultural systems. *Biomass and Bioenergy* 25: 235-255.
83. Wiedenfeld, R. P. (1984). Nutrient requirements and use efficiency by sweet sorghum. *Energy in Agriculture* 3: 49-59.
84. Woods, J. (2001). The potential for energy production using sweet sorghum in southern Africa. *Energy for Sustainable Development*, 5, No 1: 31-38.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000136958