

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πρωτ. 366
Ημερομηνία 27-9-11

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : Μαρία Σακελλαρίου-
Μακραντωνάκη

Πτυχιακή Διατριβή της φοιτήτριας: Δήμητρας Στόλα

ΘΕΜΑ:
"ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΕΡΕΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ"

ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2009



ΒΟΛΟΣ 2011



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

Αριθ. Εισ.: 10152/1
Ημερ. Εισ.: 24-11-2011
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2011
ΣΤΥ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Μ.,
ΔΗΜΗΡΚΟΥ Α.,
ΑΛΕΞΙΟΥ Ι.,

Καθηγήτρια Π.Θ.
Καθηγήτρια Π.Θ.
Διδάσκων ΠΔ407/80 Π.Θ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγει το εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα της πτυχιακής μου διατριβής δόθηκε από την καθηγήτρια και Πρόεδρο του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κ. Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη στα πλαίσια του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών.

Αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κ. Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη για την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση των θεωρητικών και πειραματικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς. Επίσης την ευχαριστώ για την ηθική της υποστήριξη και την κριτική που άσκησε πριν την ολοκλήρωση της τελικής μορφής του κειμένου της διατριβής μου.

Ευχαριστώ επίσης, την Καθηγήτρια Π.Θ κ. Ανθούλα Δημήρκου, καθώς και τον Διδάσκων Π.Δ. 407/80 Π.Θ και Ερευνητή του ΕΘΙΑΓΕ, κ. Ιωάννη Αλεξίου, για τις διορθώσεις, τις συμβουλές τους και την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή. Η συμβολή τους στην διεκπεραίωση της διατριβής αυτής ήταν καθοριστικής σημασίας, οι συζητήσεις μας αποδείχτηκαν πολύ επικοδομητικές και τους ευχαριστώ θερμά για αυτό.

Εκφράζονται ευχαριστίες στο μέλος Ε.ΕΔ.Ι.Π. του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος κ. Νικόλαο Παπανίκο και στον υπ. Διδάκτορα Δ. Δημάκα, για τη αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Γενικά	6
1.2 Σκοπός του έργου	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΣΟΡΓΟ	
2.1 Γενικά	8
2.2 Βοτανική ταξινόμηση	9
2.3 Βοτανικά γνωρίσματα	9
2.4 Οικολογικές απαιτήσεις	10
2.4.1 Κλίμα	10
2.4.2 Έδαφος	11
2.5 Καλλιέργεια	11
2.5.1 Αμειψισπορά	11
2.5.2 Κατεργασία εδάφους	11
2.5.3 Λίπανση	12
2.5.4 Σπορά	12
2.5.5 Άρδευση	13
2.5.6 Αραιώμα	13
2.5.7 Αντιμετώπιση ζιζανίων	13
2.5.8 Συγκομιδή	13
2.6 Αποθήκευση	14
2.7 Εχθροί	14
2.7.1 Έντομα εδάφους	14
2.7.2 Έντομα υπέργειου τμήματος	14
2.7.3 Εχθροί αποθηκών	14
2.8 Ασθένειες	14
2.8.1 Ασθένειες σπόρου και νεαρών φυτών	14
2.8.2 Ασθένειες ανεπτυγμένων φυτών	14
2.9 Προϊόντα	15
2.10. Γλυκό σόργο (Sweet sorghum)	16
2.10.1 Γενικά	16
2.11 Παραγωγή βιοενέργειας	16
2.12 Βελτίωση	17
2.12.1 Μέθοδοι	17
2.12.2 Γνωρίσματα για βελτίωση στο σόργο	18
2.13 Σημασία του σόργου για την Ελλάδα	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

3.1 Νομοθετικό πλαίσιο	20
3.1.1 Γενικά	20
3.1.2 Παρουσίαση κατάστασης στην Ε.Ε.	21
3.1.3 Επισκόπηση Ελληνικής Νομοθεσίας	23
3.2 Επεξεργασία και χαρακτηριστικά υλίων	25
3.2.1 Γενικά	25
3.2.2 Μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος	25
3.2.2.1 Προετοιμασία	25
3.2.2.2 Πάχυνση	27
3.2.2.3 Αφυδάτωση	27
3.2.2.4 Σταθεροποίηση	28
3.2.2.5 Ξήρανση	28
3.2.2.6 Παστερίωση	29
3.2.2.7. Απολύμανση	29
3.3 Χαρακτηριστικά της ιλύος	30
3.3.1 Τυπική σύσταση ιλύος	30
3.4 Διάθεση στο έδαφος για γεωργικούς σκοπούς	30
3.4.1 Γενικά	30
3.4.2 Περιορισμοί	30
3.4.2.1 Βαρέα μέταλλα	31
3.4.2.2 Συνθετικές οργανικές ενώσεις	32
3.4.2.3 Παθογόνοι μικροοργανισμοί	33
3.4.2.4 Προστασία επιφανειακών και υπόγειων υδάτων	34
3.4.2.5 Οχλήσεις – Δυσσομίες	35
3.4.3 Πρακτική εφαρμογής της μεθόδου	35
3.4.3.1 Αποθήκευση ιλύος	35
3.4.3.2 Μεταφορά ιλύος	36
3.4.3.3 Διάθεση ιλύος	36
3.4.4 Επιπτώσεις και οφέλη	38
3.4.1 Γενικά	38
3.5 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα	38
3.5.1 Επεξεργασία και διάθεση ιλύος στην Ελλάδα	38
3.6: Εφαρμογή στο έδαφος	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΡΔΕΥΣΗ

4.1 Εισαγωγή	42
4.2 Μέθοδοι άρδευσης	43
4.3 Στάγδην άρδευση	45
4.4 Επιφανειακή στάγδην άρδευση	45
4.4.1 Πλεονεκτήματα επιφανειακής στάγδην άρδευσης	47
4.4.2 Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Γενικά	51
5.2 Κλιματικά δεδομένα	51
5.3 Εδαφολογικά δεδομένα	51
5.4 Βιοστερεά-Λίπανση	51
5.5 Χάραξη πειραματικού αγρού	52
5.6 Εγκατάσταση της καλλιέργειας	52
5.7 Υλικά άρδευσης	53
5.8 Εξατμισόμετρο τύπου A	55
5.9 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών σόργου	55
5.9.1 Μετρήσεις ύψους φυτών	55
5.9.2 Μετρήσεις χλωρής – ξηρής βιομάζας φυτών	56
5.10 Μετεωρολογικά δεδομένα	57
5.11 Υπολογισμός δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης	57
5.12 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Κλιματικά δεδομένα	60
6.2 Ανάπτυξη της καλλιέργειας	62
6.3 Άρδευση	65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1 Ελληνική Βιβλιογραφία	67
8.2 Ξένη Βιβλιογραφία	68

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διερευνήθηκε η ανάπτυξη και η απόδοση του γλυκού Σόργου ως ενεργειακού φυτού (*Sorghum bicolor* L.), υπό την επίδραση της επιφανειακής στάγδην άρδευσης με εφαρμογή επεξεργασμένων στερεών αποβλήτων της πόλης του Βόλου μετά από ακτινοθερμική επεξεργασία. Για το σκοπό αυτό έγινε πείραμα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο το έτος 2009, το οποίο διεξήχθη σε 4 μεταχειρίσεις φυτών σε 3 επαναλήψεις, με α) Εφαρμογή βιοστερεών με δόση άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (B80), β) Εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος με δόση άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (F80), γ) Μάρτυρας με δόση άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (C80), δ) Εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος με δόση άρδευσης ίση με το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (F100). Η ποσότητα του εφαρμοζόμενου νερού καθορίστηκε με τη βοήθεια εξατμισιμέτρου τύπου Α. Παράλληλα με την χρησιμοποίηση επεξεργασμένων στερεών αστικών απόβλητων, επιτεύχθηκε σημαντική εξοικονόμηση αρδευτικού νερού καθιστώντας φανερή τη δυναμική της άρδευσης με επεξεργασμένα στερεά αστικά απόβλητα στο γλυκό Σόργο ως εναλλακτικής καλλιέργειας για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μια αλλαγή στρατηγικής τόσο της ευρωπαϊκής ένωσης (Agenda 2000) όσο και παγκοσμίως, σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον και έχουν στρέψει το ενδιαφέρον της επιστήμης στην εύρεση μεθόδων και υλικών που θα μεγιστοποιούν τις εισροές ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όπως η βιομάζα, αλλά και θα μειώσουν ταυτόχρονα την κατανάλωση και τους ρύπους των συμβατικών ενεργειακών καυσίμων. Επίσης η έλλειψη νερού έχει κάνει την διεθνή κοινότητα να αναζητά νέες πηγές, όπως τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στην γεωργία όσο και την βιομηχανία με μεγάλα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς επίσης και για άρδευση μικρών εκτάσεων όπως πάρκα και αλσύλλια μετά από κατάλληλη επεξεργασία καθαρισμού.

Είναι γεγονός ότι παγκοσμίως το ποσοστό του νερού που χρησιμοποιείται για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων ανέρχεται περίπου στο 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Στην Ελλάδα, το ποσοστό αυτό ανέρχεται περίπου στο 84%, ποσοστό αρκετά σημαντικό σε σχέση με το 2-3% που διατίθεται για βιομηχανική χρήση και το 13% που διατίθεται για αστική χρήση (Παπαδόπουλος & Παρισόπουλος, 2001). Επομένως το οικονομικό όφελος από την

εφαρμογή επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων για άρδευση, προβλέπεται ότι θα είναι σημαντικό, δεδομένης και της λειψυδρίας κατά τους θερινούς μήνες. Ακόμη έχουν καταγραφεί περιπτώσεις όπου έχουν χρησιμοποιηθεί επεξεργασμένα αστικά αποβλήτα για την άρδευση καλλιεργειών, δασών, πάρκων αναψυχής, γηπέδων γκολφ, κ.α. Όπως φαίνεται λοιπόν τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα αποτελούν μια πολύτιμη πηγή από θρεπτικές ουσίες και νερό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως υπόστρωμα σε καλλιέργειες (Al-Jamal M.S. et al., 2002).

Ειδικότερα, όσον αφορά το θέμα των καλλιεργειών, έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στην αξιοποίηση ενεργειακών φυτών όπως το σόργο (*Sorghum bicolor* L.), που είναι μονοετές φυτό μικρής φωτοπεριόδου, ανήκει στην κατηγορία φυτών C4 και έχει μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα. Η καλλιέργεια αυτή υπόσχεται υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα και μεγάλες δυνατότητες σε ενεργειακή χρήση, με χαμηλές εισροές σε νερό και λίπανση. Είναι γεγονός ότι υψηλές παραγωγές σε χλωρή και ξηρή βιομάζα παρατηρήθηκαν σε πείραμα που έγινε στην Κεντρική Ελλάδα με διαφορετικές μεθοδολογίες άρδευσης (Sakellariou – Makrandonaki et al., 2001) και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής.

Γενικά το σόργο είναι φυτό που αντέχει στην ξηρασία, όμως όπου υπάρχει η δυνατότητα άρδευσης οι αποδόσεις είναι σημαντικά αυξημένες (Mastrorilli et al., 1995). Βάση πειραματικών αποτελεσμάτων (Νικολάου και συνεργάτες, 2000) προέκυψε ότι η πλέον παραγωγική ποικιλία για τα Ελληνικά δεδομένα σακχαρούχου σόργου είναι η Keller (3,8 t στρ.-1 ξηρής βιομάζας) και ακολουθούν, η Tracy και το υβρίδιο H132 (3,7 t στρ.-1 ξηρής βιομάζας).

Η χρήση στάγδην άρδευσης κρίνεται απαραίτητη εφόσον σκοπός είναι και η εξοικονόμηση σημαντικής ποσότητας αρδευτικού νερού. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της επιφανειακής άρδευσης είναι :

1)ο έλεγχος , 2)η πλήρης αυτοματοποίηση του συστήματος ,3)η οικονομία νερού, 4)η διατήρηση μικρών αρνητικών πιέσεων στο έδαφος, 5)η πρωΐμιση της παραγωγής, 6)τα οικονομικά και ενεργειακά οφέλη, 7)η χρήση χαμηλής ποιότητας αρδευτικού νερού, 8)η διατήρηση ξηρού φυλλώματος, 9)η μερική διαβροχή του εδάφους, 10)η εφαρμογή σε δύσκολα εδάφη, 11)η εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, 12)η άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων, & 13)η προστασία στο περιβάλλον. Τα συνήθη προβλήματα είναι : α)το κόστος εγκατάστασης, β)οι εμφράξεις των σταλακτιών, γ)η αδυναμία άμεσης προσέγγισης του νερού στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών και ειδικά σε βαριάς σύστασης εδάφη, δ)η αποφυγή χρήσης αρδευτικού νερού με αυξημένη αλατότητα, ε)η ανάγκη απομάκρυνσης των δευτερευόντων αγωγών άρδευσης λίγο πριν και μετά την εγκατάσταση της νέας καλλιέργειας (μηχανικές ζημιές), ζ)η φθορά των υλικών λόγω των καιρικών συνθηκών, των καλλιεργητικών πρακτικών και της τοπικής υπέρχειας πανίδας (μηχανικές ζημιές), και η) η ανάγκη χρήσης άλλης μεθόδου για το φύτευμα των καλλιεργειών.

1.2 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης της εφαρμογής βιοστερεών στην ανάπτυξη και απόδοση του γλυκού σόργου καθώς και η πιθανή εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση της εφαρμογής των λιπασμάτων και από την μείωση της χρήσης του νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΟΡΓΟ

2.1 Γενικά

Πιστεύεται πώς το σόργο κατάγεται από την ανατολική κεντρική Αφρική. Η ιστορία της καλλιέργειας του δεν είναι πολύ γνωστή. Φαίνεται όμως ότι είναι ένα από τα πρώτα φυτά που καλλιεργήσε ο άνθρωπος. Πολύ πριν από την εποχή του Χρίστου αποτελούσε σημαντική καλλιέργεια για την Ασία και την Αφρική.

Σήμερα ή καλλιέργεια του σόργου είναι πολύ διαδεδομένη στις περιοχές όπου οι καλοκαιρινές βροχές δεν επαρκούν ή οι θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές για την επιτυχή καλλιέργεια του καλαμποκιού. Τα 90% της παγκοσμίου παραγωγής προέρχονται από την Κίνα, Ινδία, Μαντζουρία και δυτική Αφρική. Σημαντικές εκτάσεις καταλαμβάνει ή καλλιέργεια αυτή στις Ηνωμένες Πολιτείες, Ιράν, Τουρκεστάν, Πακιστάν, Κορέα, Αυστραλία, κεντρική και νότιο Αμερική. Η Ευρώπη δεν παράγει αξιόλογες ποσότητες σόργου (Φασούλας, Κ., Φωτιάδης, Α., 1984).



Εικόνα 2.1 Φυτό σόργου

Καλλιεργείται για τον καρπό, με μέση παγκόσμια απόδοση περίπου 150 kg/στρ., για τον σανό (χορτοδοτικό διαδεδομένο στις ΗΠΑ) και σε μικρή έκταση για σάρωθρα (σκούπες) και για σιρόπι (το ζαχαροφόρο). Τελευταία, όμως αποκτά ενδιαφέρον ως φυτό βιοενέργειας. Από πλευράς βιοενέργειας το ενδιαφέρον εστιάζεται στην παραγωγή χημικού πολτού από τις χαρτοβιομηχανίες που επεξεργάζονται άχυρα δημητριακών. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η παραγωγή ενέργειας με πυρόλυση και η παραγωγή βιοαλκοόλης (αιθανόλη) από το ζαχαροφόρο σόργο (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

Στην Ελλάδα η καλλιέργεια του σόργου δεν ξεπερνά τα 10.000 στρέμματα. Καλλιεργείται κυρίως στη Θράκη, για κατασκευή σαρώθρων. Περιορισμένο ενδιαφέρον παρουσιάζεται τελευταία και για καλλιέργεια χορτοδοτικών υβριδίων (χόρτου του Σουδάν) ύστερα από τις προσπάθειες του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών της Λάρισας (Ι.Κ.Φ. και Β). Από πρόσφατες έρευνες στον Ελλαδικό χώρο, η συγκεκριμένη καλλιέργεια παρουσίασε μια εντυπωσιακή προσαρμοστικότητα τόσο σε εύκρατα όσο και σε υποτροπικά κλίματα (Dalianis, C., 1996).

Η αντοχή του στις υψηλές θερμοκρασίες, στη ξηρασία και στις προσβολές από τα έντομα το καθιστά υποκατάστατο του αραβοσίτου σε περιοχές στις οποίες επικρατούν οι πιο πάνω δυσμενείς συνθήκες. Υπό ευνοϊκές συνθήκες δίνει μικρότερες αποδόσεις από τον αραβόσιτο, παρουσιάζει συχνότερα αποτυχία στο φύτεμα, απαιτεί έγκαιρη συγκομιδή προς αποφυγή απωλειών, ο καρπός του διατηρείται δυσκολότερα στην αποθήκη και θεωρείται απαραίτητο το άλεσμα του πριν τη χορήγηση του στα ζώα. Επίσης το σόργο θεωρείται ότι έχει μικρότερη εμπορική και θρεπτική αξία σε σχέση με τον αραβόσιτο.

2.2 Βοτανική ταξινόμηση

Το σόργο ανήκει στην υποοικογένεια Andropogoneae της οικογένειας των αγροστοδών (Gramineae), με καλλιεργούμενο το γένος *Sorghum* (Διαμάνης, Κ. 1983). Το καλλιεργούμενο είδος είναι το *Sorghum bicolor* L με $2n=20$ χρωμοσώματα. Άγρια είδη : *Sorghum versicolor* (αυτοφύεται στην Αφρική με $2n=10$ χρωμ.), *Sorghum halepense* (κοινώς Βέλιουρας - πολυετές ζιζάνιο με $2n=40$ χρωμ.). Το *Sorghum bicolor* L. ταξινομείται στους εξής τύπους ποικιλιών:

- i) Καρποδοτικές (grain sorghum): χαμηλόσωμες (Kafir), μετρίου ύψους (Dura) και υψηλόσωμες (Milo)
- ii) Χορτοδοτικές (grass sorghum). Τύπος Sudanense, το ονομαζόμενο χόρτο του Σουδάν. Χαρακτηρίζεται από πολλά αδέρφια και πλούσιο φύλλωμα (ορισμένες ποικιλίες περιέχουν αρκετή ποσότητα ενός γλυκοζίτη, που ύστερα από υδρόλυση παράγει HCN). Είναι κοπτόμενος τύπος μέχρι και 4 φορές (κόβεται όταν αποκτήσει ύψος περίπου 1 μέτρο). Ελληνική συνθετική ποικιλία του Ι.Κ.Φ.Β. με το όνομα Κρόκιο αποδίδει περίπου 8,5 τόνους χλωρό χόρτο ή 1,8 τόνους ξηρό χόρτο.
- iii) Ζαχαροφόρες (sorgo). Περιέχουν ζαχαρώδεις ουσίες στην εντεριάνη (περισσότερο από 17%) και είναι όψιμες. Χρησιμοποιούνται για ενσίρωση και παραγωγή σιροπιού.
- iv) Σκούπα (broom corn). Στην Ελλάδα (νομός Έβρου) καλλιεργούνται για καρπό και σάρωθρα. Χαρακτηριστική είναι η πολύ μακριά ταξιανθία τους, η οποία φτάνει έως 60 εκατοστά και χρησιμοποιείται για την κατασκευή σκούπας (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται για καρπό υφίστανται σοβαρές ζημιές από κτα πτηνά. Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης έχουν δημιουργηθεί ορισμένα υβρίδια τα οποία έχουν δυσάρεστη γεύση μέχρι τη ωρίμανση, ενώ μετά την ωρίμανση η γεύση αυτή εξαφανίζεται.

2.3 Βοτανικά γνωρίσματα

Το γένος *Sorghum* χαρακτηρίζεται από φυτά μόνονικα, μονόκλινα ή δίκλινα, αλλά και από φυτά με τα δύο είδη ανθέων. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες έχουν μονοκλινή φυτά. Το σόργο μοιάζει μορφολογικά με το καλαμπόκι, εκτός από την ταξιανθία που είναι φόβη στην κορυφή του φυτού. Τα σταχύδια είναι διανθή με ένα γόνιμο άνθος το οποίο δεν έχει ποδίσκο και ένα άγονο συνθήως με ποδίσκο. Το γόνιμο άνθος αποτελείται από 2 λέπυρα, 3 στήμονες,

1 ύπερο που αποτελείται από μονόχωρη ωοθήκη, 2 στύλους και 2 γλωχίνες (που είναι στη βάση του υπέρου). Τα λέπυρα είναι παχιά, σκληρά και φέρουν τρία δόντια στα άκρα (ενίοτε άγανα). Η ταξιανθία έχει μήκος 20-70 εκ. Η άνθηση διαρκεί περίπου 6-15 ημέρες και αρχίζει από την κορυφή προς την βάση.

Η ανάπτυξη είναι παρόμοια με του καλαμποκιού. Αδελφώνει πολύ και όταν θεριστεί βγάζει άλλα αδέρφια. Με ζεστό χειμώνα μπορεί να γίνει πολυετές, το ύψος κυμαίνεται από 1,2-5,5m, ανάλογα με την ποικιλία και την καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται (άρδευση - λίπανση). Κάθε στέλεχος αποτελείται από 7-10 κατακόρυφα μεσογονάτια διαστήματα. Τα φύλλα εκπτύσσονται από κάθε κόμπο του στελέχους. Το φύλλο διακρίνεται στο έλασμα και στον κολεό. Το έλασμα του σόργου διακρίνεται από εκείνο του καλαμποκιού από το ότι φέρει δοντάκια περιφερειακά. Επίσης η επιφάνεια του ελάσματος είναι λεία και έχουν σαφώς μικρότερο μέγεθος.

Αυτογονιμοποιείται και σταυρογονιμοποιείται σε ίσες περίπου αναλογίες. Ο καρπός είναι καρύωση σε σχήμα σφαιρικό ή ωοειδές, χρώματος άσπρου ή καφέ ή κόκκινου ή κίτρινου. Το βάρος 1000 σπόρων είναι 7-40 γρ. και εξαρτάται από την ποικιλία ή τον σκοπό χρήσης του σόργου (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2001). Η σύσταση του καρπού είναι παρόμοια με αυτή του αραβοσίτου. Περιέχει περισσότερη πρωτεΐνη (κατά μέσο όρο 12%), λιγότερα έλαια (3%), γύρω στο 70% υδατάνθρακες και μικρή περιεκτικότητα βιταμινών.

Το ριζικό σύστημα διακρίνεται σε εμβρυακό και μόνιμο. Το εμβρυακό σύστημα αποτελείται μόνο από μία ρίζα σε αντίθεση με το καλαμπόκι το οποίο έχει περισσότερες από τρεις. Η ρίζα αυτή αυξάνεται μέχρι την άνθηση και διατηρείται για όλο το βιολογικό κύκλο του φυτού. Το μόνιμο ριζικό σύστημα είναι θυσανωτό και εκφύεται από τους κόμπους του στελέχους που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Επίσης μπορεί να εμφανιστούν επιγενείς ή εναέριες ρίζες, δηλαδή ρίζες οι οποίες εκφύονται από κόμπους που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.

Είναι C4 φυτό βραχείας φωτοπεριόδου. Η βλαστική περίοδος είναι συνήθως 100-120 ημέρες, αλλά συντομεύεται με αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της φωτοπεριόδου (μείωση 1 ώρας οδηγεί σε πρωίμιση κατά 10-14 ημέρες).

2.4 Οικολογικές απαιτήσεις

2.4.1 Κλίμα

Το σόργο είναι φυτό κατ' εξοχήν θερμών και ξηρών τόπων. Η ελάχιστη θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων είναι 7 - 10° C, αλλά το ελάχιστο για την ανάπτυξη των φυταρίων αμέσως μετά τη βλάστηση είναι 16° C. Γι' αυτό η σπορά του σόργου γίνεται αρκετά αργά. Στις Ηνωμένες Πολιτείες συνίσταται να σπέρνεται περίπου δύο εβδομάδες μετά το καλαμπόκι. Ανεπτυγμένα φυτά σόργου νεκρώνονται σε θερμοκρασίες μόλις κατώτερες του μηδενός, τα μικρά φυτά όμως, μόλις βγουν από το έδαφος, είναι κάπως πιο ανθεκτικά.

Το σόργο έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και μπορεί να υποστεί υψηλές θερμοκρασίες με λιγότερη ζημία περισσότερο από κάθε άλλη καλλιέργεια. Η ιδεώδης θερμοκρασία για την ανάπτυξη του δεν έχει βρεθεί πάντως οι μεγαλύτερες αποδόσεις λαμβάνονται όταν η μέση θερμοκρασία του Ιουλίου είναι 27° - 29° C. Υψηλές αποδόσεις δεν μπορούμε να πάρουμε σε μέρη που η μέση θερμοκρασία του Ιουλίου είναι κάτω από 25° C. Ωστόσο στις ΗΠΑ, με τη δημιουργία πρώιμων ποικιλιών κατόρθωσαν να επεκτείνουν βόρεια την καλλιέργεια του σόργου σε περιοχές με βροχόπτωση 400 περίπου χιλιοστών, με βλαστική περίοδο απαλλαγμένη παγετών 4,5 μηνών και με μέση θερμοκρασία Ιουλίου μόλις 21° C. Υπό πειραματικές συνθήκες μέσα σε θερμοκήπιο, φυτά σόργου δεν υπέστησαν ζημιές από επανειλημμένη ανύψωση της θερμοκρασίας του αέρος σε 50 - 60° C. Πάντως έχει παρατηρηθεί ότι θερμοκρασίες ανώτερες των 38° C είναι επιζήμιες, ιδίως όταν τα φυτά πλησιάζουν το στάδιο της ανθοφορίας. Στις ΗΠΑ οι σπουδαιότερες ποικιλίες χρειάζονται 100 - 120 μέρες για να ωριμάσουν αν και μερικές πρώιμες ωριμάζουν σε 80 μόνο μέρες από τη σπορά.

Η χαρακτηριστικότερη ιδιότητα του σόργου είναι η μεγάλη του αντοχή στην ξηρασία. Το σόργο είναι το μόνο καλλιεργούμενο φυτό που μπορεί να θεωρηθεί σαν ξηρόφυτο. Πράγματι, έχει πολλές ιδιότητες που δικαιολογούν το χαρακτηρισμό αυτό. Όταν επικρατεί ξηρασία, το σόργο μπορεί να παραμείνει επί ένα χρονικό διάστημα σε μια κατάσταση λήθαργου, χωρίς να αναπτύσσεται, ούτε να διαπνέει, και να ξαναρχίσει την εντατική ανάπτυξη μόλις έχει στη διάθεσή του νερό. Αν συμβεί η ξηρασία να παραταθεί για πολύ και το κύριο στέλεχος να μη μπορεί πια να αναλάβει μετά τη βροχή, το σόργο έχει την ικανότητα να αναπτύσσει αδέλφια στη βάση του στελέχους του και να προλαμβάνει έτσι να δώσει έστω και μία μέτρια παραγωγή. Δίκαια λοιπόν έχει χαρακτηριστεί σαν «η καμήλα» των μεγάλων καλλιεργειών. Έξαλλου, το πλούσιό του ριζικό σύστημα, η σχετικά μικρή επιφάνεια του φυλλώματος, ο μικρός συντελεστής διαπνοής, η αντοχή στην αποξήρανση που του εξασφαλίζει η παχιά αδιαπέρατη επιδερμίδα των φύλλων και του στελέχους του, είναι ιδιότητες που επιτρέπουν στο σόργο να ανταπεξέλθει καλύτερα από κάθε άλλη καλλιέργεια στις συνθήκες περιορισμένης εδαφικής και ατμοσφαιρικής υγρασίας (Φασούλας, Κ., Φωτιάδης, Α., 1984).

Όλα αυτά, βέβαια, επιτρέπουν στο σόργο να περάσει μια περίοδο ξηρασίας χωρίς να πάθει μεγάλη ζημία, δεν πρέπει όμως να νομιστεί ότι μπορεί να αποδώσει χωρίς την ύπαρξη νερού. Οι περιοχές των ΗΠΑ όπου καλλιεργείται έχουν ετησία βροχόπτωση τουλάχιστον 375 – 425 mm με το μεγαλύτερο μέρος της βροχής κατά τη βλαστική περίοδο. Στις πολύ ξηρές δυτικές πολιτείες (Καλιφόρνια, Αριζόνα), όπου η καλοκαιρινή βροχόπτωση είναι μηδαμινή, το σόργο δεν καλλιεργείται παρά μόνο με άρδευση, στην όποια και αντιδρά καλά. Όταν οι θερμοκρασίες από τη σπορά ως την άνθιση διατηρούνται γύρω στους 30° C, το σόργο θέλει για να ωριμάσει το μισό χρονικό διάστημα από ότι στους 20°C. Την πρωίμιση της παραγωγής επηρεάζει επίσης και η φωτοπερίοδος. Το σόργο είναι φυτό βραχείας φωτοπεριόδου που πρωιμίζει ή οψιμίζει κατά 10 έως 14 μέρες για κάθε ελάττωση ή αύξηση της φωτοπεριόδου κατά μία ώρα.

2.4.2 Έδαφος

Οι εδαφικές απαιτήσεις του σόργου είναι επίσης μικρές. Αποδίδει σχετικά καλά σε πτωχά εδάφη και ανέχεται τα σχετικώς αλατούχα η αλκαλιωμένα εδάφη (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

2.5 Καλλιέργεια

2.5.1 Αμειψισπορά

Το σόργο μπορεί να ακολουθήσει σε πρόγραμμα αμειψισποράς οποιοδήποτε φυτό, αλλά καλό είναι να προηγούνται ψυχανθή, καθώς έχουν παρατηρηθεί μειωμένες αποδόσεις όταν μετά το σόργο ακολουθούν χειμερινά σιτηρά, διότι το πληθωρικό ριζικό σύστημα του φυτού εξαντλεί τη διαθέσιμη υγρασία και τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους. Επίσης σημαντικά προβλήματα παρουσιάστηκαν με την ανάπτυξη και παραγωγικότητα διαφόρων εαρινών καλλιεργειών όπως το βαμβάκι και ο αραβόσιτος, διότι η υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα των ριζικών υπολειμμάτων της καλλιέργειας του σόργου οδηγεί στην ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι ανταγωνίζονται τα φυτά σε άζωτο και θρεπτικά στοιχεία κατά την φάση της αποσυνθέσεως τους.

2.5.2 Κατεργασία εδάφους

Επειδή το σόργο έχει μικρό σπόρο απαιτείται καλή κατεργασία για την επίτευξη κατάλληλης σποροκλίνης, διατήρηση της εδαφικής υγρασίας και την καταστροφή των

ριζωμάτων ή σπόρων των ζιζανίων. Συνιστάται ένα θερινό όργωμα ή φθινοπωρινό και σβαρνίσματα λίγο πριν τη σπορά.

2.5.3 Λίπανση

Εφαρμόζεται η λίπανση που εφηρμόζετο στα διπλά υβρίδια αραβοσίτου. Έχει μεγάλες ανάγκες σε N, P, K, Ca, Mg και S (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

Το άζωτο που δίνεται σήμερα συνολικώς είναι συνήθως περισσότερο από 20 kg/στρ. Περίσσεια αζώτου προκαλεί μερική οψίμιση γιατί παρακωλύεται η ανάπτυξη των φυτών ιδίως με συνθήκες ξηρασίας που δυσχεραίνουν τη πρόσληψη N. Προσλαμβάνεται κυρίως ως NO₃ αλλά και NH₄⁺. Μεγαλύτερες αποδόσεις αζώτου αυξάνουν και τον άριστο πλυθησμό φυτών.

Ο φώσφορος συντελεί στο ταχύτερο φύτρωμα, στην ανάπτυξη της ρίζας, στην πρωίμιση, στο καλό δέσιμο, στην καλύτερη ωρίμανση του καρπού. Έλλειψη του προκαλεί κοκκίνισμα των φύλων και παρακωλύει τη χρησιμοποίηση των νιτρικών ιδίως στη νεαρή ηλικία. Η απορρόφηση είναι συνεχής και αυξάνει από την άνθιση μέχρι την ωρίμανση. Το Ινστιτούτο Σιτηρών συνιστά 4-6 kg P/στρ.

Το κάλιο βοηθά στη σύνθεση των υδατανθράκων, τη μεταφορά αμύλου στους κόκκους, συντελεί στην αντοχή στη ξηρασία, το ψύχος, το πλάγιασμα και τις ασθένειες. Η πρόσληψη είναι μικρή στην αρχή και μεγιστοποιείται τρεις εβδομάδες πριν την άνθηση. Σε περίπτωση έλλειψης καλίου τα κατώτερα φύλλα γίνονται κιτρινοπράσινα και παρατηρείται περιφερειακή νέκρωση και εξασθένηση της ρίζας και του στελέχους. Η τροφοπενία ενισχύεται στα αμμόδη και πολύ συμπαγή, καθώς και στα πολύ οργανικά εδάφη. Σε περίπτωση έλλειψης το Ινστιτούτο Σιτηρών συνιστά 15-20 kg K/στρ.

Συνήθως χορηγούνται 4-15 μονάδες N και 4-7 μονάδες P στο στρέμμα αντίστοιχα (Dercas, N., 1995).

Απαραίτητο στοιχείο θεωρείται και το ασβέστιο αλλά μόνο σε πολύ όξινα εδάφη, μπορεί να προκληθεί τροφοπενία. Συνήθεις επίσης τροφοπενίες είναι του σιδήρου στα υγρά, ψυχρά και αλκαλικά εδάφη, του βορίου σε πολύ όξινα αμμόδη ή οργανικά εδάφη, του μαγγανίου σε οργανικά εδάφη, του μαγνησίου όταν υπάρχει περίσσεια K και του ψευδαργύρου με περίσσεια P και υγρασίας.

Στο χορτοδοτικό σόργο μετά από κάθε κοπή προστίθεται συνήθως 2 περίπου μονάδες N/στρέμμα. Αν δε βρέξει πρέπει να ποτίζεται στη περίπτωση που λιπαίνεται (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

Κοινώς αποδεκτό είναι το γεγονός να αφήνεται χωρίς καμία λιπαντική αγωγή, η καλλιέργεια του σόργου, για χρονικό διάστημα από 2 έως 3 έτη, όταν έχουμε ικανοποιητικές συνθήκες εδαφικής υγρασίας, καθώς το φυτό κυρίως εξαιτίας του πλούσιου και εκτεταμένου ριζικού του συστήματος, δεσμεύει το φυσικό άζωτο καθώς και άλλα θρεπτικά στοιχεία από το έδαφος. Γι' αυτό άλλωστε θεωρείται σημαντική η συμβολή του στην οικοδόμηση της νέας αειφορικής γεωργίας των χαμηλών εισροών.

2.5.4 Σπορά

Η σπορά γίνεται την Άνοιξη και μάλιστα περίπου δύο εβδομάδες μετά τη σπορά του αραβοσίτου. Η καλύτερη περίοδος για τις εύκρατες περιοχές θεωρείται αυτή από τα μέσα Μαΐου έως και τις αρχές Ιουνίου. Καλά κατεργασμένο έδαφος, υγρασία και θερμοκρασία άνω των 7-10 °C απαιτούνται για την επιτυχία φυτρώματος του σόργου.

Συνήθως ο σπόρος πριν χρησιμοποιηθεί απολυμαίνεται με ειδικά μυκητοκτόνα και εντομοκτόνα. Η σπορά είναι γραμμική και οι αποστάσεις εξαρτώνται από τη χρήση του φυτού. Αν χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή χορτοδοτικού, οι αποστάσεις των γραμμών είναι 35-40 εκ., ενώ στο καρποδοτικό οι αποστάσεις είναι 60-80 εκ. Σε περίπτωση που η

καλλιέργεια είναι ξηρική τότε οι αποστάσεις είναι ακόμα μεγαλύτερες και αγγίζουν τα 100 εκ. Συνήθως για το χορτοδοτικό απαιτούνται περί τα 3-4 κιλά σπόρο, 2-2,5 κιλά για το καρποδοτικό. Επιθυμητός αριθμός φυτών στο καρποδοτικό 2.500 φ/στρ. στα ξηρικά και 5.000 στα αρδευόμενα. Το σόργο σπείρεται με κοινή σπαρτική σίτου και ο σπόρος τοποθετείται σε βάθος 3-4 εκ. Με ανεπαρκή υγρασία κυλίνδρισμα μετά τη σπορά ευνοεί το φύτευμα (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

2.5.5 Άρδευση

Παρότι θεωρείται από τα φυτά με τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε νερό η άρδευση θεωρείται απαραίτητη (Mastrorilli, M., 1995). Η άρδευση του σόργου διενεργείται δι' οποιουδήποτε συστήματος (αύλακες, καταιονισμός, σταγόνα κ.λ.π.) σε τρεις συνήθως περιόδους για όλες τις κατηγορίες των ποικιλιών. Στις χορτοδοτικές μία άρδευση δίδεται πριν την 1η κοπή και οι 2 άλλες μετά την 1η και 2η κοπή. Η άρδευση στο καρποδοτικό τελειώνει όταν ο καρπός είναι στο γάλα (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

Ειδικότερα, για τα κλιματικά δεδομένα του Θεσσαλικού κάμπου ο μέσος όρος των συνολικών αναγκών σε αρδευτικό νερό των καλλιεργειών κατά την αρδευτική περίοδο υπολογίζεται σε 480 m³/στρ. συνυπολογιζομένου και ενός ποσοστού απωλειών περίπου 20% (Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη, Μ., 1996).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, με σωστό πρόγραμμα άρδευσης σε συνδυασμό με υψηλής γονιμότητας εδάφη δύναται να επιτευχθούν πολύ υψηλές παραγωγές. Επιπλέον η επάρκεια αρδευτικού νερού παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή χλωρής και ξηρής βιομάζας καθώς και ζάχαρης.

2.5.6 Αραίωμα

Προκειμένου για καλλιέργειες που προορίζονται για καρπό ταυτοχρόνως με το σκάλισμα γίνεται αραίωμα ούτως ώστε ο αριθμός των φυτών κατά στρέμμα να κυμαίνεται μεταξύ 2500 στις ξηρικές και 5000 στις αρδευόμενες καλλιέργειες.

2.5.7 Αντιμετώπιση ζιζανίων

Η ζιζανιοκτονία είναι παρόμοια με του καλαμποκιού. Γίνεται με μηχανικά μέσα και ζιζανιοκτόνα. Αποτελεσματική αποδεικνύεται η χρήση των προφυτρωτικών προπαζίνη ή και CDAA σε δόσεις 150-250 g στο στρέμμα. Είναι ευπαθές στο 2,4D και θεωρείται πτωχός ανταγωνιστής στο νεαρό στάδιο, ιδιαίτερα το καρποδοτικό, αλλά αργότερα γίνεται ισχυρός ανταγωνιστής (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

2.5.8 Συγκομιδή

Το χορτοδοτικό σόργο συγκομίζεται με χορτοκοπτική μηχανή όταν εμφανίζεται η ταξιανθία και τα φυτά έχουν ύψος 1 μέτρο περίπου. Συνήθως γίνονται 3-4 κοπές αναλόγως των συνθηκών των καλλιεργειών. Στην περίπτωση που η καλλιέργεια είναι καρποδοτική τότε κρίνεται σκόπιμο να γίνει σε μία συγκομιδή, όταν οι εμφανιστεί η μαύρη κηλίδα στον ποδίσκο του καρπού. Συνήθως η συγκομιδή του καρπού γίνεται 7-10 ημέρες αργότερα όταν η υγρασία πέσει στο 15-20%, με θεριζοαλωνιστική μηχανή. Η συγκομιδή της σκούπας γίνεται όταν οι σπόροι βρίσκονται στο γάλα και ακολουθεί ξήρανση. Ο σπόρος χωρίζεται πριν (καλύτερες σκούπες) ή μετά την ξήρανση (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003). Τέλος η καλλιέργεια μπορεί να ενσιρωθεί σαν ζωοτροφή. Αυτή η ζωοτροφή είναι πιο εύγεστη και είναι απαλλαγμένη από το γλυκοζίδιο ντουρίνη το οποίο είναι τοξικό για τα ζώα.

2.6 Αποθήκευση

Επιβάλλεται αποξήρανση του σπόρου προκειμένου να αποθηκευτεί με υγρασία μικρότερη από 14%. Χρησιμοποιούνται ειδικά αποξηραντήρια και διοχετεύεται αέρας με θερμοκρασία αναλόγως της υγρασίας και τον προορισμό του σπόρου. Η αποθήκευση γίνεται κυρίως σε μεταλλικά σιλό με συνθήκες υγρασίας μικρότερες από 13,5% και θερμοκρασία περίπου 0 βαθμούς Κελσίου, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σπόρο σποράς.

2.7 Εχθροί

2.7.1 Έντομα εδάφους

Τα σπουδαιότερα είναι: σιδηροσκώληκες και αγρότιδες (ευνοούνται από χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλή υγρασία). Αντιμετωπίζονται με εντομοκτόνα (ανάμιξη σπόρου ή γραμμική απεντόμωση εδάφους, ή δολώματα κυρίως για αγρότιδες) και αμειψισπορά (π.χ ψυχανθή).

2.7.2 Έντομα υπέργειου τμήματος

Τα πιο σημαντικά είναι: πράσινο σκουλήκι (*Heliothis armigera*). Λεπίδοπτερο που προσβάλλει όλα τα υπέργεια τμήματα του φυτού. Συνιστάται ψεκασμός όταν η προσβολή είναι μεγαλύτερη από 5%. Σεσάμια, (*Sesamia cretica*) επίσης λεπίδοπτερο. Προκαλεί παρόμοιες προσβολές με το προηγούμενο και αντιμετωπίζεται παρομοίως. Μικρότερες προσβολές στην Ελλάδα προκαλούν: η πυραλίδα (*Pyrausta nubilalis*), η σποδόπτερα (*Sporoptera exigu*) και οι αφίδες.

2.7.3 Εχθροί αποθηκών

A) Έντομα. Σημαντικές ζημιές προκαλούνται από τα παρακάτω:

Calandra granaria (κολεόπτερο).

Sitotroga cerealella (Λεπίδοπτερο).

Plodia interpunctella (λεπίδοπτερο).

B) Ποντίκια κ.α.

Για τους παραπάνω εχθρούς συνιστώνται: Καθαρές αποθήκες, υποκαπνισμοί καθώς και εντομοκτόνες σκόνες για τα μη εδάδιμα (πχ. σπόρος σποράς).

2.8 Ασθένειες

2.8.1 Ασθένειες σπόρου και νεαρών φυτών

Διάφοροι μύκητες (*Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Elminthosporium*, *Diplodia*). Ευνοούνται από υγρασία και χαμηλή θερμοκρασία. Συνιστάται υγιής απολυμασμένος σπόρος και ανθεκτικά υβρίδια. Προσβάλλουν συχνά και το καλαμπόκι.

2.8.2 Ασθένειες ανεπτυγμένων φυτών

Σήψεις στελέχους προκαλούν οι μύκητες: *Diplodia zae* (απότομη μάρανση, καταστροφή της εντεριώνης, πλάγιασμα), *Gibberella zae*, *Fusarium*, *Pythium* κ.α. Τα φύλλα προσβάλλονται από το βακτήριο *Erwinia stewartii*, από τους μύκητες *Helminthosporium* sp.

και από διάφορες σκωριάσεις. Συνιστώνται ανθεκτικές ποικιλίες. Οι σπάδικες προσβάλλονται: α) κυρίως από τον κοινό άνθρακα (*Ustilago maydis*). Συνιστάται αμειψισπορά και ανθεκτικές ποικιλίες, β) από τον άνθρακα των ταξιανθιών (*Sphacelotheca reiliana*) που δημιουργεί εξογκώματα στους σπάδικες και φόβες, καθώς και γ) από τους μύκητες: *Diplodia*, *Gibberella*, *Fusarium* κ.ά. Συνιστώνται ανθεκτικές ποικιλίες, υγιής σπόρος, αμειψισπορά, καταστροφή υπολειμμάτων καλλιέργειας. Κυρίως στη διατροφή του ανθρώπου έχει δε την ίδια ή λίγο μικρότερη θρεπτική αξία σε σχέση με αυτή του αραβόσιτου. Η τιμή του είναι μικρότερη σε σχέση με του αραβόσιτου.

2.9 Προϊόντα

Ο καρπός του σόργου περιέχει 12% πρωτεΐνη, 3% φυτικό λίπος, 70% υδατάνθρακες και λίγες βιταμίνες. Ο καρπός χρησιμοποιείται όπως και το ρύζι, δηλαδή ως φαγώσιμο ή μπορεί να αλεσθεί και να παραχθεί αλεύρι. Κυρίως, στην Αφρική και τη Ασία, χρησιμοποιείται στη διατροφή του ανθρώπου. Έχει δε την ίδια ή λίγο μικρότερη θρεπτική αξία σε σχέση με αυτή του καλαμποκιού. Η τιμή του είναι μικρότερη σε σχέση με του καλαμποκιού. Στην Αφρική παράγεται από το σπόρο μύρα τύπου Kiffer, ενώ ο καψαλισμένος σπόρος χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο του καφέ. Στον Δυτικό Κόσμο χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή και τροφή για πουλιά.

Ο σπόρος αναφέρεται ότι έχει πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες όπως καταπραϋντικές, διουρητικές, μαλακτικές, αντιοξειδωτικές ενώ επίσης έχει ευεργετικές ιδιότητες κατά την εγκυμοσύνη. Υπάρχουν αναφορές, κυρίως από την λαϊκή παράδοση, που λένε ότι είναι γιατρικό για το καρκίνο, την επιληψία και για το στομαχόπονο. Στη νότια Ροδεσία οι ρίζες του φυτού χρησιμοποιούνται για την ελονοσία, οι σπόροι για ασθένειες στήθους και τη διάρροια, ενώ ο μίσχος για τη φυματίωση. Στην Ινδία το φυτό θεωρείται ανθελμινικό και εντομοκτόνο και στην Νότια Αφρική σε συνδυασμό με το *Erigeron canadense* L., χρησιμοποιείται για έκζεμα.

Στην Κίνα, όπου οι σπόροι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή οινοπνεύματος, το κέλυφος του σπόρου σιγοψήνεται με καφέ ζάχαρη και λίγο νερό έτσι ώστε να αντιμετωπίσει την ιλαρά. Σύμφωνα με τον Morton οι ιθαγενείς του νησιού Cuzaco πίνουν το αφέψημα των φύλλων για την ιλαρά, ενώ αλέθουν τους σπόρους με εκείνα της κολοκυθιάς (*Crescentia*) για ασθένειες του πνεύμονα. Οι κάτοικοι της Βενεζουέλας ζεσταίνουν και πολτοποιούν τους σπόρους για την διάρροια. Οι Βραζιλιάνοι πίνουν το αφέψημα των σπόρων για τις βρογχίτιδες, το βήχα και άλλες ασθένειες του στήθους, πιθανόν χρησιμοποιούν την στάχτη για την βρογχοκλήση. Οι κάτοικοι της Αρούμπα βάζουν κατάπλασμα στην πλάτη εκείνων που υποφέρουν από πνευμονική συμφόρηση. Σύμφωνα με τη βοτανική του Griene, ένα αφέψημα από 50 γρ. σπόρου διαλυμένα σε 1 λίτρο νερό, βράζεται έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος στο μισό, χρησιμοποιείται για τα νεφρά και τις παθήσεις του ουρικού συστήματος.

Εκ των στελεχών του σακχαροφόρου σόργου, κατόπιν ειδικής επεξεργασίας ανάλογα του σακχαροκάλαμου, εξάγεται γλυκό σιρόπι το οποίο περιέχει υψηλό ποσοστό σακχάρου. Ορισμένες ποικιλίες καλλιεργούμενες υπό κατάλληλες συνθήκες δίνουν χυμό με περιεκτικότητα 13-17% σακχάρου, εκ του οποίου το μεγαλύτερο μέρος (10-14%) είναι σακχαρόζη. Η χρήση του σόργου στη σακχαροβιομηχανία μειονεκτεί από άποψη κόστους εξαγωγής σακχάρους, συγκριτικά προς το σακχαροκάλαμο και τα σακχαρότευλα.

Το χόρτο χρησιμοποιείται ως χλωρή και ενσιρωμένη ζωοτροφή. Η θρεπτική αξία του σανού είναι παρόμοια με τα άλλα αγροστώδη. Ο σανός θεωρείται πολύ καλός για ζώα εργασίας και κρεοπαραγωγικά βοοειδή, ενώ υστερεί για αγελάδες γαλακτοπαραγωγής όπου κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται η μηδική.

Στη βιομηχανία χρησιμοποιείται για εξαγωγή αμύλου, σακχαρούχων προϊόντων, ελαίου, παρασκευή κολλητικών ουσιών και αλκοολούχων ποτών.

Το σόργο έχει επίσης διάφορες άλλες δευτερευούσης σημασίας χρήσεις, όπως η κατασκευή σαρώθρων (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

2.10. Γλυκό σόργο (Sweet sorghum)

2.10.1 Γενικά

Είναι ετήσιο φυτό με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα και υψηλή απόδοση βιομάζας. Η απόδοση του χλωρού βάρους είναι περίπου 9 ton/στρ. και του ξηρού βάρους 2 ton./στρ. Ανέχεται την ξηρασία και έχει μικρές απαιτήσεις σε λίπανση. Μπορεί να φυτρώσει σε μεγάλο εύρος εδαφών και σε δάση με μεγάλη αλατότητα, αλκαλικότητα και στράγγιση. Επίσης, είναι αρκετά εύλωτο στο τίναγμα όταν στον αγρό επικρατούν ισχυροί άνεμοι.

Γενικά, το κόστος παραγωγής είναι χαμηλό και η καλλιέργεια γίνεται χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες. Στην συγκομιδή όμως, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη χρήσης ειδικού μηχανήματος που ξεχωρίζει τα φύλλα από τους μίσχους.

Το γλυκό σόργο έχει υψηλό ποσοστό από εύκολα ζυμούμενα σάκχαρα και οργανικά καύσιμα (ίνες). Με σωστή καλλιεργητική τεχνική καθώς και ορθολογική χρήση λιπασμάτων και νερού, η παραγωγή αιθανόλης φτάνει τα 670 lt/στρ.

2.11 Παραγωγή βιοενέργειας

Ένας τρόπος παραγωγής βιοενέργειας είναι και η εκμετάλλευση της βιομάζας του σόργου το οποίο καλλιεργήθηκε για την αξιοποίηση των μη διατροφικών ή των δευτερεύουσας οικονομικής σημασίας προϊόντων του, όπως σπόροι, βλαστοί κ.α.

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος στις μεγάλες πόλεις είναι τα κυριότερα γνωστά προβλήματα που δημιουργούνται από τις εκπομπές ρύπων (SO₂, NO₂, CO₂, σωματίδια) και τις θερμικές εκπομπές στον κύκλο αξιοποίησης των συμβατικών ενεργειακών καυσίμων (βενζίνη, diesel). Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η παραγωγή οξυγονωμένων καυσίμων με μείγμα αιθανόλης (USDA, 1990).

Ήδη η Ευρώπη και Αμερική έχουν προχωρήσει στη χρηματοδότηση των επιχειρήσεων που παράγουν και τροφοδοτούν την αγορά με βιοκαύσιμα. Επίσης, οι ΗΠΑ θεσμοθετούν ειδικές φοροαπαλλαγές στους χρήστες αυτοκινήτων που θα επιλέξουν ως καύσιμη ύλη τα βιολογικά καύσιμα. Με τα παραπάνω κίνητρα σε ισχύ για άλλα τέσσερα έτη η παραγωγική ικανότητα της αιθανόλης αναμένεται να τριπλασιαστεί μέχρι το έτος 2010 (Dinnen, R., 1991). Σημειώνεται επίσης ότι τα τελευταία χρόνια στη Βραζιλία πάνω από τέσσερα εκατομμύρια οχήματα κινούνται με καθαρή αιθανόλη που παράγεται από τα φυτά (Aronson, J., 2006).

Η απόδοση σε χλωρό βάρος του γλυκού σόργου κυμαίνεται από 80-100 t/ha στη Γερμανία, σε 92 t/ha στην Ισπανία (Curt et al, 1995) και υπολογίζεται να ανέλθει στους 141 t/ha στην Ελλάδα (Dalianis, C., 1996). Αντίστοιχα η παραγωγή του ινώδους σόργου σε χλωρή βιομάζα έφτασε τους 90 t/ha σε συγκομιδές στις αρχές του Φθινοπώρου στην Ελλάδα (Panoutsou, C., 1999).

Στα συμπεράσματα πειράματος που πραγματοποιήθηκε στη νότια Ρουμανία, αναφέρεται ότι η μέγιστη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα του γλυκού σόργου έφτασε τους 2,8 t/στρ. , χωρίς περιορισμούς στις δόσεις άρδευσης (κάλυψη των αναγκών στο 100% της εξατμισοδιαπνοής) (Roman et al., 1999).

Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα περαμάτων που πραγματοποιήθηκαν στην Ισπανία, όσον αφορά τη παραγωγή σε ξηρή βιομάζα του γλυκού και ινώδους σόργου, εφαρμόζοντας τρία διαφορετικά επίπεδα λιπαντικής αγωγής (0, 60, 120 kg N/ha). Έτσι η ποικιλία γλυκού σόργου Keller έφτασε τους 2,8 t/στρ. και η ποικιλία του ινώδους σόργου H-128 τους 2,6 t/στρ. σε παραγωγή ξηρής βιομάζας (Curt, D., 1998).

Δεν παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές σε παραγωγή ξηρής βιομάζας σε πείραμα που διεξήχθη στην Ιταλία. Εφαρμόζοντας τρία διαφορετικά προγράμματα λίπανσης (0, 100, 200 KG N/ha), οι μέγιστες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν στα επίπεδα των 2,1 με 2,4 t/στρ. και μάλιστα στις επαναλήψεις στις οποίες εφαρμόστηκε η μέγιστη δόση αζωτούχας λίπανσης (Venturi, P., 1999).

Σημαντικά υψηλές παραγωγές σε χλωρή και ξηρή βιομάζα παρατηρήθηκαν σε πείραμα που έγινε στην Κεντρική Ελλάδα με διαφορετικές μεθοδολογίες άρδευσης και μάλιστα απουσία λιπαντικής αγωγής. Έτσι, στα πειραματικά τεμάχια που αρδεύτηκαν με επιφανειακή στάγδην άρδευση η μέγιστη παραγωγή ξηρής βιομάζας άγγιξε τους 1,3 t/ha και ακολούθησε η άρδευση με κανόνι βροχής με 1,2 t/ha ξηρής βιομάζας (Sakellaeriu – Makradoanki et al., 2001).

Βάση πειραματικών αποτελεσμάτων προκύπτει επίσης, ότι η πλέον παραγωγική ποικιλία για τα Ελληνικά δεδομένα σακχαρούχου σόργου είναι η Keller (3,8 t/στρ. ξηρής βιομάζας) και ακολουθούν, η Tracy και το υβρίδιο H132 (3,7 t/στρ. ξηρής βιομάζας)(Νικολάου και συνεργάτες, 2000).

Βέβαια σημαντικό ρόλο στην παραγωγικότητα του φυτού παίζουν, πέραν των κλιματολογικών δεδομένων, η γονιμότητα του εδάφους και η καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται. Αντίθετα σε κλιματολογικές ζώνες όπου η έλλειψη νερού είναι σημαντική ο κυριότερος παράγοντας μεγιστοποίησης της παραγωγής είναι το διαθέσιμο νερό άρδευσης. Στην περίπτωση που η καλλιέργεια αρδεύεται είναι πολλά υποσχόμενη, έτσι ώστε με μέτρια ποσά άρδευσης να σημειώνονται υψηλές παραγωγικότητες.

Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν φάνηκε ότι με μέτρια ποσά άρδευσης της τάξης των 250-300 mm/year έχουν σημειωθεί παραγωγικότητες που υπερβαίνουν τους 3,5 t/στρ. σε ξηρή ουσία ή τους 1,4 τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Dercas et al., 1995).

Όμως, για περαιτέρω διάδοση του προϊόντος πρέπει να επιτευχθεί μείωση της τιμής διάθεσής του. Αρχικά θα πρέπει να βελτιωθεί η αλυσίδα παραγωγής. Αυτό επιτυγχάνεται μόνο με μείωση του κόστους παραγωγής, συγκομιδής, αποθήκευσης, μεταφοράς και επεξεργασίας. Τέλος θα πρέπει να αυξηθεί η συνολικά παραγόμενη ποσότητα του βιομάζας από το φυτό του σόργου. Θα πρέπει δηλαδή να γίνει σωστή ενημέρωση των παραγωγών και να θεσπιστούν φοροαπαλλαγές για αυτούς που ασχολούνται αποκλειστικά με την καλλιέργεια του σόργου. Επιπλέον, θα πρέπει να δίνονται σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια επιδοτήσεις για την αγορά γεωργικών μηχανημάτων σπόρου, αγροχημικών κ.α.

2.12 Βελτίωση

Έγιναν σοβαρές προσπάθειες για τη βελτίωση του σόργου και χρησιμοποιήθηκαν όλες οι νέες τεχνικές. Ιδιαίτερος απέδωσαν τα υβρίδια τόσο στα καρποδοτικά όσο και στα σανοδοτικά.

2.12.1 Μέθοδοι

Οι παλαιότεροι ερευνητές εφήρμοζαν μεθόδους αυτογονιμοποιουμένων φυτών γιατί έχει ερμαφρόδιτα άνθη. Η υψηλή όμως ετέρωση που παρουσιάζει αξιοποιήθηκε με την απόκτηση γενετικής και κυττοπλασματικής αρρενοστειρότητας και επομένως με τη δημιουργία υβριδίων που υπερέχουν κατά 20-40% από τις ομοζύγωτες ποικιλίες. Η δημιουργία υβριδίων διευκολύνεται και από το γεγονός ότι στο σόργο δεν παρουσιάζεται μείωση της απόδοσης με την αύξηση της ομοζυγωτίας, στο βαθμό που παρουσιάζεται στο καλαμπόκι.

Χρησιμοποιούνται δύο πηγές αρρενοστειρότητας:

1. Ποικιλία day που είναι αρρενόστειρη και με ορισμένες ποικιλίες δίνει αρρενόστειρα υβρίδια και με άλλες γόνιμα.

α) Η σειρά Α καλλιεργείται σε απομονωμένο χωράφι και δίνει 50% αρρενόστειρα απο τα οποία μαζεύεται ο σπόρος και σπέρνεται στον αγρό διασταυρώσεως. Πριν την άνθηση απομακρύνονται τα γόνιμα φυτά.

β) Τα αρρενόστειρα φυτά γονιμοποιούνται από τη σειρά Β (αναπαράγεται και αυτή σε απομονωμένο αγρό) που δεν έχει γονίδια αποκαταστάσεως της γονιμότητας της γύρεως.

γ) Το αρρενόστειρο προϊόν ΑxB σπέρνεται σε 2ο αγρό και γονιμοποιείται από τη σειρά C που έχει γονίδια αποκαταστάσεως. Το προϊόν ΑxBxC δίνεται στους παραγωγούς.

2. Κυττοπλασματική αρρενοστειρότητα: Η αρρενόστειρη σειρά Α αναπαράγεται από την αντίστοιχη γόνιμη σειρά σε απομονωμένο αγρό ενώ στον αγρό διασταυρώσεως σπέρνεται με τη σειρά R που επαναφέρει τη γονιμότητα στο υβρίδιο ΑxR που δίνεται στους παραγωγούς (Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2003).

2.12.2 Γνωρίσματα για βελτίωση στο σόργο

Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά εξαρτώνται από το είδος του προϊόντος για το οποίο καλλιεργείται το σόργο και είναι τα παρακάτω:

Απόδοση. Γενικά οι καρποδοτικές ποικιλίες είναι βραχύσωμες και οι χορτοδοτικές υψηλόσωμες.

Πρωιμότητα. Εξαρτάται, όπως και σε όλα τα φυτά, από τη βλαστική περίοδο της περιοχής, από το αν η ποικιλία είναι καρποδοτική ή σανοδοτική, επίσπορη ή κανονικής σποράς κ.α.

Αντοχή σε εχθρούς-ασθένειες. Έγινε πρόοδος ειδικότερα ως προς τις ασθένειες.

Αντοχή στο τίναγμα (απώλειες μηχανής και από πουλιά).

Ζημιές από πουλιά. Υπάρχουν ποικιλίες με δυσάρεστη γεύση που αποβάλλεται όμως μετά τη συγκομιδή.

Αντοχή στο πλάγιασμα, ειδικότερα για τις καρποδοτικές ποικιλίες (προτιμούνται οι κοντές).

Προσαρμογή στη μηχανοσυλλογή. Δεν πρέπει να πλαγιάζουν και να τινάζουν.

Ποιότητα. Για το καρποδοτικό ενδιαφέρει η σύνθεση του καρπού. Ανεπιθύμητες οι χρωστικές του καρπού γιατί χρωματίζουν το άμυλο (οι κιτρινόσαρκες όμως είναι πιο πλούσιες σε καροτίνες). Για το χορτοδοτικό ενδιαφέρει η σύνθεση και πεπτικότητα του.

Για το ζαχαρούχο ενδιαφέρει η περιεκτικότητα σε ζαχαρούχο χυμό.

2.13 Σημασία του σόργου για την Ελλάδα

Το συμπέρασμα που βγαίνει από τα όσα γράψαμε για το σόργο είναι ότι το φυτό αυτό προσαρμόζεται σε περιβάλλοντα με καλοκαιρινή βροχόπτωση, τα οποία όμως έχουν ύψος βροχής μικρότερο απ' ό τι χρειάζεται το καλαμπόκι ή έχουν θερμοκρασία υψηλότερη από αυτή που είναι ευνοϊκή γι' αυτό. Στις περιοχές όπου ή βροχόπτωση και ή θερμοκρασία είναι ευνοϊκές για το καλαμπόκι, το σόργο δεν καλλιεργείται, γιατί το καλαμπόκι έχει μεγαλύτερο δυναμικό αποδόσεως.

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από βροχόπτωση κυρίως το φθινόπωρο και το χειμώνα. Επομένως τα χειμωνιάτικα σιτηρά βρίσκονται σε πλεονεκτικότερη θέση έναντι του σόργου, όταν αυτό δεν αρδεύεται. Σε χωράφια γόνιμα και με αφθονία νερού αρδεύσεως το καλαμπόκι πλεονεκτεί έναντι του σόργου, γιατί δίνει μεγαλύτερες αποδόσεις. Εκεί όμως που τα εδάφη είναι μετρίας γονιμότητας ή φτωχά και το αρδεύσιμο νερό περιορισμένο, πρώιμα και παραγωγικά υβρίδια σόργου θα μπορούσαν να συναγωνιστούν το καλαμπόκι, ιδίως το επίσπορο, που σπέρνεται και αναπτύσσεται στην πιο θερμή περίοδο του καλοκαιριού. Όπως είδαμε, ή θερμοκρασία κατά το θέρος στην Ελλάδα, ενώ είναι οριακή για το καλαμπόκι, για το σόργο είναι ευνοϊκή. Έκτος αυτού, το σόργο παρουσιάζει το πλεονέκτημα να είναι

ανθεκτικότερο στην ξηρασία, σε ορισμένα έντομα, στα άλατα και αλκάλια, και να συγκομίζεται με τις θεριζοαλωνιστικές πού χρησιμοποιούνται για τη συγκομιδή του σιταριού.

Θα μπορούσε λοιπόν να πει κανείς ότι το καλαμπόκι και το σόργο είναι δύο φυτά που το ένα συμπληρώνει το άλλο στην αξιοποίηση του περιβάλλοντος. Το πρώτο αξιοποιεί γόνιμα χωράφια και άφθονο νερό, ενώ το δεύτερο φτωχότερα χωράφια και περιορισμένη βροχή ή άρδευση.

Για την ώρα το σόργο ελάχιστα καλλιεργείται στην Ελλάδα. Κατά το 1962 η καλλιέργεια του κατέλαβε μόνο 10.000 στρ. για καρπό και 52.000 στρ. για σκούπες. Το σόργο για καρπό καλλιεργήθηκε κυρίως στο νομό Καρδίτσας, ενώ το σόργο για σκούπες στο νομό Έβρου. Πάντως, επειδή και στο σόργο έχει ήδη προχωρήσει πολύ η εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων της ετερώσεως με τη δημιουργία νάνων υβριδίων, φαίνεται πώς το σόργο υπό άρδευση μπορεί να καλλιεργηθεί και στον τόπο μας με επιτυχία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

3.1 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

3.1.1 Γενικά

Η ανάλυση της υπάρχουσας νομοθεσίας σχετικά με τη διαχείριση, διάθεση και ανακύκλωση ιλύος, που γίνεται σε αυτή την ενότητα, δείχνει ότι οι προδιαγραφές και τα όρια εστιάζουν κυρίως στη χρήση ιλύος στη γεωργία, τόσο σε εθνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Άλλες χρήσεις ή τρόποι διάθεσης της ιλύος, προς το παρόν, εμπίπτουν σε πιο γενικές διατάξεις που σχετίζονται με την διαχείριση αποβλήτων.

Οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες που αφορούν τα παραπροϊόντα από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων είναι:

- . 1986/278/EC: Σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και ιδίως του εδάφους κατά τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία
- . 1989/369/EC: Σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από τις νέες εγκαταστάσεις καύσης αστικών απορριμμάτων
- . 1991/271/EC: Για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων
- . 1991/676/EC: Για την προστασία των νερών από τη ρύπανση των νιτρικών από γεωργικές χρήσεις
- . 1999/31/EC: Περί υγειονομικής ταφής των αποβλήτων
- . 2000/76/EC: Για την αποτέφρωση των αποβλήτων
- . 2001/118/EC: Σχετικά με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (ΕΚΑ)
- . 2003/33/EC: Για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/EC

Σε Εθνικό επίπεδο, η σχετική νομοθεσία έχει υιοθετήσει την 1986/278/EC χωρίς τροποποιήσεις. Έχει γίνει μόνο προσθήκη ορίων για το χρώμιο: 500 mg/kg ξηράς ουσίας για το Cr(III) και 10 mg/kg ξηρού για το Cr(VI). Τα ελληνικά νομοθετήματα που σχετίζονται με την ιλύ είναι:

- . Νόμος 1650/1986 (ΦΕΚ 160/A/16.10.1986): Για την προστασία του περιβάλλοντος, όπως τροποποιήθηκε από τον Νόμο 3010/2002
- . ΚΥΑ 80568/4225/1991 (ΦΕΚ 6641/B/7.8.1991): Για τη χρήση της ιλύος αποβλήτων στη γεωργία
- . ΚΥΑ 82805/2224/1993 (ΦΕΚ 699/B/1993): Σχετικά με την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προκαλείται από την καύση αστικών απορριμμάτων

ΚΥΑ 114218/1997 (ΦΕΚ 1016/Β/17.12.1997): Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων
ΚΥΑ 29407/3508/2002 (ΦΕΚ 1572/Β/16.12.2002): Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων

ΚΥΑ 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909/Β/22.12.2003): Μέτρα και όροι για την διαχείριση Στερεών Αποβλήτων. Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης.

3.1.2 Παρουσίαση κατάστασης στην Ε.Ε

Παρόλο που αρκετές Οδηγίες έχουν επίδραση στη διαχείριση ιλύος (όπως η 1999/31/ΕC περί υγειονομικής ταφής), αυτές που θεωρούνται σημαντικότερες είναι οι 86/278/ΕC και οι 91/271/ΕC. Πιο συγκεκριμένα, οι απαιτήσεις που τίθενται από την 86/278/ΕC είναι κρίσιμες για την επεξεργασία της ιλύος που παράγεται στις χώρες-μέλη.

Η ιλύς προερχόμενη από ΕΕΛ είναι πολύ χρήσιμη από αγρονομική άποψη. Για τη χρησιμοποίηση της πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι θρεπτικές ανάγκες των φυτών, χωρίς αυτό να γίνεται σε βάρος της ποιότητας του εδάφους και των υδάτων, επιφανειακών και υπόγειων. Πράγματι, ορισμένα βαρέα μέταλλα που απαντώνται στην ιλύ, ενδέχεται να αποβούν τοξικά για τις καλλιέργειες και τον άνθρωπο. Η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιείται στη γεωργία υπό τον όρο το εκάστοτε κράτος-μέλος θα έχει θεσπίσει νομοθετικά εργαλεία που ρυθμίζουν τη χρήση της ιλύος.

Η Οδηγία 86/278/ΕC προβλέπει οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ιλύ καθώς και οριακές τιμές για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται στο έδαφος σε ετήσια βάση. Γι' αυτό, η χρησιμοποίηση ιλύος απαγορεύεται όταν η συγκέντρωση ενός ή περισσότερων βαρέων μετάλλων στο έδαφος υπερβαίνει τις οριακές τιμές του Παρατήματος ΙΑ της Οδηγίας. Τα κράτη μέλη οφείλουν σε μία τέτοια περίπτωση να λαμβάνουν κατάλληλα μέτρα ώστε να μη σημειώνεται υπέρβαση των εν λόγω οριακών τιμών εξαιτίας της χρησιμοποίησης ιλύος.

Προτού χρησιμοποιηθεί στη γεωργία, η ιλύς πρέπει να υποβάλλεται σε επεξεργασία. Τα κράτη μέλη έχουν όμως τη δυνατότητα να εγκρίνουν τη χρησιμοποίηση μη επεξεργασμένης ιλύος, εάν η ιλύς αυτή εγχέεται ή παραχώνεται στο έδαφος.

Σύμφωνα με το άρθρο 7 της εν λόγω Οδηγίας, απαγορεύεται η χρήση ιλύος:

Σε χορτολιβαδικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι ή σε καλλιέργειες ζωοτροφών προτού παρέλθει ορισμένη προθεσμία που καθορίζουν τα κράτη μέλη και που δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 3 εβδομάδες.

Σε καλλιέργειες οπωροκηπευτικών κατά την περίοδο της βλάστησης (εξαιρούνται οι καλλιέργειες οπωροφόρων δέντρων).

Σε εδάφη προοριζόμενα για καλλιέργειες οπωροκηπευτικών που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος και που συνήθως καταναλώνονται ωμά, επί δέκα μήνες πριν αρχίσει η συγκομιδή και κατά τη συγκομιδή.

Η ιλύς και τα εδάφη επί των οποίων χρησιμοποιείται, υποβάλλονται σε δειγματοληψία και ανάλυση. Τα κράτη μέλη οφείλουν να τηρούν μητρώα στα οποία παρουσιάζονται:

Οι παραγόμενες ποσότητες ιλύος και οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται στη γεωργία.

Η σύνθεση και τα χαρακτηριστικά της ιλύος.

Η επεξεργασία που εφαρμόζεται.

Τα ονόματα και οι διευθύνσεις των παραληπτών της ιλύος καθώς και τόποι χρησιμοποίησης αυτής.

Τα κράτη μέλη μπορούν να θεσπίζουν μέτρα αυστηρότερα από τα προβλεπόμενα στην Οδηγία 86/278/EC. Κάθε τέσσερα χρόνια, τα κράτη μέλη οφείλουν να συντάσσουν μια συγκεντρωτική έκθεση σχετικά με τη χρησιμοποίηση ιλύος στη γεωργία, όπου αναφέρονται οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν, τα κριτήρια που εφαρμόστηκαν και τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν. Η έκθεση αποστέλλεται στην Επιτροπή, η οποία και δημοσιεύει το περιεχόμενο της.

Η Επιτροπή σε πρόσφατη Έκθεσή της (2003) κρίνει ότι είναι δύσκολο, υπό τις σημερινές συνθήκες, να συναχθούν οριστικά συμπεράσματα, αφού όχι μόνο δεν έχουν υποβληθεί εκθέσεις από αρκετά κράτη μέλη, αλλά και μερικές από όσες έχουν υποβληθεί δεν είναι πλήρεις. Πιστεύεται ωστόσο, ότι η Οδηγία καλώς ενεργοποιήθηκε σε ό,τι αφορά τις ανεκτές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε ιλύ αξιοποιούμενη στη γεωργία, αφού η στάθμη είναι κατά κανόνα χαμηλότερη από τις οριακές τιμές που καθορίζονται στο παράρτημα Β της Οδηγίας.

Σύμφωνα με την Έκθεση της ΕΕ, οι εθνικές νομοθεσίες αρκετών μελών είναι πιο αυστηρές από τις απαιτήσεις της 86/278. Έτσι, τα όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην ιλύ είναι χαμηλότερα από τα όρια της Οδηγίας σε πέντε κράτη-μέλη (Βέλγιο, Δανία, Φινλανδία, Ολλανδία και Σουηδία). Αντίθετα, έξι μέλη (Ελλάδα, Ιρλανδία, Ιταλία, Λουξεμβούργο, Πορτογαλία και Ισπανία) έχουν υιοθετήσει τα ίδια όρια συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων με το Παράρτημα ΙΒ της Οδηγίας 86/278/EC.

Επισημαίνεται ότι, στη Γαλλία, την Ιταλία και το Λουξεμβούργο, η νομοθεσία περιλαμβάνει και όρια για παθογενείς οργανισμούς. Επίσης, σε αρκετές χώρες, όπως η Αυστρία, το Βέλγιο, η Δανία, η Γαλλία, η Γερμανία και η Σουηδία, υπάρχουν όρια για τις οργανικές ενώσεις. Και για τις δύο αυτές περιπτώσεις, η 86/278/EC δεν περιλαμβάνει όρια. Όσον αφορά στα νέα κράτη-μέλη, Εσθονία, Λιθουανία και Πολωνία, η νομοθεσία είναι συγκρίσιμη ή και αυστηρότερη από την 86/278/EC. Στα υπόλοιπα νέα μέλη, η χρήση και διάθεση ιλύος εμπίπτει σε γενικότερους κανονισμούς σχετικά με τα απόβλητα και την προστασία του περιβάλλοντος.

Μέχρι στιγμής πάντως, οι εθνικές νομοθεσίες δεν έχουν σημαντικές διαφορές όσον αφορά στις υπόλοιπες απαιτήσεις της 86/278 για τη χρήση ιλύος.

Πιο συγκεκριμένα:

Σχετικά με τον τύπο ιλύος, οι νομοθεσίες στο Βέλγιο, στη Δανία, στην Ιταλία και στην Ολλανδία εφαρμόζονται το ίδιο τόσο για την ιλύ των αστικών αποβλήτων όσο και των βιομηχανικών. Στη Γαλλία, εφαρμόζεται ειδική διάταξη για την απόθεση στο έδαφος της βιομηχανικής ιλύος.

Σχετικά με την υποχρέωση επεξεργασίας της ιλύος, στη Γαλλία, στην Ιρλανδία, στο Λουξεμβούργο και στη Σουηδία επιτρέπεται η χρήση μη επεξεργασμένης ιλύος υπό ορισμένες συνθήκες. Στη Δανία, στη Φινλανδία, στη Γερμανία, στην Ιταλία, στην Ολλανδία και στην Ισπανία απαγορεύεται η χρήση μη επεξεργασμένης ιλύος.

Σχετικά με τις απαιτήσεις πληροφόρησης, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα μέλη της ΕΕ, αν και η Δανία απαιτεί την ανάλυση του περιεχομένου σε οργανικές ενώσεις τουλάχιστον μία φορά ανά έτος. Μέχρι στιγμής,

δεν αναφέρεται σε καμία υπάρχουσα εθνική νομοθεσία η πιστοποίηση προϊόντων ή υπηρεσιών.

3.1.3 Επισκόπηση της Ελληνικής Νομοθεσίας

Στη ΚΥΑ 114218/1997 καθορίζονται Τεχνικές Προδιαγραφές διαχείρισης της ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Ειδικότερα προδιαγράφονται τα παρακάτω:

Πάχυνση ιλύος

Βιολογική χώνευση

Βελτίωση ιλύος

Αφυδάτωση και ξήρανση ιλύος

Καύση λάσπης

Συν-κομποστοποίηση ιλύος

Όσον αφορά στη διάθεση της ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων προδιαγράφεται μόνο η διάθεση της ιλύος στη γεωργία, παραπέμποντας πρακτικά στην ΚΥΑ 80568/4225/1991.

Με την ΚΥΑ 50910/2727/2003 εντάσσεται στη ελληνική νομοθεσία ο Ευρωπαϊκός Κώδικας Αποβλήτων (ΕΚΑ), σύμφωνα με τον οποίο τα «απόβλητα από τον καθαρισμό λυμάτων» και «λάσπη σπητικής δεξαμενής» εντάσσονται στο Κεφάλαιο 20: Δημοτικά απόβλητα. Με την ίδια ΚΥΑ καθορίζεται ο Εθνικός Σχεδιασμός Διαχείρισης των μη επικίνδυνων αποβλήτων στα οποία περιλαμβάνεται και η ιλύς από ΕΕΛ.

Κύριος στόχος του Εθνικού Σχεδιασμού για την ιλύ από ΕΕΛ είναι η επίτευξη υψηλού ποσοστού αξιοποίησης με αντίστοιχη μείωση του ποσοστού τελικής διάθεσης. Οι δράσεις μέσω των οποίων μπορεί να γίνει η αξιοποίηση της ιλύος είναι:

1. Απευθείας χρήση σε αγροτικές εφαρμογές, σύμφωνα με τους περιορισμούς της ΚΥΑ 80568/4225/91
2. επανένταξη στο φυσικό περιβάλλον «τραυματισμένων» φυσικών ανάγλυφων, υπό την προϋπόθεση ότι η ιλύς θα είναι σταθεροποιημένη ή θα έχει υποστεί συν-επεξεργασία με άλλα μη επικίνδυνα βιοαποικοδομήσιμα απόβλητα, όπως το οργανικό κλάσμα των αστικών αποβλήτων.
3. ξήρανση της ιλύος και χρήση αυτής ως καυσίμου ύλης.

Οι προδιαγραφές που τίθενται για χρήση της ιλύος στη γεωργία, σύμφωνα με την ΚΥΑ 80568/4225/91, η οποία ενσωματώνει στην Ελληνική νομοθεσία την Οδηγία 86/278/EC παρουσιάζονται στον πίνακα 3-1.

Πίνακας 3-1: Απαιτήσεις της Ελληνικής και Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας για την χρήση ιλύος στην γεωργία

Παράμετροι – Απαιτήσεις	Οδηγία 86/278/ΕΕ		ΚΥΑ 80568/4225/9 1
Βαρέα μέταλλα στην ιλύ (mg/kg DS) Παράρτημα IB	Cd	20-40	20-40
	Cr	-	Cr(III):500, Cr(VI):10
	Cu	1000-1750	1000-1750
	Hg	16-25	16-25
	Ni	300-40	300-40
	Pb	750-1200	750-1200
	Zn	2500-4000	2500-4000
Βαρέα μέταλλα στο έδαφος (mg/kg DS) Παράρτημα IA	Cd	1-3	1-3
	Cr	-	-
	Cu	50-140	50-140
	Hg	1-1.5	1-1.5
	Ni	30-75	30-75
	Pb	50-300	50-300
	Zn	150-300	1150-300
Βαρέα μέταλλα που μπορούν να εισάγονται στα καλλιεργημένα εδάφη με βάση ένα μέσο όρο 10 ετών (kg/ha/έτος)	Cd	0,15	0.15
	Cu	12	12
	Ni	3	3
	Pb	15	15
	Zn	30	30
	Hg	0.1	0.1
	Cr	-	-
Επιφάνειες που απαγορεύεται η χρήση ιλύος	Σε χορτολιβαδικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι ή σε καλλιέργειες χορτονομής προτού παρέλθει ορισμένη προθεσμία και που δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 3 εβδομάδες		
	Σε καλλιέργειες σπυροκηπευτικών κατά την περίοδο της βλάστησης (εξαιρούνται καλλιέργειες σπυροφόρων δέντρων).		
	Σε εδάφη προοριζόμενα για καλλιέργειες σπυροκηπευτικών που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος και που συνήθως καταναλώνονται ωμά, επί δέκα μήνες πριν αρχίσει η συγκομιδή και κατά τη συγκομιδή		
Συχνότητα δειγματοληψιών	Βαρέα μέταλλα στην ιλύ	6 μήνες	6 μήνες
	Οργανικές ενώσεις	-	-
	Έδαφος	Πριν την 1η εφαρμογή	Πριν την 1η εφαρμογή

3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΛΥΩΝ

3.2.1 Γενικά

Στην παραγόμενη ιλύ και στα λοιπά παραπροϊόντα (εσχαρίσματα και άμμος) «μεταφέρεται» κατά την επεξεργασία των λυμάτων μεγάλη ποικιλία ουσιών και μικροοργανισμών, σε αιωρούμενη ή διαλυμένη μορφή, τα οποία βρίσκονται αρχικά στην υγρή φάση των λυμάτων. Έτσι, τα χαρακτηριστικά της ιλύος εξαρτώνται από:

- Τα χαρακτηριστικά (π.χ. ρυπαντικό φορτίο) των επεξεργασμένων λυμάτων και
- Τα χαρακτηριστικά (π.χ. είδος) της επεξεργασίας.

Ορισμένα συστατικά που περιέχονται στην ιλύ, όπως οργανικό φορτίο, άζωτο, φώσφορος, κάλιο και ασβέστιο, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, ενώ άλλα, όπως τα βαρέα μέταλλα και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι ρυπαντές, που απαιτούν προσεκτική διαχείριση για να εξασφαλίζεται η ασφαλής και περιβαλλοντικά αποδεκτή διάθεση στο περιβάλλον.

Ανάλογα με το στάδιο επεξεργασίας των λυμάτων διακρίνονται οι ακόλουθες κατηγορίες ιλύος:

1. Πρωτοβάθμια ιλύς: Ιλύς που παράγεται κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων.
2. Βιολογική ιλύς: Ιλύς που παράγεται κατά την δευτεροβάθμια επεξεργασία των λυμάτων
3. Μικτή ιλύς: είναι μίγμα πρωτοβάθμιας και βιολογικής ιλύος
4. Τριτοβάθμια Ιλύς: Ιλύς που παράγεται κατά την τριτοβάθμια ή προωθημένη επεξεργασία των λυμάτων

Η ιλύς που παράγεται από τις ΕΕΛ υπόκειται συνήθως σε πρόσθετη επεξεργασία, με στόχο τη μείωση της περιεκτικότητας νερού για την καλύτερη και οικονομικότερη διαχείρισή της, τη σταθεροποίηση του τελικού προϊόντος και την απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών.

Οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3-1 και στη συνέχεια περιγράφονται οι μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος και τα χαρακτηριστικά της.

3.2.2 Μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος

3.2.2.1 Προετοιμασία

Για την ικανοποιητική πάχυνση και αφυδάτωση της ιλύος είναι αναγκαία τις περισσότερες φορές η προετοιμασία της ιλύος (sludge conditioning). Με την προσθήκη χημικών στην ιλύ, πριν από την πάχυνση και την αφυδάτωσή της, προκαλείται συσσωμάτωση των στερεών της ιλύος, με αποτέλεσμα την διευκόλυνση του διαχωρισμού του νερού. Η **χημική προετοιμασία της ιλύος** πραγματοποιείται με την χρήση ανόργανων αντιδραστηρίων όπως άλατα σιδήρου και αργιλίου, ασβέστη, ή οργανικών πολυμερών, όπως οι συνθετικοί πολυηλεκτρολύτες. Τα παραπάνω κροκιδωτικά μπορεί να χρησιμοποιούνται μόνα τους ή σε συνδυασμό μεταξύ τους, ε

νώ η προσθήκη τους στην ιλύ γίνεται συνήθως με την μορφή διαλύματος

Πίνακας 3-2: Μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος

Διεργασία	Τρόπος Επεξεργασίας	Στόχος
Προετοιμασία ιλύος (conditioning)	Χημική προετοιμασία Θερμική προετοιμασία	✓ Βελτίωση της δομής της ιλύος, για διευκόλυνση των διεργασιών που θα ακολουθήσουν
Πάχυνση	Πάχυνση με βαρύτητα Μηχανική πάχυνση Επίπλευση με αέρα	✓ Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό
Σταθεροποίηση και/ή απολύμανση	Αναερόβια χώνευση Αερόβια χώνευση Κομποστοποίηση Επεξεργασία με ασβέστη Θερμική ξήρανση Παστερίωση	✓ Μείωση της παραγωγής οσμών
Αφυδάτωση	Κλίνες ξήρανσης Ταινιοφιλτρόπρεσα Φυγοκέντριση Φυλτρόπρεσα	✓ Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό
Ξήρανση	Ξηραντής	✓ Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό ✓ Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών

Η **θερμική προετοιμασία της ιλύος** συνίσταται στην θέρμανση της ιλύος στους 160 - 210 °C για 30 έως 90 λεπτά και υπό πίεση (10atm έως 15atm). Με την θερμότητα αλλάζει η φυσική δομή της ιλύος, βοηθώντας την περαιτέρω αφυδάτωση. Επειδή όμως μέρος της οργανικής ύλης μπορεί να υποστεί υδρόλυση κατά την διάρκεια της παραπάνω διεργασίας, αυξάνονται τα ρυπαντικά φορτία των στραγγισμάτων, ενώ δημιουργούνται και οσμές. Μερική θερμική προετοιμασία μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (40 °C έως 50 °C). Με αυτό το τρόπο αντιμετωπίζονται τα προβλήματα από το αυξημένο ρυπαντικό φορτίο των στραγγισμάτων. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δυο μεθόδων προετοιμασίας συνοψίζονται στον πίνακα 3-3.

Πίνακας 3-3: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων προετοιμασίας της ιλύος

Μέθοδος Βελτίωσης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χημική (ανόργανα αντιδραστήρια)	<ul style="list-style-type: none"> • Βελτίωση συνεκτικότητας και της πυκνότητας της ιλύος 	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση της μάζας της ιλύος • Μείωση περιεκτικότητας σε οργανική ύλη • Αργή αντίδραση
Χημική (οργανικά αντιδραστήρια)	<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση της μάζας της ιλύος • Καμία μεταβολή στη λιπασματική αξία της ιλύος • Εύκολη διαχείριση και μεταφορά 	<ul style="list-style-type: none"> • Κόστος των υλικών
Θερμική	<ul style="list-style-type: none"> • Αποδοτική και σταθερή διεργασία • Απολύμανση • Μικρές ποσότητες τελικού προϊόντος 	<ul style="list-style-type: none"> • Κατανάλωση ενέργειας • Οσμές • Αύξηση των ρυπαντικών φορτίων στα στραγγίδια

3.2.2.2 Πάχυνση

Η πάχυνση είναι το πρώτο στάδιο για την μείωση της περιεκτικότητας σε νερό της ιλύος και λαμβάνει χώρα πριν την σταθεροποίηση και αφυδάτωση της ιλύος, με σκοπό την αύξηση της απόδοσης των αντίστοιχων διεργασιών. Η παχυμένη ιλύς συνήθως έχει συγκέντρωση μέχρι και 6% (60 kg/m^3), ώστε να είναι εφικτή η άντλησή της.

3.2.2.3 Αφυδάτωση

Με την αφυδάτωση επιτυγχάνεται περαιτέρω μείωση του όγκου του τελικού προϊόντος με μείωση της περιεκτικότητάς της ιλύος σε νερό. Ανάλογα με τον τρόπο αφυδάτωσης, το τελικό προϊόν μπορεί να περιέχει ξηρά στερεά μέχρι και 45% (450 kg/m^3).

3.2.2.4 Σταθεροποίηση

Η σταθεροποίηση της ιλύος αποσκοπεί στην μείωση της ζύμωσης των υλικών της ιλύος που υπόκεινται σε σήψη και στην μείωση των οσμών. Με την σταθεροποίηση της ιλύος επιτυγχάνεται εξάλλου και μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών.

3.2.2.5 Ξήρανση

Με την ξήρανση της ιλύος επιτυγχάνεται απομάκρυνση του νερού από την ιλύ, Κατά την εφαρμογή της θερμικής ξήρανσης επιδιώκεται και μπορεί να επιτευχθεί ποσοστό υγρασίας στο τελικό προϊόν μικρότερο από 10%, με αποτέλεσμα την

Μείωση του όγκου και της μάζας της ιλύος

Σταθεροποίηση της ιλύος

Καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών

Αύξηση της θερμικής αξίας του τελικού προϊόντος

Η θερμικά ξηραμένη ιλύς μπορεί να διοχετευτεί εύκολα στην αγορά για γεωργική χρήση ή για την επαναχρησιμοποίηση του τελικού προϊόντος, αφού ο χειρισμός της είναι ασφαλής και οικονομικός. Οι θερμικοί ξηραντές κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς της θερμότητας στην υγρή ιλύ:

1. Τους άμεσους ξηραντές και
2. Τους έμμεσους ξηραντές επαφής

Στη πρώτη περίπτωση η απαιτούμενη ενέργεια για την θέρμανση της ιλύος παρέχεται άμεσα, συνήθως με θερμό αέρα που διοχετεύει την θερμότητα στην υγρή ιλύ. Στη δεύτερη περίπτωση η ενέργεια παρέχεται μέσω της επαφής της ιλύος με θερμές επιφάνειες που θερμαίνονται μέσω ατμού ή λαδιού.

Στους άμεσους ξηραντές, κόκκοι ιλύος απομακρύνονται μαζί με το ρεύμα του θερμού αέρα και κατά συνέπεια απαιτείται διαχωρισμός. Η ποσότητα του αέρα είναι μεγάλη και ανάλογα με την θερμοκρασία είναι δυνατό να περιέχει δύσοσμες και πτητικές τοξικές ουσίες (πχ. διοξίνες και φουράνια).

Στα συστήματα επαφής, οι ποσότητες του αέρα είναι μικρότερες και τα απαέρια πρακτικά είναι υδρατμός από την εξάτμιση του νερού. Οι υδρατμοί αυτοί μπορεί επίσης να περιέχουν πτητικές ουσίες και απαιτούν κατάλληλη επεξεργασία.

Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση που κατά την ξήρανση, η θερμοκρασία της ιλύος διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα ($<100^{\circ}\text{C}$) οι ποσότητες των πτητικών ουσιών είναι πολύ μικρές.

Η εμπειρία από την λειτουργία εγκαταστάσεων ξήρανσης έχει δείξει ότι η αποθήκευση ιλύος σε μορφή σκόνης μπορεί να προκαλέσει αυτόματη ανάφλεξη. Η καλύτερη μέθοδος για την αποφυγή κινδύνων πυρκαγιάς είναι η διαμόρφωση της ιλύος σε ανθεκτικούς κόκκους πριν την αποθήκευσή της και η συστηματική παραγωγή ξηρής ιλύος με λιγότερο από 10% υγρασία.

Οι απαιτήσεις σε ενέργεια για την ξήρανση της ιλύος είναι αρκετά υψηλές. Για τον λόγο αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις, η ξήρανση πραγματοποιείται μετά την αφυδάτωση.

Ενδεικτικά για την ξήρανση της ιλύος (συγκέντρωση στερεών 90%DS) απαιτούνται 300 l/t DS καύσιμο και 50 kWh/t DS ενέργεια. Οι απαιτήσεις σε ενέργεια μπορούν να μειωθούν δραστικά, στη περίπτωση που στην εγκατάσταση είναι διαθέσιμη εναλλακτική πηγή ενέργειας (π.χ. βιοαέριο).

3.2.2.6 Παστερίωση

Με την παστερίωση η ιλύς θερμαίνεται σε θερμοκρασία από 70 °C έως 80 °C για μικρή χρονική περίοδο, περίπου 30 λεπτά. Με αυτή την μέθοδο επεξεργασίας επιτυγχάνεται μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών στην ιλύ, αλλά δεν μπορεί να θεωρηθεί από μόνη της ως μια διεργασία σταθεροποίησης της ιλύος.

3.2.2.7.Απολύμανση

Με όλες τις μεθόδους σταθεροποίησης της ιλύος, που προαναφέρθηκαν, επιτυγχάνεται και μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών. Ωστόσο, όλες οι μέθοδοι σταθεροποίησης της ιλύος, δεν έχουν τα ίδια αποτελέσματα όσον αφορά στην απολύμανση. Ο βαθμός απολύμανσης που επιτυγχάνεται με τις διάφορες μεθόδους σταθεροποίησης της ιλύος, καθώς επίσης και τα κριτήρια σχεδιασμού που θα πρέπει κατά περίπτωση να εφαρμόζονται παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 3-5. Από τη μελέτη του πίνακα 3-5 διαπιστώνεται ότι ο βέλτιστος χρόνος έκθεσης για επίτευξη ικανοποιητικής απολύμανσης εξαρτάται από την θερμοκρασία και το είδος των μικροοργανισμών. Ο προσδιορισμός της ποιότητας της ιλύος μετά την απολύμανση, είναι δύσκολος επειδή δεν είναι δυνατό να ελεγχθούν όλοι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, αφού υπάρχει πολύ μεγάλο εύρος μικροοργανισμών στην ιλύ, και οι έλεγχοι σε κάποιες περιπτώσεις είναι δαπανηροί. Τα αποτελέσματα μπορεί να μην είναι διαθέσιμα πριν από μία μέρα και σε κάποιες περιπτώσεις πριν από κάποιες εβδομάδες. Για τους παραπάνω λόγους συχνά προτείνεται η παρακολούθηση ορισμένων δεικτών, οι οποίοι περιγράφουν με ασφάλεια το επίπεδο της απολύμανσης που επιτυγχάνεται στην ιλύ μετά την επεξεργασία. Τέτοιοι έμμεσοι δείκτες, ανάλογα με την μέθοδο απολύμανσης που εφαρμόζεται, είναι η θερμοκρασία, το pH, ο χρόνος έκθεσης κτλ.



Πίνακας 3-4: Κριτήρια σχεδιασμού για την απολύμανση της ιλύος

Μέθοδοι Σταθεροποίησης της ιλύος	Βέλτιστες Συνθήκες
Πολύ αποτελεσματικές μέθοδοι ως προς την απολύμανση	
Θερμοφιλική αναερόβια χώνευση	55°C (10ημέρες)
Θερμοφιλική αερόβια χώνευση	55°C (10 ημέρες)
Κομποστοποίηση	50°C – 60°C (15– 30 ημέρες)
Παστερίωση	70 – 80°C (30 min)
Επεξεργασία με ασβέστη	pH 12 (10 ημέρες)
Λιγότερο ή λίγο αποτελεσματικές μέθοδοι ως προς την απολύμανση	
Μεσοφιλική αναερόβια χώνευση	35°C (20 ημέρες)
Ψυχοφιλική αναερόβια χώνευση	20°C (30 ημέρες)
Ψυχοφιλική αερόβια χώνευση	20°C (30 ημέρες)

3.3 Χαρακτηριστικά της ιλύος

3.3.1 Τυπική σύσταση ιλύος

Η σύσταση της ιλύος εξαρτάται από το ρυπαντικό φορτίο των προς επεξεργασία λυμάτων, από το είδος της επεξεργασίας των λυμάτων, καθώς επίσης και από την επεξεργασία της ιλύος.¹ Η ιλύς των λυμάτων περιέχει συστατικά με γεωργική αξία αλλά και ρυπαντές. Τα συστατικά με γεωργική αξία περιλαμβάνουν οργανική ύλη, άζωτο, φώσφορο και κάλιο και σε μικρότερη κλίμακα ασβέστιο, θείο και μαγνήσιο. Οι ρυπαντές είναι τα βαρέα μέταλλα, οι οργανικοί ρυπαντές και τα παθογόνα.

3.4 Διάθεση στο έδαφος για γεωργικούς σκοπούς

3.4.1 Γενικά

Η διάθεση της ιλύος στο έδαφος είναι μια μέθοδος ανακύκλωσης των συστατικών της ιλύος με γεωργική αξία. Όλα τα είδη της ιλύος (υγρή, ημι-στερεή, στερεή και ξηραμένη ιλύς) μπορεί να εφαρμοστούν στο έδαφος. Ωστόσο, η χρήση κάθε είδους εμπεριέχει πρακτικούς περιορισμούς στην αποθήκευση, μεταφορά και στη μέθοδο εφαρμογής. Η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία αντικαθιστώντας, λιγότερο ή περισσότερο, τα βιομηχανικά λιπάσματα. Οι βασικές διαφορές μεταξύ της ιλύος από ΕΕΛ και των βιομηχανικών λιπασμάτων είναι οι ακόλουθες.

Η ιλύς αποτελεί και πηγή οργανικής ύλης, γιατί περισσότερο από το 50% των στερεών είναι οργανικά. Η παρουσία οργανικών στην ιλύ βελτιώνει τις φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες των εδαφών, στα οποία εφαρμόζεται, και φυσικά τη γονιμότητά τους.

Η συγκέντρωση αζώτου, φωσφόρου και καλίου είναι μικρότερη στην ιλύ, σε σχέση με τα βιομηχανικά λιπάσματα. Στην ιλύ, τα θρεπτικά αυτά είναι ενωμένα με το οργανικό κλάσμα. Έτσι, είναι αφομοιώσιμα από τα φυτά μόνο μετά την αποικοδόμηση των οργανικών από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Τα θρεπτικά συστατικά της ιλύος βρίσκονται σε μορφή μη διαλυτή στο νερό και η ελευθέρωση τους είναι μια αργή διαδικασία, σε αντίθεση με τα βιομηχανικά λιπάσματα που είναι συνήθως υδατοδιαλυτά και επομένως τα θρεπτικά συστατικά είναι άμεσα αφομοιώσιμα από τα φυτά.

3.4.2 Περιορισμοί

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (ΚΥΑ 80568/4225/1991, Άρθρο 5), η γεωργική χρήση της ιλύος απαγορεύεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

1. Σε λειμώνες ή εκτάσεις που καλλιεργούνται ζωοτροφές, εφόσον οι λειμώνες πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για βοσκή ή η συγκομιδή των ζωοτροφών πραγματοποιηθεί πριν από την πάροδο ενός ορισμένου χρονικού διαστήματος. Για τον καθορισμό του χρονικού αυτού διαστήματος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η γεωγραφική και κλιματολογική κατάσταση της περιοχής και δεν μπορεί να είναι μικρότερο από τρεις βδομάδες
2. Σε καλλιέργειες οπωροκηπευτικών κατά την περίοδο της βλάστησης με εξαίρεση τις καλλιέργειες των οπωροφόρων δένδρων

3. Σε εδάφη που προορίζονται για καλλιέργειες οπωροκηπευτικών, τα οποία βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος και κανονικά καταναλίσκονται σε νωπή κατάσταση για περίοδο δέκα μηνών από την συγκομιδή και κατά την διάρκεια της συγκομιδής. Εξάλλου για την διάθεση της ιλύος στην γεωργία θα πρέπει να εξασφαλίζονται:
- περιορισμένη εισαγωγή βαρέων μετάλλων στην αγροτική γη,
 - χαμηλή συγκέντρωση συνθετικών οργανικών ενώσεων στην ιλύ,
 - ελάχιστη έως μηδενική έκθεση σε παθογενείς μικροοργανισμούς
 - προστασία των υπογείων και επιφανειακών υδάτων από την διασπορά της ιλύος στην επιφάνεια και
 - η μη δημιουργία ενοχλητικών συνθηκών, όπως είναι τα οσμοαέρια

3.4.2.1 Βαρέα μέταλλα

Ορισμένα βαρέα μέταλλα, όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και το νικέλιο προκαλούν φυτοτοξικότητα. Εξάλλου, το κάδμιο μπορεί να δημιουργήσει σημαντικούς κινδύνους στην δημόσια υγεία, αφού λόγω της μικρής προσροφητικότητας του στο έδαφος είναι δυνατή η συσσώρευση του στην φυτική μάζα, με αποτέλεσμα την είσοδό του στην τροφική αλυσίδα. Γενικά, το υψηλό pH αναστέλλει την κινητικότητα των βαρέων μετάλλων στο έδαφος, καθώς επίσης και την απορρόφησή τους από τα φυτά. Αντίθετα, για τιμές του pH μικρότερες από 6,0 παρατηρείται αποδέσμευση των βαρέων μετάλλων και αυξημένη απορρόφηση από τα φυτά. Στην ΚΥΑ 80568/4225/91 καθορίζονται οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ιλύ, καθώς επίσης και οριακές τιμές βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται στα καλλιεργήσιμα εδάφη (με βάση τον μέσο όρο δέκα ετών). Εξάλλου, στην ΚΥΑ 114218/1016/97, καθορίζονται οριακές τιμές στις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο τελικό προϊόν, μετά την κομποστοποίηση. Επισημαίνεται επίσης ότι, σύμφωνα με το τρίτο σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας 86/278/EC οι οριακές τιμές που καθορίζονται για τις παραπάνω παραμέτρους είναι σημαντικά μικρότερες από τις υφιστάμενες. Οι οριακές τιμές, όσον αφορά στα βαρέα μέταλλα, για την διάθεση της ιλύος στο έδαφος, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και το σχέδιο Αναθεώρησης παρουσιάζονται συνοπτικά στους πίνακες 3-5, 3-6 και 3-7.

Πίνακας 3.5: Οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος [mg/kg]

Μέταλλο	ΚΥΑ 80568/4225/91 (για pH 6 έως 7)	Αναθεώρηση Οδηγίας 86/278/EC		
		5<pH<6	6<pH<7	pH>7
Cd	1 - 3	0,50	1,00	1,50
Cr	Δεν έχει καθοριστεί τιμή	30	60	100
Cu	50 - 140	20	50	100
Ni	30 - 75	15	50	70
Pb	50 - 300	70	70	100
Hg	1,0 - 1,5	0,10	0,50	1,00
Zn	150 - 300	60	150	200

Πίνακας 3-6: Οριακές τιμές συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων στην ιλύ [mg/kg DS]

Μέταλλο	ΚΥΑ 80568/4225/91	Αναθεώρηση Οδηγίας 86/278/EC
Cd	20 – 40	10
Cr	500/10	1000
Cu	1000 – 1750	1000
Ni	300 – 400	300
Pb	750 – 1200	750
Hg	16 – 25	10
Zn	2500 – 4000	2500

* Cr(III)=500 mg/kg, Cr(VI)=10 mg/kg

Πίνακας 3-7: Οριακές ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται κατά έτος στα καλλιεργήσιμα εδάφη [kg/ha.έτος]

Μέταλλο	ΚΥΑ 80568/4225/91	Αναθεώρηση Οδηγίας 86/278/EC
Cd	0,15	0,03
Cr	5	3
Cu	12	3
Ni	3	0,90
Pb	15	2
Hg	0,10	0,03
Zn	30	7,50

3.4.2.2 Συνθετικές οργανικές ενώσεις

Βασική πηγή συνθετικών οργανικών ενώσεων στα λύματα αποτελεί η βιομηχανία. Στην υφιστάμενη Νομοθεσία δεν υπάρχουν περιορισμοί, όσον αφορά τις συγκεντρώσεις οργανικών ενώσεων στην ιλύ. Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι στο τρίτο σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας 86/278/EC καθορίζονται οριακές τιμές, όσον αφορά στις σύνθετες οργανικές ενώσεις (Πίνακας 3-8).

Πίνακας 3-8: Οριακές τιμές για τις σύνθετες οργανικές ενώσεις [mg/kg DS]

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΗ
ΑΟΧ	500
LAS	2.600
DEHP	100
NPE	50
PAH	6
PCB	0,80
PCDD/F	100

Γενικά, σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων χωρίς μεγάλη συνιστώσα των βιομηχανικών αποβλήτων δεν αναμένονται υπερβάσεις των παραπάνω οριακών τιμών.

3.4.2.3 Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Σύμφωνα με την ισχύουσα Νομοθεσία (ΚΥΑ 80568/4225/91 και Οδηγία 86/278/ΕΕ) δεν τίθενται ιδιαίτεροι περιορισμοί για την χρησιμοποίηση της ιλύος στην γεωργία ως προς το μικροβιακό της φορτίο, εκτός από την γενική διατύπωση: «η ιλύς θα πρέπει να έχει υποστεί κατάλληλη βιολογική, θερμική ή χημική επεξεργασία με μακρόχρονη αποθήκευση, ώστε να έχει μειωθεί σημαντικά η ικανότητά της προς ζύμωση και ο κίνδυνος για την υγεία που προκαλεί η χρησιμοποίησή της». Ωστόσο, σε αρκετές χώρες έχουν καθοριστεί οριακές τιμές, όπως ενδεικτικά αναφέρεται στον πίνακα 3-9.

Πίνακας 3-9: Οριακές τιμές για τους παθογόνους μικροοργανισμούς

Χώρα		Σαλμονέλα	Λοιπά
Γαλλία		8 MPN/10 gr DS	Εντεροϊοί: 3 MPN/10 gr Αυγά: 3 MPN/10 gr
Αυστρία		0 MPN/ gr DS	Εντεροϊοί: 1.000 MPN/ gr Αυγά: 0 MPN/ gr
Ιταλία		1.000 MPN/10 gr DS	--
ΗΠΑ	Κατηγορία Α	3 MPN/4 gr	Εντεροϊοί: 1 MPN/4 gr Αυγά: 1 MPN/4 gr
	Κατηγορία Β	--	Μείωση: $2 \log_{10}$

Στην Αναθεώρηση της Οδηγίας 86/278/ΕΚ τίθενται περιορισμοί ως προς το μικροβιακό φορτίο της ιλύος και ειδικότερα καθορίζονται δύο κατηγορίες υγιεινοποιημένης ιλύος:

1. Μετά από προηγμένη επεξεργασία:

Σαλμονέλα: 0/50 gr DS

Ελάχιστη μείωση *Escherichia Coli* $6 \log_{10}$

2. Μετά από συμβατική επεξεργασία:

Ελάχιστη μείωση *Escherichia Coli* $2 \log_{10}$

Με τον όρο προηγμένη επεξεργασία νοείται:

- Θερμική ξήρανση εφόσον η θερμοκρασία της ιλύος είναι μεγαλύτερη από 80°C , η περιεκτικότητα σε νερό λιγότερο από 10% και η ενεργότητα ύδατος (A_w) πάνω από 0,90 την πρώτη ώρα της επεξεργασίας

- Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση στους 55^oC για 20 ώρες σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας
- Θερμοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση στους 53^oC για 20 ώρες σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας
- Θερμική επεξεργασία της ιλύος για τουλάχιστον 30 min στους 70^oC, και στη συνέχεια μεσοφιλική χώνευση στους 35^oC, με χρόνο παραμονής τουλάχιστον 12 ημέρες.
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το pH>12 για περίοδο τριών μηνών
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το pH>12 για περίοδο δύο ωρών σε θερμοκρασία 55^oC

Με τον όρο συμβατική επεξεργασία νοείται:

- Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 55^oC με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20 ημέρες
- Θερμοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 53^oC με ελάχιστο χρόνο παραμονής 20 ημέρες
- Μεσοφιλική αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος στους 35^oC με ελάχιστο χρόνο παραμονής 15 ημέρες
- Παρατεταμένος αερισμός σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε αντιδραστήρες διακοπτόμενης λειτουργίας
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το pH>12 για 12 έως 24 ώρες
- Αποθήκευση της υγρής ιλύος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για ικανό χρονικό διάστημα χωρίς ανάμιξη και απομάκρυνση κατά την διάρκεια αποθήκευσης

Ανάλογα με την κατηγορία της ιλύος μετά από προηγμένη ή συμβατική επεξεργασία, και σύμφωνα με το 3^o Σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας 86/278/EC επιτρέπεται η χρήση της ιλύος στη γεωργία, σύμφωνα με τον πίνακα 3-10

3.4.2.4 Προστασία επιφανειακών και υπόγειων υδάτων

Η ελεγχόμενη χρήση της ιλύος στη γεωργία στην πραγματικότητα συμβάλλει στην προστασία των επιφανειακών νερών. Η οργανική ύλη που περιέχεται στην ιλύ ενισχύει τη δημιουργία δεσμών μεταξύ των κόκκων του εδάφους και βελτιώνει την δομή του. Όσο καλύτερη είναι η δομή τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του εδάφους σε διάβρωση. Επιπλέον, η προσθήκη ιλύος αυξάνει την εδαφοϋδατική ικανότητα των εδαφών. Όσον αφορά στην προστασία των υπογείων υδάτων, η κύρια πηγή ρύπανσης τους από τη χρήση ιλύος στην γεωργική γη, είναι τα νιτρικά. Η απελευθέρωση νιτρικών από τη μάζα της ιλύος είναι μια αργή διαδικασία και επομένως είναι λιγότερο πιθανή η ρύπανση των υπογείων νερών σε σύγκριση με τα νιτρικά των βιομηχανικών λιπασμάτων. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, είναι σκόπιμο ο υπολογισμός

της εφαρμοζόμενης δόσης ιλύος στις καλλιέργειες, να βασίζεται στο ρυθμό απορρόφησης του αζώτου από τα φυτά. Συνήθως οι αφομοιώσιμες ποσότητες αζώτου που απελευθερώνονται από μικροοργανισμούς του εδάφους παράλληλα με την ανάπτυξη και την πρόσληψη αζώτου από τα φυτά, η πιθανότητα να μεταφερθούν κάποιες ποσότητες αζώτου τα υπόγεια ύδατα είναι ελάχιστη.

Πίνακας 3-10: Επεξεργασία ιλύος για διάθεση στη γεωργία (3^ο Σχέδιο Αναθεώρησης της 86/278/EC)

Γεωργική χρήση	Προηγμένη επεξεργασία	Συμβατική επεξεργασία
Βοσκοτόπια	✓	Βοσκή μετά από 6 βδομάδες
Ζωοτροφές	✓	Συγκομιδή μετά από 6 βδομάδες
Αρωτραίες εκτάσεις	✓	Άμεση όργωση
Οπωρολαχανικά σε επαφή με το έδαφος	✓	Συγκομιδή μετά από 12 μήνες
Οπωρολαχανικά σε επαφή με το έδαφος που καταναλίσκονται ωμά	✓	Συγκομιδή μετά από 30 μήνες
Οπωροφόρα δένδρα, αμπελώνες, αναδάσωση	✓	Πρόσβαση κοινού μετά από 10 μήνες
Πάρκα και άλλοι χώροι προσπελάσιμοι από το κοινό	✓	ΟΧΙ
Δάση	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Αποκατάσταση λατομείων κτλ.	✓	Πρόσβαση κοινού μετά από 10 μήνες

3.4.2.5 Οχλήσεις - Δυσσομίες

Η βασική όχληση που μπορεί να προκληθεί κατά την διαχείριση και διάθεση στη γεωργία ιλύος αφορά τα εκλυόμενα οσμοαέρια. Αιτία των δυσσομιών είναι η βιολογική δράση που λαμβάνει χώρα στη μάζα της ιλύος. Το πρόβλημα των οσμών είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά την αποθήκευση της ιλύος για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε περιόδους που δεν ενδείκνυται η εφαρμογή θρεπτικών στοιχείων στη γεωργική γη. Ωστόσο, επισημαίνεται ότι με την απαιτούμενη επεξεργασία για τη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, αδρανοποιείται το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών, με αποτέλεσμα στη περίπτωση προηγμένης επεξεργασίας να είναι σχεδόν απίθανο να εμφανιστεί ανάπτυξη δυσσομιών. Στη περίπτωση που η ιλύς, πριν την εφαρμογή της στο έδαφος έχει υποστεί συμβατική επεξεργασία, είναι πιθανό να προκληθούν δυσσομίες.

3.4.3 Πρακτική εφαρμογής της μεθόδου

3.4.3.1 Αποθήκευση ιλύος

Η παραγωγή ιλύος από μία ΕΕΛ είναι σχεδόν σταθερή κατά την διάρκεια του χρόνου, ενώ οι γεωργικές απαιτήσεις είναι κυμαινόμενες και εξαρτώνται από την εποχή. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης της ιλύος στην ΕΕΛ ή στο αγρόκτημα για μια διάρκεια της τάξης των 6 μηνών. Η αποθήκευση της ιλύος στον αγρό είναι δυνατή, ωστόσο θα πρέπει να γίνεται λίγο πριν την διασπορά της. Επίσης, η ιλύς θα πρέπει να είναι σε

στερεά μορφή και καλά σταθεροποιημένη, ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος από την κατείσδυση ρυπαντών σε υπόγεια νερά. Η υγρή ιλύς πρέπει να αποθηκεύεται σε δεξαμενές από σκυρόδεμα ή σε λίμνες (lagoons) και η μεταφορά της μπορεί να γίνεται με άντληση. Η ημιστερεή ιλύς μπορεί να αποθηκεύεται σε δεξαμενές, ενώ για την διαχείρισή της είναι απαραίτητη η χρήση μεταφορικών διατάξεων, οχημάτων και τρακτέρ. Η στερεά ιλύς μπορεί να αποθηκεύεται σε σωρούς, ενώ η ξηραμένη ιλύς δεν παρουσιάζει δυσκολίες, όσον αφορά την αποθήκευση και μεταφορά της.

3.4.3.2 Μεταφορά ιλύος

Η μεταφορά είναι το πιο δαπανηρό τμήμα αυτής της μεθόδου διάθεσης της ιλύος. Μπορεί να χρησιμοποιούνται βυτιοφόρα (για τη μεταφορά της υγρής ιλύος) ή ρυμουλκούμενα φορτηγά οχήματα για την μεταφορά των άλλων ειδών ιλύος. Οι πλατφόρμες πρέπει να είναι υδατοστεγείς με δυνατότητα κάλυψης της ιλύος. Σε περίπτωση ατυχήματος που θα έχει ως συνέπεια το διασκορπισμό της μεταφερόμενης ιλύος, αυτή θα πρέπει να απομακρύνεται αμέσως και να ειδοποιούνται παράλληλα οι αρμόδιες υπηρεσίες.

3.4.3.3 Διάθεση ιλύος

Η ιλύς μπορεί να διατεθεί στον αγρό με βυτιοφόρα οχήματα με επιφανειακή διασπορά. Θα πρέπει ωστόσο, να λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα για την αποφυγή έκλυσης αερολυμάτων και οσμών. Η ξηραμένη ιλύς μπορεί να διατίθεται με τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τα ανόργανα λιπάσματα. Το είδος της καλλιέργειας, η έκταση που καταλαμβάνεται, η πρόσβαση στον αγρό και οι μετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν την εφαρμογή της ιλύος στο έδαφος. Γενικά, η διάθεση της ιλύος μπορεί να γίνεται δύο φορές τον χρόνο: μετά την συγκομιδή ή πριν το όργωμα και την σπορά.

Με την άφιξη της ιλύος στην έκταση όπου πρόκειται να εφαρμοστεί, θα πρέπει να ακολουθεί η άμεση διασπορά και ενσωμάτωσή της στο έδαφος. Με τον τρόπο αυτό περιορίζονται οι δυσάρεστες οσμές και αποφεύγονται τα προβλήματα που είναι δυνατόν να προκύψουν από μία έντονη νεροποντή. Αμέσως μετά την διασπορά στο έδαφος, ακολουθεί υποχρεωτικά ενσωμάτωση στο έδαφος με άροση ή φρεζάρισμα.

Σε συνεκτικά εδάφη καλό είναι η εφαρμογή της επεξεργασμένης ιλύος να πραγματοποιείται την περίοδο μεταξύ Απριλίου - Οκτωβρίου. Για καλά στραγγιζόμενα εδάφη η εφαρμογή μπορεί να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε εποχή, εκτός αμέσως μετά από έντονες βροχοπτώσεις.

Συνιστάται η αποφυγή διάθεσης ιλύος στο έδαφος σε αποστάσεις:

μικρότερες των 200m από υφιστάμενες κατοικίες και οικιστικές ζώνες, ποταμούς συνεχούς ροής και δίκτυα ύδρευσης,

μικρότερες των 15m από ρυάκια ή χείμαρρους ή άλλες ανοικτές υδατοσυλλογές περιορισμένης έκτασης και

μικρότερες των 1.000m από ακτές.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ιλύς των λυμάτων περιέχει κάποια συστατικά με υψηλή γεωργική αξία, όπως το άζωτο, τον φώσφορο, το κάλιο, την οργανική ύλη ή το ασβέστιο, καθιστώντας τη χρήση της κατάλληλη ως οργανικό λίπασμα. Ωστόσο, η παρουσία ρυπαντών στην ιλύ συνεπάγεται την προσεκτική επιλογή του τρόπου και τη συνεχή παρακολούθηση. Για τον λόγο αυτό σε αρκετές χώρες έχουν καταρτισθεί Κανονισμοί Λειτουργίας. Στους Κανονισμούς Λειτουργίας περιγράφονται οι περίοδοι διασποράς, το είδος καλλιέργειας,

καθώς επίσης οι διαδικασίες καταγραφής και διατήρησης δεδομένων, με σκοπό την αντιμετώπιση των υγειονομικών και περιβαλλοντικών κινδύνων. Οι ποσότητες εφαρμογής της επεξεργασμένης ιλύος πρέπει να εκτιμώνται λαμβάνοντας υπόψη τη σύνθεση της ιλύος, τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά, τις θρεπτικές ανάγκες των καλλιεργειών και τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ. Γενικά υπάρχουν τρεις τρόποι προσδιορισμού των ποσοτήτων εφαρμογής, που είναι:

1ος τρόπος: Οι ποσότητες υπολογίζονται από τις ανάγκες της καλλιέργειας σε θρεπτικά συστατικά. Οι ανάγκες διάφορων καλλιεργειών σε θρεπτικά στοιχεία όπως έχουν προσδιορισθεί από το Υπουργείο Γεωργίας, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-11. Οι ποσότητες που έχουν υπολογισθεί με αυτό τον τρόπο πρέπει να ελέγχονται για να διασφαλισθεί ότι οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων είναι χαμηλότερες από τις οριακές τιμές που ορίζει η νομοθεσία.

2ος τρόπος: Οι δόσεις ιλύος προσδιορίζονται με βάση το ανώτατο επιτρεπόμενο φορτίο βαρέων μετάλλων. Σε αυτή τη περίπτωση, υπάρχει η πιθανότητα να μην προστίθεται αρκετή ιλύς για την ικανοποίηση των θρεπτικών αναγκών και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται πρόσθετα χημικά θρεπτικά στοιχεία.

3ος τρόπος: Οι ποσότητες της επεξεργασμένης ιλύος υπολογίζονται έτσι ώστε να επαρκούν για την ικανοποίηση των αναγκών σε φωσφόρο και να μην υπερβαίνουν τις οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων. Πρόσθετη λίπανση σε άζωτο και κάλιο πραγματοποιείται για την ικανοποίηση των αναγκών των καλλιεργειών σε θρεπτικά συστατικά.

Συνηθέστερα, η επεξεργασμένη ιλύς από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων περιέχει τις ίδιες ποσότητες φωσφόρου και αζώτου, ενώ οι ανάγκες των καλλιεργειών σε άζωτο είναι περίπου 2 έως 5 φορές μεγαλύτερες από τις ανάγκες σε φωσφόρο, όπως φαίνεται στον πίνακα 3-11. Επομένως, μια συντηρητική προσέγγιση στον υπολογισμό των ετήσιων ποσοτήτων ιλύος αποτελεί η εφαρμογή επεξεργασμένης ιλύος με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών σε φωσφόρο, παρά σε άζωτο. Με αυτό τον τρόπο, ελαχιστοποιούνται οι ποσότητες των θρεπτικών που απομακρύνονται με την επιφανειακή απορροή ή που κατεισδύουν προς τον υπόγειο υδροφόρο. Οι αγρότες όμως θα χρειασθεί να πραγματοποιήσουν πρόσθετη λίπανση σε άζωτο και κάλιο για να επιτύχουν τις αναμενόμενες αποδόσεις των καλλιεργειών.

Πίνακας 3-11: Ανάγκες διάφορων καλλιεργειών σε θρεπτικά στοιχεία

Είδος καλλιέργειας	Απόδοση kg/στρέμμα/έτος	Ετήσιες ποσότητες θρεπτικών (kg/στρέμμα/έτος)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Σιτάρι	310	19	9	-
Κριθάρι	300	12	5	-
Καλαμπόκι	1.100	33	8	8
Βαμβάκι	300	16-20	6-8	-
Καπνός	220	13	8	10

Συμπερασματικά, τα παραπάνω συνοψίζονται στα εξής:

1. Με τον υπολογισμό των ποσοτήτων επεξεργασμένης ιλύος, προσδιορίζονται οι ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου που είναι διαθέσιμες στις καλλιεργείες και συγκρίνονται με τις ανάγκες σε θρεπτικά συστατικά της καλλιέργειας.

2. Εάν είναι απαραίτητο, προστίθενται λιπάσματα για να διατηρηθούν οι υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών.
3. Η επιλογή της κατάλληλης χρονικής περιόδου για την εφαρμογή της επεξεργασμένης ύλης, είναι σημαντική τόσο για την ελαχιστοποίηση πιθανών απορροών και ειδικότερα αζώτου, όσο και για την περαιτέρω ικανοποιητική απόδοση της καλλιέργειας.
4. Σημειώνεται ότι η επεξεργασμένη ύλη αποτελεί πηγή οργανικής ύλης. Μπορεί να αυξήσει την υδατοχωρητικότητα του εδάφους και να βελτιώσει τη δομή ορισμένων εδαφών, αλλά ίσως χρειασθούν αρκετές εφαρμογές ωστόσο παρατηρηθεί σημαντική βελτίωση στην οργανική ύλη των εδαφών. Στην περίπτωση που ο κύριος σκοπός της διάθεσης επεξεργασμένης ύλης αποτελεί η βελτίωση της οργανικής ύλης του εδάφους, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αποφυγή έκπλυσης θρεπτικών στοιχείων και συσσώρευσης βαρέων μετάλλων.

3.4.4 Επιπτώσεις και οφέλη

Οι εισροές αυτής της μεθόδου διάθεσης της ύλης περιλαμβάνουν την ύλη, πρόσθετες πηγές (καύσιμα κ.ά.) για την μεταφορά και αποθήκευση καθώς και αποθηκευτικούς χώρους. Οι εκροές περιλαμβάνουν την βελτίωση της παραγωγής και την υποκατάσταση των λιπασμάτων αλλά και την εκπομπή ρυπαντών στο έδαφος, στον αέρα (έμμεσα) και στα νερά (έμμεσα). Οι θετικές επιπτώσεις από την εφαρμογή της ύλης στο έδαφος είναι η βελτίωση της απόδοσης του εδάφους, η πιθανή αποκατάσταση και φυσικά η βελτίωση της γονιμότητάς του. Η ύλη περιέχει σημαντικά θρεπτικά συστατικά για την γεωργία, όπως το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλλιο και το ασβέστιο. Κατά συνέπεια η εφαρμογή της ύλης δύναται να αντικαταστήσει τα συμβατικά λιπάσματα, των οποίων η παραγωγή είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Επιπλέον, περιέχει οργανικά συστατικά, αλλά ο συνήθης ρυθμός εφαρμογής είναι μικρότερος από αυτόν που θα είχε θετικές επιπτώσεις στην δομή του εδάφους.

Αρνητικές επιπτώσεις προκαλούνται από τη διάθεση ρυπαντών στο έδαφος, στον αέρα και στο νερό. Εξάλλου, αρνητικές επιπτώσεις προκαλούνται από τα καυσαέρια κατά την φάση μεταφοράς και διασποράς της ύλης στο έδαφος. Με την εφαρμογή της ύλης στο έδαφος διατίθενται και οι ρυπαντές, που περιέχονται σε αυτήν. Οι ρυπαντές αυτοί, με την διήθηση, την απορροή, και την αεριοποίηση μπορούν να μεταφέρονται στον αέρα και το νερό και εισάγονται στην τροφική αλυσίδα. Τέλος οχλήσεις σε ανθρωπογενείς δέκτες δύναται να προκύψουν στην περίπτωση εφαρμογής μη σταθεροποιημένης ύλης.

3.5 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

3.5.1 Επεξεργασία και διάθεση ύλης στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια στη χώρα μας σε μια προσπάθεια περιορισμού της υδατικής ρύπανσης και εφαρμογής της Οδηγίας 271/91/EC έχει κατασκευασθεί ένα πλήθος εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων που φθάνουν τις 290 ΕΕΛ. Οι εγκαταστάσεις αυτές καλύπτουν ένα πληθυσμό απογραφής της τάξης του 75% του ισοδύναμου πληθυσμού της χώρας.

Ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας των λυμάτων παράγονται σημαντικές ποσότητες ύλης που για το έτος 2002 εκτιμώνται σε 76.000 tn DS/έτος (Τσαγκαράκης, 1999, Andreadakis et al., 2002). Η εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων ύλης για τα έτη 1996 – 2002 δίνεται στον πίνακα 5.1. Στον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι στην Ελλάδα η διάθεση της ύλης σε χωματερές (τις

περισσότερες φορές ανεξέλεγκτες) είναι η συχνότερα εφαρμοζόμενη μέθοδος, αφού το 98% περίπου της παραγόμενης ιλύος καταλήγει σε χωματερές. Το ποσοστό αυτό είναι από τα μεγαλύτερα στην Ε.Ε., όπου ο αντίστοιχος ευρωπαϊκός μέσος όρος δεν υπερβαίνει το 25% (βλ. Πίνακα 3-12)

Πίνακας 3.12: Μέθοδοι διαχείρισης παραγόμενων ιλύων σε Ε.Ε.Α. στην Ελλάδα (Andreadakis et al., 2002, Τσαγκαράκης, 1999).

Έτος		1996	1998	2000	2002
Ξηρό βάρος (τόνοι)/έτος		52.000	68.000	76.000	92.500
Ποσοστό διάθεσης (%)	Μέσα στην ΕΕΛ	1,3	1,2	1,3	1,2
	Γεωργία	0,2	1,3	1,3	1,3
	Κομποστοποίηση	-	1,0	0,9	1,0
	Χωματερή	98,1	96,2	96,1	96,1
	Δασικές εκτάσεις	0,4	0,4	0,4	0,4

Η διάθεση σε χωματερές, συνήθως μαζί με στερεά απόβλητα, είναι μια ελκυστική μέθοδος, εξαιτίας του χαμηλού κόστους. Παρόλα αυτά, σε πολλές περιπτώσεις η επιλογή του κατάλληλου Χ.Υ.Τ.Α., έχει αποδειχθεί μια πολύ πολύπλοκη και δύσκολη διαδικασία, εξαιτίας των αντιδράσεων των τοπικών κοινωνιών. Επιπρόσθετα, η εκφρασμένη ισχυρή προτίμηση της Ε.Ε. στην επαναχρησιμοποίηση της ιλύος έναντι της διάθεσης σε χωματερές καθώς και η επιβαλλόμενη, από την Οδηγία 1999/31/ EC “περί υγειονομικής ταφής απορριμμάτων”, σταδιακή μείωση του διατιθέμενου οργανικού φορτίου στερεών αποβλήτων σε Χ.Υ.Τ.Α., δημιουργούν επιτακτική ανάγκη υιοθέτησης εναλλακτικών τρόπων επαναχρησιμοποίησης ή/και διάθεσης της ιλύος.

Τα κυριότερα συστήματα επεξεργασίας των λυμάτων σύμφωνα με τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό είναι: οι συμβατικές μονάδες ενεργού ιλύος (με 5.533.000 p.e.) και τα συστήματα παρατεταμένου αερισμού (με σύνολο 2.487.000 p.e.) (Τσαγκαράκης, 1999). Στο 90% των εγκαταστάσεων, που εξυπηρετεί το 99% του πληθυσμού, η ιλύς που παράγεται είναι σταθεροποιημένη και αφυδατωμένη.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.13, η πιο συνηθισμένη μέθοδος επεξεργασίας ιλύος είναι η αερόβια σταθεροποίηση, κυρίως μέσω των συστημάτων παρατεταμένου αερισμού, που αντιστοιχούν στο 80% των έργων επεξεργασίας. Σε ισοδύναμο πληθυσμό, αυτός ο τύπος επεξεργασίας αντιστοιχεί σε σημαντικά χαμηλότερο ποσοστό (~33%), εξαιτίας του γεγονότος ότι οι μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, όπως είναι της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης, της Λάρισας, του Ηρακλείου, της Πάτρας, του Βόλου κτλ, εφαρμόζουν αναερόβια σταθεροποίηση της ιλύος. Η αφυδάτωση σε κλίνες ξήρανσης είναι ακόμα συχνή στις μικρές εγκαταστάσεις (περίπου 40% των εγκαταστάσεων), αλλά τα προβλήματα που σχετίζονται με αυτές, όπως απαιτήσεις γής, οσμές, αυξημένη χειρωνακτική εργασία, τείνουν να τις περιορίσουν. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα τελευταία 5 έως 6 χρόνια, η μηχανική αφυδάτωση είναι η τυπική πρακτική ακόμα και σε σχετικά μικρές εγκαταστάσεις και τείνει να αντικαταστήσει τις υπάρχουσες κλίνες στα παλιότερα έργα. Οι ταινιοφιλτρόπρεσες είναι η συνηθέστερη μέθοδος αφυδάτωσης ανάμεσα στους τύπους της μηχανικής αφυδάτωσης αν και τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν φυγοκεντρητές.

Πίνακας 5.2: Μέθοδοι επεξεργασίας ιλύος σε σχέση με τον αριθμό των Ε.Ε.Λ., τον ισοδύναμο πληθυσμό σχεδιασμού (p.e.) και τον σημερινό εξυπηρετούμενο πληθυσμό (t.p.e.) (Τσαγκαράκης, 1999).

Επεξεργασία ιλύος	ΕΕΛ		p.e.		t.p.e.	
	[#]	[%]	[#]	[%]	[#]	[%]
Χωρίς επεξεργασία ή μη προσδιορίσιμη	26	12,8	121.000	1,5	54.000	0,9
Πάχυνση- Αερόβια σταθεροποίησ η-αφυδάτωση	164	79,9	2.661.000	32,8	982.000	17,4
Πάχυνση – Αναερόβια Χώνευση – αφυδάτωση	15	7,3	5.335.000	65,7	4.607.000	81,7
Σύνολο	205	100	8118000	100	5643000	100

3.6: Εφαρμογή στο έδαφος

Η οδηγία 86/278/EC "περί της προστασίας του περιβάλλοντος και κυρίως του εδάφους κατά τη διάθεση ιλύος στη γεωργία" τονίζει την αγρονομική αξία της ιλύος. Παράλληλα καθορίζει τις απαραίτητες προφυλάξεις για την ασφαλή χρήση στη γεωργία. Βάσει της Οδηγίας ο όρος "επεξεργασία ιλύος" αφορά στην παραγόμενη από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων ιλύος, που έχει υποστεί βιολογική, χημική ή θερμική επεξεργασία, με βασικό στόχο την επαρκή σταθεροποίηση της. Ωστόσο, η απαιτούμενη μέθοδος επεξεργασίας δεν περιγράφεται και μόνο έμμεση αναφορά γίνεται στον έλεγχο δυνητικά επικίνδυνων χαρακτηριστικών της ιλύος, όπως οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Για τους λόγους αυτούς η υφιστάμενη Οδηγία έχει δεχθεί έντονη κριτική και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ένα Σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας 86/278/EC που περιλαμβάνει σημαντικά αυστηρότερους όρους διάθεσης της ιλύος στην γεωργία. Εν όψει της επικείμενης αναθεώρησης της Οδηγίας και των αυστηρότερων νομοθεσιών περί αγροτικής διάθεσης της ιλύος που εφαρμόζονται σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες οι γράφοντες θεωρούν σκόπιμο την υιοθέτηση των αυστηρότερων επιταγών του Σχεδίου Αναθεώρησης της Οδηγίας για την θέσπιση ενός βιώσιμου σχεδίου διαχείρισης της ιλύος. Πρέπει να σημειωθεί ότι η θέσπιση αυστηρών Κανονισμών για την αγροτική διάθεση της ιλύος έχει διττό σκοπό: αφενός την προστασία της δημόσιας υγείας και αφετέρου την ευκολότερη αποδοχή αγροτικών προϊόντων που παράγονται σε εδάφη όπου διατίθεται ιλύς. Ένα πρόγραμμα γεωργικής διάθεσης της ιλύος προϋποθέτει την συνεργασία και αποδοχή της ιλύος από τους γεωργούς. Είναι αυτονόητο ότι η υποψία και μόνο της πιθανότητας υποβάθμισης της ποιότητας των προϊόντων τους θα οδηγούσε ένα πρόγραμμα διάθεσης σε πλήρη αποτυχία.

Σύμφωνα με το 3^ο Σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας 86/278/EC η ιλύς μπορεί να διατεθεί στη γεωργία με περιορισμούς ή χωρίς περιορισμούς.

Στη πρώτη περίπτωση (διάθεση στη γεωργία με περιορισμούς) η ιλύς θα πρέπει να είναι καλά σταθεροποιημένη με αερόβια ή αναερόβια (μεσοφιλική) χώνευση, ή εναλλακτικά να έχει υποστεί χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το $\text{pH} > 12$ για 12 έως 24 ώρες.

Στη περίπτωση που ιλύς προέρχεται από συστήματα παρατεταμένου αερισμού θα πρέπει να εξασφαλίζεται η διακοπόμενη λειτουργία του αντιδραστήρα (δηλ. χωρίς ανάμιξη ή απομάκρυνση κατά τη φάση επεξεργασίας), ώστε να υπάρχει μείωση στους παθογενείς μικροοργανισμούς. Αυτό σημαίνει ότι η ιλύς που προέρχεται από SBR είναι κατάλληλη για διάθεση στη γεωργία με περιορισμούς, ενώ στις περιπτώσεις που η ιλύς προέρχεται από συστήματα συνεχούς λειτουργίας θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποστείρωση της ιλύος (πχ. με χρήση ασβέστη). Διάθεση στη γεωργία με περιορισμούς μπορεί να γίνει και της ιλύος που έχει υποστεί ξήρανση σε κλίνες ξήρανσης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος εφ' όσον είναι ικανοποιητικά σταθεροποιημένη, το ύψος της στρώσης να είναι μικρότερο από 20 cm και ο χρόνος ξήρανσης της λάσπης να είναι μεγαλύτερος από 90 ημέρες, εφ' όσον η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από 0°C , να μην καλύπτεται δηλαδή η ιλύς με χιόνι.

Στη περίπτωση που η ιλύς προέρχεται από προηγμένη επεξεργασία, τότε πρακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη γεωργία χωρίς περιορισμούς. Με τον όρο προηγμένη επεξεργασία εννοείται η ιλύς που έχει υποστεί τουλάχιστον την παρακάτω επεξεργασία:

- Θερμική ξήρανση εφ' όσον η θερμοκρασία της ιλύος είναι μεγαλύτερη από 80°C , η περιεκτικότητα σε νερό λιγότερο από 10% και η ενεργότητα του ύδατος (A_w) πάνω από 0,90 την πρώτη ώρα της επεξεργασίας
- Θερμοφιλική αερόβια ή αναερόβια σταθεροποίηση στους 55°C για 20 ώρες σε αντιδραστήρες διακοπόμενης λειτουργίας
- Θερμική επεξεργασία της ιλύος για τουλάχιστον 30 min στους 70°C , και στη συνέχεια μεσοφιλική χώνευση στους 35°C , με χρόνο παραμονής τουλάχιστον 12 ημέρες.
- Κομποστοποίηση στους 50°C έως 60°C , με χρόνο παραμονής 15 έως 20 ημέρες
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το $\text{pH} > 12$ για περίοδο τριών μηνών
- Χημική επεξεργασία με ασβέστη, ώστε να διατηρείται το $\text{pH} > 12$ για περίοδο δύο ωρών σε θερμοκρασία 55°C

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΡΔΕΥΣΗ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχο της άρδευσης αποτελεί ο εφοδιασμός του ριζοστρώματος με την απαραίτητη ποσότητα νερού για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών, ώστε να δώσουν τη μέγιστη παραγωγή. Για το λόγο αυτό, η άρδευση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας και ιδίως σε κλιματικές συνθήκες, όπως αυτές του ξηρού Μεσογειακού καλοκαιριού. Όμως, κατά την άρδευση είναι εξίσου σημαντικό να επιτυγχάνονται οι μικρότερες δυνατές απώλειες νερό, είτε ως διήθηση σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους από εκείνα στα οποία αναπτύσσονται οι ρίζες, είτε και ως επιφανειακή απορροή.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, επιλύθηκαν τα διάφορα προβλήματα που εμφανίστηκαν κατά την εφαρμογή των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης (κατάκλιση, άρδευση με αυλάκια, καταιονισμός). Γι' αυτό το σκοπό εφαρμόστηκαν νέα συστήματα άρδευσης, όπως η επιφανειακή και η υπόγεια στάγδην άρδευση.

Επιτακτική, καθιστούν την ανάγκη για σοβαρές προσπάθειες μείωσης των απωλειών νερού, τα προβλήματα που προέκυψαν τελευταία, εξαιτίας της ανεπάρκειας του αρδευτικού νερού και τα οποία πρόκειται να ενταθούν μέσα στα επόμενα χρόνια. Μείωση των απωλειών νερού να επιτευχθεί με τους ακόλουθους χειρισμούς:

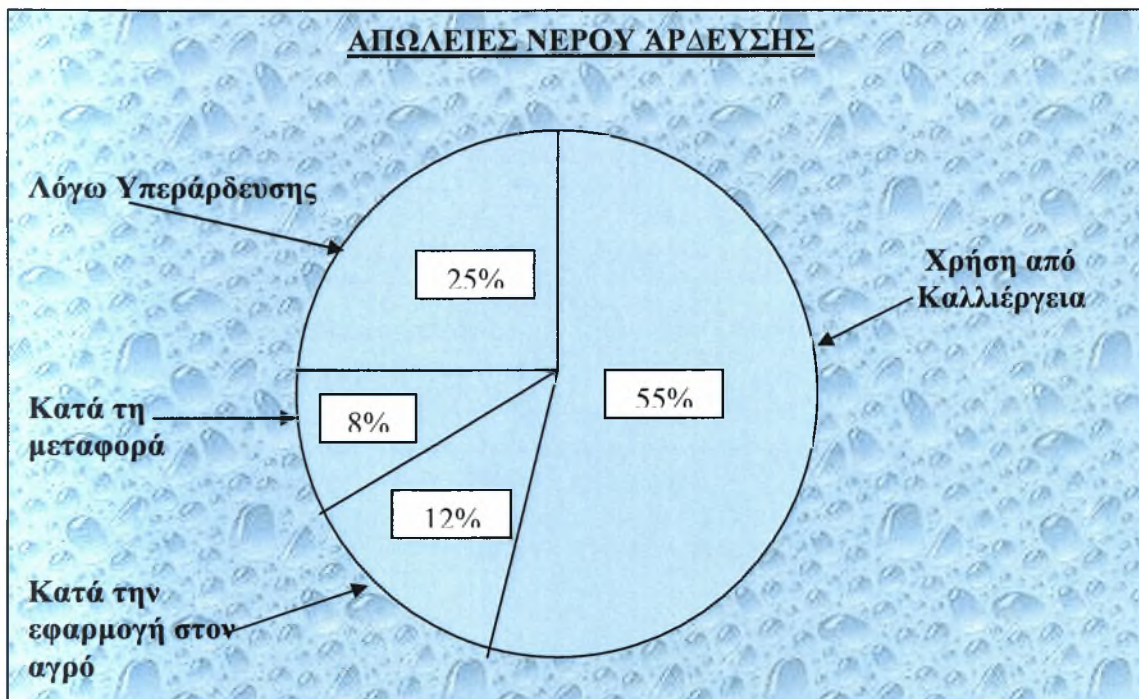
- τον καλύτερο προγραμματισμό των αρδεύσεων (αποφυγή άσκοπων αρδεύσεων),
- την ελαχιστοποίηση των διαρροών στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής νερού, &
- τον περιορισμό των απωλειών στον αγρό.

Η μέθοδος άρδευσης που θα επιλεγεί έχει ιδιαίτερη σημασία για τον περιορισμό των απωλειών στον αγρό. Ανά περίπτωση, επιλέγεται η καταλληλότερη μέθοδος άρδευσης, καθώς δεν υπάρχει η τέλεια. Προϋποθέσεις για τη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων της κάθε μεθόδου αποτελούν:

- ο άριστος σχεδιασμός,
- η σωστή εγκατάσταση, &
- η χρήση υλικών καλής ποιότητας.

Η γεωργία αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή νερού, δηλαδή 70% περίπου σε παγκόσμιο επίπεδο και άνω του 80% στις περισσότερες μεσογειακές χώρες. Η γεωργία καταναλώνει μεγάλες ποσότητες νερού για διάφορες χρήσεις, όπως η παραγωγή τροφίμων, πρώτων υλών και παροχή εργασίας σε πολλούς κατοίκους των αγροτικών περιοχών. Και στη χώρα μας, ο γεωργικός τομέας αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή νερού. Στη χώρα μας, για την άρδευση καταναλώνεται το 78,5% της συνολικής ποσότητας νερού, το 15,8% για την ύδρευση και μόνο το 5,7% στη βιομηχανία. Στην Ελλάδα, η ζήτηση άρδευσης είναι μεγάλη, ενώ η αποτελεσματικότητα του αρδευτικού νερού είναι μικρή και σε πολλές περιπτώσεις κάτω του 55%. Σήμερα, αρδεύεται το 41,2% της καλλιεργούμενης έκτασης.

Η παραγωγή αγροτικών προϊόντων απαιτεί μεγάλη κατανάλωση νερού. Για την παραγωγή 1kg ξηρής ουσίας π.χ. πατάτες, τομάτες, σιτάρι και ρύζι, απαιτούνται 0,5, 0,6 – 1,0, 0,9 και 1,9m νερού, αντίστοιχα. Όμως, πέραν μίας ποσότητας η παραγωγή δεν αυξάνεται. Εκτιμάται δε, ότι από το νερό άρδευσης που εφαρμόζεται σε μια καλλιέργεια, μόνο το 55% χρησιμοποιείται από την ίδια την καλλιέργεια, το 12% χάνεται κατά την εφαρμογή, το 8% κατά τη μεταφορά και το 25% χάνεται λόγω υπερβολικής άρδευσης.



ΣΧΗΜΑ 3.1: Παρουσιάζονται οι λόγοι για τους οποίους παρουσιάζονται απώλειες νερού άρδευσης.

4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Ως μέθοδοι άρδευσης χαρακτηρίζονται οι διάφοροι τρόποι εφαρμογής του αρδευτικού νερού στο έδαφος. Αυτές εξαρτώνται από τις εξής παραμέτρους:

- τις εδαφικές συνθήκες,
- τις κλιματικές συνθήκες,
- τις υδρολογικές συνθήκες,
- την τοπογραφική διαμόρφωση της επιφάνειας του εδάφους, &
- το είδος της καλλιέργειας.

Για να θεωρηθεί η άρδευση επιτυχής πρέπει:

- το νερό πρέπει να εφαρμόζεται ομοιόμορφα στην επιφάνεια του αγρού, επί όσο χρόνο χρειάζεται για να διηθηθεί στο έδαφος ποσότητα ίση με την ωφέλιμη υγρασία,
- ο αγρός να εφοδιάζεται με τόσο νερό, ώστε η υγρασία στη ζώνη του ριζοστρώματος να φθάσει στην υδατοϊκανότητα, δηλαδή να εφοδιάζει το έδαφος με νερό ίσο με την ωφέλιμη υγρασία, &
- να περιορίζει στο ελάχιστο τις επιφανειακές απώλειες από τη βαθιά διήθηση, ώστε η αποδοτικότητα εφαρμογής να φθάνει στη μονάδα του χρόνου.

Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού, οι μέθοδοι άρδευσης διακρίνονται σε:

- επιφανειακές μεθόδους,
- καταιονισμό, &
- στάγδην άρδευση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Παρουσιάζεται η σύγκριση διαφόρων συστημάτων άρδευσης.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ			
Παράγοντες Σύγκρισης	Άρδευση με Ελεύθερη Ροή	Άρδευση με Τεχνητή Βροχή	Άρδευση με Σταγόνα
Τοπογραφία	Επίπεδη επιφάνεια αγρού με κλίση 0 – 1%	Προσαρμόζεται στις περισσότερες τοπογραφικές συνθήκες	Προσαρμόζεται στις περισσότερες τοπογραφικές συνθήκες
Έδαφος	Προτιμώνται εδάφη βαθιά μέσα έως βαριά	Προσαρμόζεται στους περισσότερους τύπους εδαφών	Προσαρμόζεται στους περισσότερους τύπους εδαφών
Καλλιέργειες	Σε καλλιέργειες κυρίως με βαθύ ριζικό σύστημα	Προσαρμόζεται σε όλες τις καλλιέργειες	Προσαρμόζεται σε όλες τις καλλιέργειες
Δαπάνες Εγκατάστασης Συστήματος	Μέσες	Υψηλές	Υψηλές, έως πάρα πολύ υψηλές
Εξοικονόμηση Νερού	Μικρή	Μέση έως υψηλή	Υψηλή, έως πολύ υψηλή
Δαπάνες Εργατικών	Μέση έως υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Απαιτούμενη για το πότισμα ενέργεια	Λίγη	Πολύ έως πάρα πολύ	Μέση
Ζημιές από τη μέθοδο εφαρμογής	Διάβρωση, ανύψωση υπόγειας στάθμης	Ασθένειες βλάβες στο φύλλωμα	Αλατότητα, φράξιμο σταλακτήρων
Ειδική Προσοχή	Ισοπέδωση χωραφιού, εκπαίδευση παραγωγού	Άνεμος, ανταλλακτικά εκπαίδευση παρ/γού	Ανταλλακτικά, εκπαίδευση παραγωγού

4.3 ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση είναι μια μέθοδος κατά την οποία νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων έτσι που κάθε φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση υγρασία (Τερζίδη – Παπαζαφειρίου, 1997).

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι σχετικά πρόσφατη και πολύ αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σωστά. Αποτελεί δε, τη μέθοδο που προσφέρεται κατ' εξοχή για αυτοματισμούς. Η μέθοδος της στάγδην άρδευσης πρέπει να εφαρμόζεται κατά προτίμηση:

- σε περιπτώσεις μικρής διαθέσιμης παροχής,
- όταν το διαθέσιμο νερό έχει άλατα,
- σε περιπτώσεις όπου απαιτείται αυτοματισμός στην άρδευση,
- σε γραμμικές καλλιέργειες, κυρίως όμως οπωροφόρα ή καλλιέργειες με μεγάλη πρόσοδο, π.χ. θερμοκήπια,
- χρησιμοποιείται σε οποιεσδήποτε τοπογραφικές συνθήκες, και
- για την μείωση της ανάπτυξης ζιζανίων και την ευκολότερη προσπέλαση στον αγρό.

Σε αυτή τη μέθοδο όμως, υπάρχουν αρκετές δαπάνες κατασκευής και λειτουργίας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζει μεγάλη δαπάνη εγκατάστασης και μέση δαπάνη λειτουργίας, καθώς λειτουργεί με μικρή πίεση. Παρόλα αυτά παρουσιάζει μικρές απαιτήσεις σε εργατικά χέρια. Οι σταλακτήρες φράζουν, εάν δεν γίνει καλός καθαρισμός του νερού, αφού, εάν το νερό έχει ανθρακικά ή άλλα άλατα, αυτά σίγουρα θα τους φράξουν. Εάν το νερό όντως φέρει διαφόρων ειδών άλατα, με τη μέθοδο αυτή άρδευσης δημιουργείται αλατότητα και γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται έκπλυση του εδάφους.

Η άρδευση με σταγόνα παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα αξιοποίησης του αρδευτικού νερού που κυμαίνεται από 80 – 90%.

4.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα επιφανειακής στάγδην άρδευσης αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- την κεφαλή ή μονάδα ελέγχου,
- το δίκτυο μεταφοράς, &
- το δίκτυο εφαρμογής.

Η κεφαλή ή μονάδα ελέγχου συνδέεται με την υδροληψία ή το αντλητικό συγκρότημα. Περιλαμβάνει το μετρητή ροής, τα φίλτρα, τους ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Κύριο στοιχείο της κεφαλής αποτελούν τα φίλτρα. Με τα φίλτρα το νερό που παροχετεύεται στο δίκτυο πρέπει να είναι απαλλαγμένο από φερτά υλικά για να μην αποφράσσονται οι σταλακτήρες. Τα φίλτρα διενεργούν μηχανικό καθαρισμό του νερού. Οι τρεις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται τα φίλτρα είναι οι ακόλουθες:

- τα φίλτρα σήτας,
- τους υδροκυκλώνες, και
- τα φίλτρα χαλικιών και άμμου.

Η κεφαλή μπορεί να είναι εφοδιασμένη και με δοχείο λίπανσης μέσα στο οποίο τοποθετείται η ποσότητα του λιπάσματος, από το οποίο το νερό που περνάει μέσα από το δίκτυο παίρνει την επιθυμητή ποσότητα λιπάσματος (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 2004). Αυτός ο τρόπος ονομάζεται υδρολίπανση και το πλεονέκτημα του είναι το γεγονός ότι διενεργεί οικονομικά στην ποσότητα λιπάσματος που διατίθεται στα φυτά, αλλά και στα εργατικά χέρια.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους, αλλά και τους δευτερεύοντες αγωγούς. Από την πηγή το νερό μεταφέρεται μέσω των κύριων αγωγών στους δευτερεύοντες. Οι κύριοι αγωγοί είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο (PE) ή άκαμπτο χλωριούχο

πολυβινύλιο (PVC) ή γαλβανισμένο ατσάλι. Οι δευτερεύοντες αγωγοί μεταφέρουν το νερό από τους κύριους, στους αγωγούς εφαρμογής. Το δίκτυο μεταφοράς μπορεί να είναι είτε υπέργειο (PE), είτε υπόγειο (PVC). Συνήθως όμως, οι αγωγοί του δικτύου μεταφοράς είναι από άκαμπτο PVC και πρέπει να τοποθετούνται υπόγεια, τόσο για την προστασία τους, όσο και για την διευκόλυνση της κυκλοφορίας στο χωράφι των καλλιεργητικών μηχανημάτων.

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με συνηθισμένη διάμετρο 12 – 25 mm. Μεταφέρουν το νερό από τους δευτερεύοντες αγωγούς στους σταλακτήρες. Είναι κάθετοι προς τους δευτερεύοντες και παράλληλοι προς τις ισοϋψείς στα εδάφη με κλίση (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 2004).

Σε προκαθορισμένες θέσεις πάνω στους σωλήνες πολυαιθυλενίου, τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες, μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων. Οι σταλακτήρες τοποθετούνται είτε εν σειρά, είτε σε σύνδεση επί της γραμμής εφαρμογής. Ο τρόπος διάταξης της γραμμής εφαρμογής εξαρτάται από τις αποστάσεις φύτευσης, το έδαφος, το ποσοστό του εδάφους που πρέπει να διαβραχεί, το κόστος (Παπαζαφειρίου, 1984).

Τη βάση του συστήματος στάγδην άρδευσης αποτελούν οι σταλακτήρες. Συνδέονται όπως ήδη αναφέρθηκε στην παρούσα διατριβή με το δίκτυο εφαρμογής και στην έξοδο τους το νερό εμφανίζεται με τη μορφή σταγόνων κατά τακτά χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε σε κάθε θέση να διηθούνται στο έδαφος λίγα λίτρα νερού την ώρα. Οι σταλακτήρες κατασκευάζονται από σκληρή πλαστική ύλη, συνήθως από πολυπροπυλένιο, είναι μαύρου χρώματος και διαφόρων σχημάτων και μεγέθους. Για να μπορεί ένας σταλακτήρας να εκπληρώσει σωστά την αποστολή του πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- να εξασφαλίζει μικρή και ομοιόμορφη παροχή, η οποία δεν θα επηρεάζεται από περιορισμένες μεταβολές της πίεσης στον αγωγό εφαρμογής,
- να έχει σχετικά μεγάλη διατομή ροής ώστε να μην αποφράζεται εύκολα,
- να είναι κατασκευασμένος από υλικό που να μην επηρεάζεται σημαντικά και να μην παθαίνει μόνιμες αλλοιώσεις από τις έντονες, μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την έκθεσή του στον αγρό,
- να είναι ευκολόχρηστος, &
- να έχει μικρό κόστος.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα κριτήρια οι σταλακτήρες διακρίνονται σε ορισμένες κατηγορίες. Ανάλογα με το είδος της ροής του νερού, οι σταλακτήρες διακρίνονται σε σταλακτήρες με στρωτή ροή, με μερικά στροβιλώδη ροή και με στροβιλώδη ροή. Σύμφωνα με τον τρόπο απόσβεσης της πίεσης διακρίνονται σε σταλακτήρες με μακρύ διάδρομο ροής και με επιστόμιο ή οπή. Σε αυτή την κατηγορία άλλωστε ανήκουν και οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες. Αυτού του είδους οι σταλακτήρες διατηρούν σταθερή παροχή ανεξάρτητα από το φορτίο με κάποιο μηχανισμό αυτόματης ρύθμισης. Ανάλογα με την ικανότητα αυτοκαθαρισμού τους, διακρίνονται σε αυτοκαθαριζόμενους και μη αυτοκαθαριζόμενους. Κατά κανόνα, οι αυτορυθμιζόμενοι σταλακτήρες είναι και αυτοκαθαριζόμενοι.

Η σωστή λειτουργία ενός δικτύου στάγδην άρδευσης απαιτεί ορισμένους χειρισμούς. Τέτοιοι είναι η αυτοματοποιημένη έναρξη και παύση λειτουργίας του συστήματος, η διαδοχική υδροδότηση των διαφόρων μονάδων και η ρύθμιση της απαιτούμενης παροχής και φορτίου στην αρχή του δικτύου και στους αγωγούς τροφοδοσίας.

Στην Ελλάδα στις αρχές της δεκαετίας του 80' άρχισε να εξαπλώνεται η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Η μεγάλη της εξάπλωση όμως στη χώρα μας, οφείλεται κυρίως στις καλλιέργειες των οπωροφόρων δένδρων και της αμπέλου. Σύμφωνα με τους Branđo και Herper (1987), η επιφανειακή στάγδην άρδευση επιτυγχάνει ικανοποιητικότερη χορήγηση των θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια της αμπέλου και κυρίως του φωσφόρου. Στις μέρες μας, η επιφανειακή στάγδην άρδευση χρησιμοποιείται στην Ελλάδα σε συντριπτικό ποσοστό για την άρδευση του βαμβακιού. Ενδεικτικά, αναφέρεται η αύξηση της καλλιεργήσιμης έκτασης στη χώρα μας με βαμβάκι από 160000ha στα τέλη της δεκαετίας του 80' σε άνω των 400000ha το 2001 (Οργανισμός Βάμβακος, 2001).

4.4.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Το νερό, κατά την στάγδην άρδευση, εφαρμόζεται σε μικρές ποσότητες και υψηλές συχνότητες, μόνο σε ένα ορισμένο ποσοστό της επιφάνειας του αγρού. Άλλα κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους άρδευσης αποτελούν τα εξής:

- η συνολική ποσότητα του εφαρμοζόμενου νερού,
- το ποσοστό που εφαρμόζεται ανά μονάδα διαβρεχόμενης επιφάνειας, το νερό που χρησιμοποιείται από τα φυτά, ~~και~~ και
- η απόδοση του αγρού.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα πλεονεκτήματα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- ο έλεγχος,
- η πλήρης αυτοματοποίηση του συστήματος,
- η οικονομία νερού,
- η διατήρηση μικρών αρνητικών πιέσεων στο έδαφος,
- η προώμιση της παραγωγής,
- τα οικονομικά και ενεργειακά οφέλη,
- η χρήση χαμηλής ποιότητας αρδευτικού νερού,
- η διατήρηση ξηρού φυλλώματος,
- η μερική διαβροχή του εδάφους,
- η εφαρμογή σε δύσκολα εδάφη,
- η εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων,
- η άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων, ~~και~~ και
- η προστασία στο περιβάλλον.

Εν συνεχεία, διενεργείται εκτενέστερη αναφορά σε κάποια από αυτά.

Ο έλεγχος του νερού που δίδεται σε κάθε άρδευση είναι ευκολότερος, καθώς η άρδευση με σταγόνες πραγματοποιείται δια μέσου ενός σταθερού συστήματος αγωγών. Υπερισχύει δε, έναντι των άλλων μεθόδων σε περιπτώσεις όπως ότι δεν διακόπτεται η άρδευση λόγω ανέμου, όπως συμβαίνει κατά τη μέθοδο του καταιονισμού. Επιπλέον, δεν αρδεύεται ολόκληρη η έκταση του αγρού, παρά μόνο κάποιες λωρίδες κοντά στα φυτά. Έτσι μπορούν να διενεργηθούν κάποιες καλλιεργητικές εργασίες (ψεκασμός, συγκομιδή, κ.λ.π.) χωρίς τη διακοπή της άρδευσης. ^{στη προώμιση,} ~~Συν τοις άλλοις,~~ είναι εφικτή η αυτοματοποίηση της άρδευσης με τη μέθοδο αυτή, διότι με μία μόνο βαλβίδα μπορεί να ελεγχθεί μία σχετικά μεγάλη αρδευόμενη ~~περιοχή~~ περιοχή. Τα τελευταία χρόνια, η ύπαρξη Η/Υ στα δίκτυα στάγδην άρδευσης συντονίζουν με μεγάλη επιτυχία τις αρδεύσεις. Με αυτόν τον τρόπο η απόδοση της άρδευσης φθάνει το 90% περίπου, εν συγκρίσει με το 60 – 80% του καταιονισμού και το 50 – 60% της επιφανειακής άρδευσης.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης αποτελεί η οικονομία νερού. Το σύστημα στάγδην άρδευσης παρουσιάζει τον μικρότερο βαθμό απωλειών τόσο κατά την μεταφορά του νερού, όσο και κατά την εφαρμογή του. Η εξοικονόμηση νερού είναι κατά 25% μεγαλύτερη από την άρδευση με καταιονισμό και 50% από τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης. Σε αυτό το γεγονός συντελεί η μείωση των απωλειών από επιφανειακή απορροή και από βαθιά διήθηση.

Το επόμενο επίσης σημαντικό πλεονέκτημα που παρατηρείται κατά την επιφανειακή στάγδην άρδευση είναι η διατήρηση μικρών αρδευτικών πιέσεων στο έδαφος. Κατά την εφαρμογή της στάγδην άρδευσης, η υγρασία στο έδαφος παραμένει σχεδόν σταθερή, καθώς το νερό διοχετεύεται σε μικρές ποσότητες και πολύ συχνά. Κατ' αυτό τον τρόπο, η αρνητική πίεση του νερού στο έδαφος παραμένει σε χαμηλά επίπεδα. Ως αρνητική πίεση καλείται η δύναμη με την οποία το νερό συγκρατείται από το έδαφος. ^{θεωρητικά,} η καλύτερη υγρασία ^{απόδοσών του} ~~για τα φυτά είναι η υδατοϊκανότητα.~~ ^{και} Ο παραγωγός με την στάγδην άρδευση μπορεί να ρυθμίσει την παροχή, ^{ετσι} ~~ώστε~~ ώστε η υγρασία να βρίσκεται διαρκώς ^{στην υδατοϊκανότητα} ~~σ' αυτά τα επίπεδα.~~ ^{και} Γι'

αυτό τα φυτά αναπτύσσονται σε ένα ιδανικό περιβάλλον υγρασίας, χωρίς stress. Με κάθε άλλη μέθοδο άρδευσης, το νερό χάνεται στα ενδιάμεσα των κατά σειρά αρδεύσεων, με την εξατμισοδιαπνοή. Το νερό μάλιστα, που παραμένει στο έδαφος, συγκρατείται με τόσο μεγάλες αρνητικές πιέσεις, που δύσκολα τα φυτά μπορούν να το παραλάβουν. Εάν δε, κάποια άρδευση καθυστερήσει αδικαιολόγητα, τα καλλιεργούμενα φυτά θα υποστούν stress και συνεπώς οι συνέπειες για την ανάπτυξη και απόδοση τους, θα είναι δυσμενείς.

Η πρωίμιση της παραγωγής αποτελεί ένα άλλο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου. Η μέθοδος της στάγδην άρδευσης προσφέρει στα φυτά το μεγάλο πλεονέκτημα της έλλειψης stress. Συνέπεια αυτού, αποτελεί η ομοιόμορφη ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών που οδηγεί σε πρωιμότερη ωρίμανση τους σε σχέση με φυτά που αρδεύονται με άλλες μεθόδους. Έτσι, επιτυγχάνεται και πρωίμιση και αύξηση των αποδόσεων (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 2004). Άλλωστε, μια πρώιμη συγκομιδή πωλείται σε υψηλότερες τιμές και σε συνδυασμό με υψηλές αποδόσεις (λόγω ομοιόμορφης ανάπτυξης) δίνει το υψηλότερο επιθυμητό οικονομικό αποτέλεσμα.

Εν 27707 Το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου που ακολουθεί, αποτελεί το γεγονός ότι προσφέρει οικονομικά και ενεργειακά οφέλη. Ένα σοβαρό μειονέκτημα της μεθόδου της στάγδην άρδευσης αποτελεί το υψηλότερο κόστος εγκατάστασης ενός σταθερού συστήματος στάγδην άρδευσης, σε σχέση με τις άλλες μεθόδους άρδευσης. Αυτό όμως αντισταθμίζεται από το κόστος άντλησης και το κόστος εργασίας, τα οποία είναι χαμηλότερα εν συγκρίσει με τις άλλες μεθόδους άρδευσης.

Η οικονομική σύγκριση δυσχαιρένεται εξαιτίας της συνεχούς μεταβολής των τιμών. Γι' αυτό το λόγο, οι Batty et al (1975) συγκρίνανε τις διαφορές στην ενεργειακή κατανάλωση για τις διάφορες μεθόδους άρδευσης, που σχεδιάστηκαν για φάρμα 64ha, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. Από τον συγκεκριμένο πίνακα φαίνεται η υπεροχή του συστήματος της στάγδην άρδευσης έναντι των υπολοίπων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: Συνολικά δεδομένα σε MJ/ha για πέντε διαφορετικά αρδευτικά συστήματα και για απαίτηση νερού 915mm και μηδενική ανύψωση.

ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΓΚ/ΣΗΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΤ/ΣΗΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
Επιφανειακή Άρδευση	1858	498	3,9	2361
Σταθερή με Καταιονισμό	5102	7958	0,8	13060
Χειροκίνητη με Κατ/σμό	1649	8309	5,0	10008
Κανόνι Βροχής	4014	8929	0,8	12943
Στάγδην Άρδευση	5493	4839	0,8	10323

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της στάγδην άρδευσης αποτελεί η χρήση χαμηλής ποιότητας αρδευτικού νερού. Με την χρήση όλων των μεθόδων άρδευσης, πλην της στάγδην, η άρδευση με υφάλμυρο νερό αυξάνει τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος, καθώς το έδαφος ξηραίνεται μεταξύ των διαδοχικών αρδεύσεων. Σε αυτή την περίπτωση η τάση συγκράτησης του νερού από το έδαφος αυξάνει διότι προστίθεται η ωσμωτική πίεση, με

συνέπεια τα φυτά να δυσκολεύονται περισσότερο να αποσπάσουν το νερό από το έδαφος. Διαδοχικά, τα άλατα συσσωρεύονται με αποτέλεσμα η καλλιέργεια να εξασθενίζει.

Η συγκέντρωση των αλάτων με την στάγδην άρδευση ελέγχεται λόγω της διαρκούς εκπλύσεως. Τα άλατα απωθούνται προς την περιφέρεια της περιβρεχόμενης περιοχής και έτσι τα φυτά μπορούν να πάρουν νερό από το κέντρο της ζώνης διαβροχής, όπου η τάση είναι χαμηλή.

Το πλεονέκτημα που ακολουθεί αναφέρεται στην ανάγκη διατήρησης ξηρού φυλλώματος. Όταν το φύλλωμα των φυτών δεν διαβρέχεται κατά τη διάρκεια των αρδεύσεων, παραμένει ξηρό και έτσι ^{καταστέλλει} την ανάπτυξη πολλών παθογόνων μικροοργανισμών στα φυτά. Και αυτό το πλεονέκτημα το προσφέρει η στάγδην άρδευση. Επιπλέον, επειδή με τη στάγδην άρδευση δεν διαβρέχονται τα φύλλα των φυτών, δεν εκπλύνονται τα φυτοφάρμακα από την επιφάνειά τους, καθώς επίσης δεν παρατηρείται κάψιμο του υπέργειου τμήματος των φυτών από αλατούχο αρδευτικό νερό.

Η μερική διαβροχή του εδάφους είναι το επόμενο πλεονέκτημα στο οποίο θα γίνει αναφορά. Το νερό, με την στάγδην άρδευση, εφαρμόζεται τοπικά στην καλλιέργεια και επομένως ένα μόνο τμήμα του εδάφους διαβρέχεται. Σε αυτή την περίπτωση, το πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι αφενός μεν περιορίζεται σημαντικά η εξάτμιση από το έδαφος, αφετέρου δε την ανάπτυξη των ζιζανίων. Διευκολύνει επίσης, τη μετακίνηση στις ξηρές λωρίδες των μηχανημάτων για ψεκασμό, συγκομιδή, κ.λ.π.

Η εφαρμογή της μεθόδου σε δύσκολα εδάφη είναι το πλεονέκτημα που αναλύεται στην παρούσα παράγραφο. Η στάγδην άρδευση μπορεί να εφαρμοσθεί σε περιοχές, στις οποίες οι υπόλοιπες μέθοδοι δεν έχουν τη δυνατότητα να εφαρμοσθούν. Χάρη στη μέθοδο της στάγδην άρδευσης, εδάφη πολύ διαπερατά όπως είναι τα αμμώδη, ερημικές ή τροπικές περιοχές με μεγάλη έκπλυση, έγιναν γόνιμες.

Με τη μέθοδο της άρδευσης με σταγόνα δίνεται η δυνατότητα πρόσθεσης στο αρδευτικό νερό, λιπασμάτων. Αυτή είναι μία διαδικασία, η οποία προσφέρει διάφορα προτερήματα έναντι των άλλων μεθόδων, ως προς ^{την οικονομία χρήματος και εργατικών χεριών} την οικονομία χρήματος και εργατικών χεριών. Επίσης, η εφαρμογή τους είναι πιο ακριβής, αφού διενεργείται απευθείας στη ζώνη διαβροχής και γι' αυτό απορροφάται από τα φυτά γρήγορα. Όμως, τα λιπάσματα πρέπει να είναι πλήρως διαλυτά προς αποφυγή απόφραξης των σταλακτήρων. Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι, η στάγδην άρδευση ενδείκνυται ιδιαίτερα για την προσθήκη φυτοφαρμάκων κατά ασθενιών εδάφους, καθώς αυτά είναι πιο αποδοτικά σε μικρές δοσολογίες.

Η άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων αποτελεί ένα αρκετά σημαντικό πλεονέκτημα της στάγδην άρδευσης. Με την πολύ μικρή παροχή που απαιτείται για την άρδευση ποτίζονται συγχρόνως με μία δεδομένη παροχή αναλογικά μεγαλύτερες εκτάσεις απ' ό,τι στα άλλα συστήματα (Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, 2004). Είναι διαθέσιμες επίσης, παροχές μέχρι και 5m³/h/στρ. απευθείας, εν αντιθέσει με τις υπόλοιπες μεθόδους, οι οποίες θα απαιτούσαν δεξαμενές αποταμίευσης νερού. Επιπροσθέτως, οι μικρές αυτές παροχές αποτρέπουν την άνοδο του υπόγειου ορίζοντα (όπου υπάρχει τέτοιο πρόβλημα) και το νερό δεν παρασύρεται κατά την άρδευση από τον άνεμο.

Το τελευταίο και σημαντικότερο για το περιβάλλον πλεονέκτημα της μεθόδου, αποτελεί η προστασία του. Με την μέθοδο της άρδευσης με σταγόνα αποφεύγεται η πιθανή ρύπανση των επιφανειακών ή υπόγειων νερών από λιπάσματα, αλλά και από φυτοφάρμακα που υπάρχουν στο έδαφος, διότι δεν υπάρχει βαθιά διήθηση ή επιφανειακή απορροή. Κατά τον Oron et al. (1979), ακόμη και το νερό των αποχετεύσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την στάγδην άρδευση, έπειτα από τη ^{δευτερή} καλύτερη καταργασία και το κατάλληλο φίλτραρισμα.

δευτερογενή επιλογή/είδη

4.4.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Τα μειονεκτήματα της μεθόδου της στάγδην άρδευσης είναι τα ακόλουθα:

- το κόστος εγκατάστασης,
- οι εμφράξεις των σταλακτήρων,
- η αδυναμία άμεσης προσέγγισης του νερού στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών και ειδικά σε βαριάς σύστασης εδάφη,
- η αποφυγή χρήσης αρδευτικού νερού με αυξημένη αλατότητα,
- η ανάγκη απομάκρυνσης των δευτερευόντων αγωγών άρδευσης λίγο πριν και μετά την εγκατάσταση της νέας καλλιέργειας (μηχανικές ζημιές),
- η φθορά των υλικών λόγω των καιρικών συνθηκών, των καλλιεργητικών πρακτικών και της τοπικής υπέργεια πανίδας (μηχανικές ζημιές), και
- η ανάγκη χρήσης άλλης μεθόδου για το φύτευμα των καλλιεργειών.

Παρακάτω γίνεται εκτενέστερη παρουσίαση κάποιων από αυτά τα μειονεκτήματα.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το κόστος της πρώτης εγκατάστασης, το οποίο είναι αρκετά υψηλό. Όμως, οι παρατηρούμενες υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών συνδυαζόμενες με το μικρό ~~ποσοστό~~ εργατικών χεριών που απαιτεί η συγκεκριμένη μέθοδο, καθώς και με τη μείωση του κόστους εξαιτίας τη βιομηχανικής παραγωγής των σωληνώσεων και άλλων εξαρτημάτων, τείνουν να καταστήσουν σχεδόν αμελητέο το συγκεκριμένο μειονέκτημα.

Οι εμφράξεις των σταλακτήρων διακρίνονται σε μηχανικές, χημικές και βιολογικές ή οργανικές. Οι μηχανικές εμφράξεις οφείλονται στην παρουσία στερεών σωματιδίων στο αρδευτικό νερό. Οι σταλακτήρες έχουν διάμετρο 0,5 – 1mm και εύκολα φράζουν από άμμο, διείσδυση ριζών ή σωματίδια αργίλου. Στη χρήση κατάλληλων φίλτρων που καθαρίζονται συχνά, συνίσταται η προστασία. Οι χημικές εμφράξεις οφείλονται σε ιζήματα σιδήρου ή ασβεστίου, καθίζηση ανθρακικών αλάτων, τα οποία συσσωρεύονται με τη βοήθεια βακτηρίων. Αποφεύγονται δε, με χημική κατεργασία του νερού. Από την άλλη πλευρά, οι βιολογικές ή οργανικές εμφράξεις οφείλονται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών στους σωλήνες, οι οποίοι υπό μορφή αποικιών φράζουν τους σταλακτήρες. Η καταπολέμηση τους είναι δύσκολη και συνιστάται πλύσιμο του δικτύου 1 – 3 φορές στην αρδευτική περίοδο.

Όσον αφορά το μειονέκτημα της συσσώρευσης αλάτων, όπως ήδη αναφέρθηκε στην παρούσα διατριβή, τα άλατα συσσωρεύονται στην περιφέρεια της υγρής ζώνης. Έτσι, είναι δυνατό να προκαλέσουν προβλήματα στις επόμενες καλλιέργειες, εάν αρδευτούν με κάποια άλλη μέθοδο άρδευσης, πλην της στάγδην, κυρίως σε ξηρές περιοχές όπου οι βροχές δεν είναι αρκετές για να εκπλύνουν τα άλατα. Εάν πραγματοποιηθεί άρδευση με καταιονισμό, ή επιφανειακή, ή η επόμενη καλλιέργεια αρδεύεται πάλι με σταγόνα στα ίδια σημεία, τότε το πρόβλημα ελαττώνεται.

Οι μηχανικές ζημιές δεν είναι εύκολό να ελεγχθούν καθώς προκαλούνται από τα καλλιεργητικά μηχανήματα ή τα ζώα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Γενικά

Το πείραμα διεξήχθη στο Αγρόκτημα του πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στην ευρύτερη περιοχή του Βελεστίνου (Ν. Μαγνησίας) κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2009.

5.2 Κλιματικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία αέρα, βροχόπτωση) καταγράφηκαν σε ωριαία βάση από αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό που βρίσκεται ακριβώς δίπλα στον πειραματικό αγρό. Το κλίμα του Βελεστίνου θεωρείται το τυπικό ηπειρωτικό κλίμα της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου, με μεγάλες διακυμάνσεις στη διάρκεια του χρόνου (υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι και χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα).

5.3 Εδαφολογικά δεδομένα

Τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας του αγροκτήματος είναι: Ύψόμετρο 50 m, Γεωγραφικό πλάτος 39°23', Γεωγραφικό μήκος 22°45'. Το έδαφος στο οποίο πραγματοποιήθηκε το πείραμα είναι καλά αποστράγγιζαμενο, ασβεστούχο, ιλυο-αργιλοπηλώδους υφής που ανήκει στην ομάδα των Inceptisols και υπό-ομάδα των Typic Xerochrepts (USDA, 1980). Το έδαφος αυτό έχει κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη έως λεπτόκοκκη. Ο βαθμός οξύτητας του βρίσκεται σε αλκαλικά επίπεδα (pH 7,9-8,2) χωρίς ακόμα να είναι προβληματικός. Έχει πολύ καλά αναπτυγμένο πορώδες αποτελούμενο κυρίως από μικρού και μέσου μεγέθους πόρους. Η οργανική ουσία του είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα αλλά είναι επαρκής και μέχρι το βάθος των 60 εκ. (Μήτσιος, I., 2000).

Στη περιοχή επικρατούν συνθήκες εδαφικής υγρασίας χερσε και εδαφικής θερμοκρασίας thermic. Τα ανταλλάξιμα κατιόντα Na, Mg, K και η C.E.C. γενικά βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα, ενώ η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων Fe, Zn και Mn βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα σε αντίθεση με το Cu (Μήτσιος κ.α., 2000).

5.4 Βιοστερεά-Λίπανση

Τα βιοστερεά παρήχθησαν στην μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού του Δήμου Βόλου. Μετά από την αερόβια επεξεργασία των αστικών αποβλήτων και το πέρασμά τους από την ταινιοφιλτροπρέσα η ιλύς υπέστη αποξήρανση και αποστείρωση με τη μέθοδο της υπέρυθρης ακτινοθερμικής επεξεργασίας σε ειδικό επεξεργαστή. Η υπέρυθρη ακτινοθερμική επεξεργασία είναι μια μέθοδος που επιτυγχάνει άμεση θερμική διεύθυνση και έχει την ικανότητα να

μεταφέρει μεγάλη θερμική ενέργεια. Η ακτινοβολία αυτή αφαιρεί την υγρασία και καταστρέφει τα παθογόνα που έχει η ιλύς. Μετά την παραπάνω επεξεργασία τα βιοστερεά είχαν λιγότερο από 10% υγρασία και μη ανιχνεύσιμους παθογόνους μικροοργανισμούς. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στον πειραματικό αγρό και ενσωματώθηκαν στο έδαφος μια εβδομάδα πριν τη σπορά σε αναλογία 500 kg ανά στρέμμα. Το ανόργανο λίπασμα που προστέθηκε (18,4 kgN/στρ , 9,6 kg P/στρ και 7,8 kg K στρ) στις άλλες μεταχειρίσεις είχε την ίδια περιεκτικότητα με τα βιοστερεά σε ολικό άζωτο (N), φώσφορο (P) και κάλιο (K). Ολόκληρη η ποσότητα του φωσφόρου και του καλίου, μαζί με το 25% του αζώτου

Σωτήρης

εφαρμόστηκε σαν βασική λίπανση μια εβδομάδα πριν τη σπορά. Το υπόλοιπο άζωτο εφαρμόστηκε με υδρολίπανση 20-30 ημέρες μετά τη σπορά.

5.5 Χάραξη πειραματικού αγρού

Το πείραμα διεξήχθη με την εφαρμογή ενός πλήρους τυχαιοποιημένου σχεδίου (τροποποιημένο) το οποίο περιλάμβανε 4 μεταχειρίσεις σε 3 επαναλήψεις.

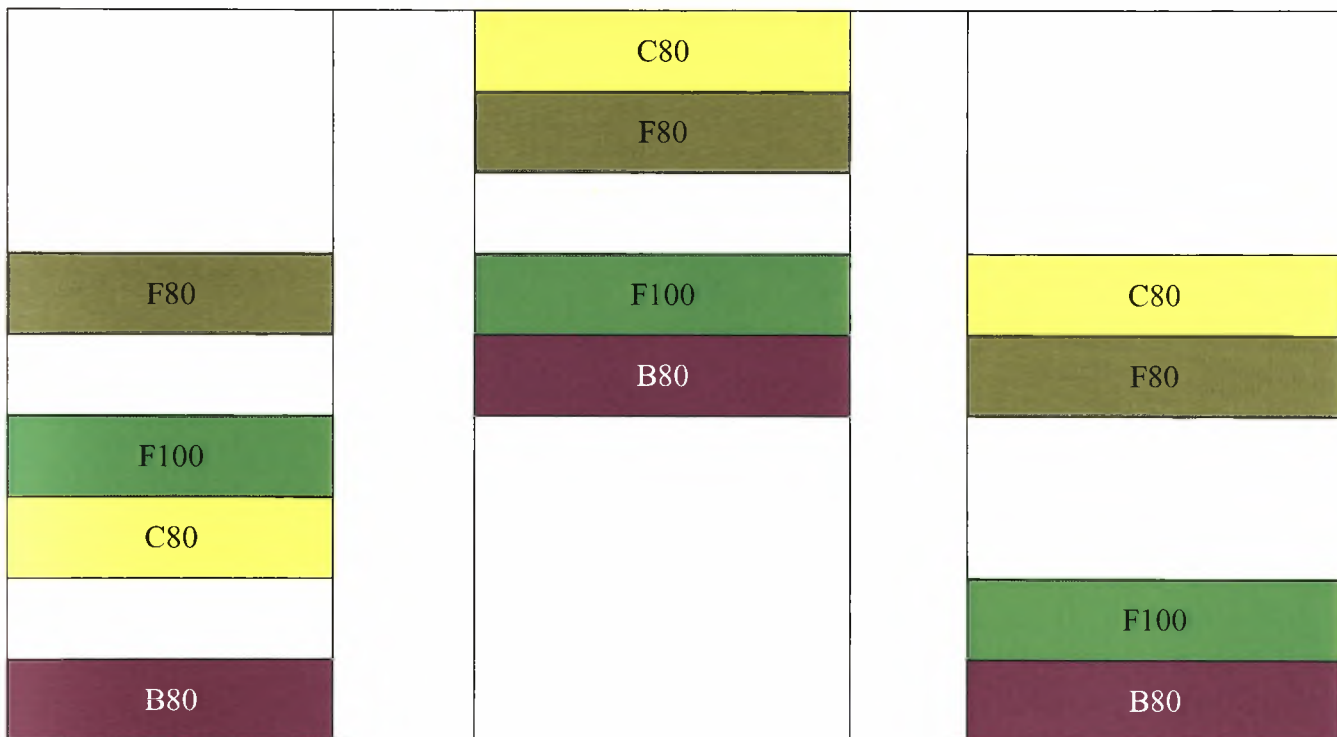
α) Εφαρμογή βιοστερεών με δόση άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (B80).

β) Εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος με δόση άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (F80).

γ) Μάρτυρας με δόση άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (C80).

δ) Εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος με δόση άρδευσης ίση με το 100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (F100).

Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε διαστάσεις 8 m μήκος και 4 m πλάτος, δηλαδή εμβαδόν 32 m² και περιλάμβανε 6 σειρές φυτών. Ανάμεσα από κάθε επανάληψη υπήρχε διάδρομος μήκους 1,5 μέτρων.



Σχήμα 5.5. Απεικόνιση πειραματικού αγρού

5.6 Εγκατάσταση της καλλιέργειας

Μετά τη συγκομιδή της προηγούμενης καλλιέργειας πραγματοποιήθηκε ελαφρά κατεργασία του εδάφους με περιστροφικό καλλιεργητή (φρέζα), τύπου Terra Rotavator TM 186.

Το δεύτερο φρεζάρισμα έγινε λίγο πριν την άνοιξη και το τρίτο (2-3 περάσματα) έγινε πριν τη σπορά.

Την 1 Ιουνίου 2009 πραγματοποιήθηκε σπορά του αγρού με τετράσειρη σπαρτική μηχανή ζαχαρότευλων. Για τη σπορά επιλέχθηκε η ποικιλία γλυκού σόργου Sugargraze.

Ο σπόρος τοποθετήθηκε σε βάθος 4,5cm και σε αποστάσεις 78cm μεταξύ των γραμμών και 7cm επί της γραμμής. Αμέσως μετά πραγματοποιήθηκε πότισμα με τη μέθοδο του καταιονισμού.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου πραγματοποιήθηκε σκάλισμα με το χέρι για τον έλεγχο των ζιζανίων.

5.7 Υλικά άρδευσης

Για την άρδευση του πειραματικού αγρού, επιλέχθηκε η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης.

Οι κύριοι και οι δευτερεύοντες αγωγοί μεταφοράς του επιφανειακού ήταν από πολυαιθυλένιο (PE), διατομής 25 και 20 mm αντίστοιχα με ονομαστική πίεση λειτουργίας τις 6 atm. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο της επιφανειακής και της υπόγειας στάγδην άρδευσης τοποθετήθηκαν τρεις αγωγοί εφαρμογής των 20 mm.

Η απόσταση των αγωγών εφαρμογής μεταξύ τους ήταν 1,56 m και η τοποθέτησή τους έγινε σειρά παρά σειρά μεταξύ των γραμμών σποράς της καλλιέργειας. Η ισαποχή των σταλακτήρων (emitters) επί των γραμμών άρδευσης ήταν 0,8 m. Οι σταλάκτες ήταν αυτορυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι (της εταιρίας Netafim), παροχής $2,3 \text{ l h}^{-1}$ σε πίεση λειτουργίας 3,5 atm. Πραγματοποιήθηκε επίσης η τοποθέτηση ηλεκτροβανών (μία για 3 πειραματικά τεμάχια της ίδιας μεταχείρισης), με σκοπό την αυτόματη έναρξη και λήξη της άρδευσης, και υδρομετρητές, αντίστοιχα με τις ηλεκτροβάνες, για τον έλεγχο των πιθανών αποκλίσεων από τις επιθυμητές τιμές των δόσεων άρδευσης. Οι ηλεκτροβάνες ήταν τύπου netafim, με τάση λειτουργίας 9 V.

Ένα από τα υδρόμετρα που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα φαίνεται στην Εικόνα 5.7.α.



Εικόνα 5.7.α. Υδρόμετρο

Όλες οι ηλεκτροβάνες συνδέθηκαν με ειδικό προγραμματιστή Miracle DC της εταιρίας Netafim (Εικόνα 5.7.β).



Εικόνα 5.7.β. Προγραμματιστής άρδευσης

Ο προγραμματιστής άρδευσης Miracle DC 6, που λειτουργεί με μπαταρία, έχει τη δυνατότητα προγραμματισμού άρδευσης μέχρι και 6 ηλεκτροβανών, σε 3 διαφορετικά προγράμματα. Ο προγραμματιστής αποτελείται από τα εξής : Την οθόνη, τα τρία πλήκτρα εντολών, μια μπαταρία λιθίου 9 V, το άνοιγμα για τα καλώδια, τον πίνακα ελέγχου, το τερματικό τμήμα των καλωδίων και το πλαίσιο στήριξης.

Ειδικότερα παρέχει τη δυνατότητα συνεχούς άρδευσης για 9 h και 59 min, μπορεί να προγραμματισθεί με βάση ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα άρδευσης, διαθέτει την ικανότητα καθυστέρησης της άρδευσης έως και 99 ημέρες, παρέχει τη δυνατότητα μείωσης ή αύξησης των δόσεων άρδευσης μέχρι ποσοστού 100% σε βήματα του 10%, δίνει τη δυνατότητα της ανεξάρτητης ακύρωσης ενός ή περισσοτέρων προγραμμάτων με την αυτόματη επιστροφή στο αρχικό πρόγραμμα, επίσης σε περιπτώσεις βλαβών προσπερνά τη προβληματική στάση και συνεχίζει την άρδευση στην επόμενη χωρίς τη διακοπή της λειτουργίας της κεντρικής βάνας και τέλος διαθέτει πρόγραμμα ασφαλείας 10 min για την κάθε ημέρα.

Για τη συγκέντρωση και διάθεση του προς άρδευση καθαρού ύδατος χρησιμοποιήθηκε τσιμεντένια ορθογώνια δεξαμενή χωρητικότητας 50m³ (Εικόνα 5.7.γ)



Εικόνα 5.7.γ. Τσιμεντένια δεξαμενή

Η πλήρωση της δεξαμενής γινόταν από παρακείμενη γεώτρηση (αντλία μέσης παροχής 60-80 m³/h με άξονα και σωλήνα 3").

35

5.8 Εξατμισόμετρο τύπου A

Το συγκεκριμένο εξατμισόμετρο χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα για τη μέτρηση της εξατμίσωσης. Η τιμές της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής είναι απαραίτητο δεδομένο για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας.



Εικόνα 5.8. Εξατμισόμετρο τύπου A

Το Εξατμισόμετρο Τύπου A (Εικόνα 5.8) είναι μια κυλινδρική λεκάνη κατασκευασμένη από χοντρή γαλβανισμένη λαμαρίνα με διάμετρο 121cm και βάθος 25.4cm που τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση ώστε ο πυθμένας της να είναι απόλυτα οριζοντιωμένος και να απέχει 15cm από την επιφάνεια του εδάφους. Στη συνέχεια το έδαφος υπερυψώνεται κάτω από τη λεκάνη έτσι που τελικά να απέχει 5cm από τον πυθμένα της.

Η λεκάνη γεμίζεται με νερό μέχρι 5cm κάτω από το πάνω χείλος της, η δε στάθμη του νερού κατά τη λειτουργία του οργάνου δεν πρέπει να πέφτει κάτω από 7.5cm από το χείλος αυτό. Το νερό της λεκάνης πρέπει να ανανεώνεται συχνά για να μη θολώνει. Τα τοιχώματα της λεκάνης κάθε χρόνο θα πρέπει να χρωματίζονται με χρώμα αλουμινίου. Η εύρεση της πτώσης της στάθμης γινόταν μέσω ενός γυάλινου ογκομετρικού σωλήνα. Ο ογκομετρικός σωλήνας ήταν κατασκευής της εταιρείας Fortuna (Γερμανία). Είχε μήκος 28,5cm και διάμετρο 1,2cm. Είχε χωρητικότητα 50ml, με διακριτότητα 0,1ml. Ο κύλινδρος ήταν κατασκευασμένος σύμφωνα με τα πρότυπα DIN AS με σφάλμα ανάγνωσης 0,05ml.

Η σχέση που δίνει τη βασική εξατμισοδιαπνοή στη μέθοδο του εξατμισιμέτρου είναι: $ET_r = K_p * E_{pan}$. Όπου E_{pan} είναι η μέση εξάτμιση του 24ώρου από το εξατμισόμετρο σε mm/ημέρα και K_p είναι ο συντελεστής του εξατμισιμέτρου. Ο συντελεστής του εξατμισιμέτρου λήφθηκε ίσος με 0,8.

Η βασική εξατμισοδιαπνοή πολλαπλασιάζονταν με τον φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας, για την εύρεση της ημερήσιας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

5.9 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών σόργου

5.9.1 Μετρήσεις ύψους φυτών

Με σκοπό να παρατηρηθεί ο ρυθμός αύξησης του σόργου, διενεργήθηκαν δειγματοληπτικά 7 μετρήσεις του ύψους του σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το μέτρο. Σε κάθε δειγματοληψία, το μέσο ύψος της κάθε μεταχείρισης προκύπτει μετά από μετρήσεις σε 10 διαφορετικά φυτά μέσα σε κάθε μεταχείριση. Οι μετρήσεις ξεκίνησαν αμέσως μετά το φύτευμα των φυτών και συνεχίστηκαν ανά τακτά χρονικά διαστήματα γιατί στην αρχή του πειράματος, ο ρυθμός αύξησης των φυτών ήταν μεγάλος.

Στην πρώτη μέτρηση του ύψους επιλέχθηκαν τυχαία 10 φυτά σε κάθε πειραματικό τεμάχιο στα οποία μετρήθηκε το ύψος. Την ίδια ημέρα, τα φυτά αυτά σημάνθηκαν με κορδελάκια, έτσι ώστε στις επόμενες μετρήσεις να παρακολουθείται η εξέλιξη του ύψους από τα ίδια κάθε φορά φυτά σε κάθε πειραματικό τεμάχιο.

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 7 μετρήσεις.

5.9.2 Μετρήσεις χλωρής – ξηρής βιομάζας φυτών

Η παραγωγικότητα της καλλιέργειας σόργου εκφράζεται με την παραγωγή σε χλωρή και ξηρή βιομάζα. Έτσι για την εύρεση της παραγωγικότητας σε χλωρή και ξηρή βιομάζα των δύο μεταχειρίσεων του σόργου, γίνονταν κατά τη διάρκεια του πειράματος κοπές του υπέργειου τμήματος του σόργου σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα.

Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: ψαλίδι κλαδέματος, κολλητική ταινία, μαρκαδόρος, σακούλες και ειδική ζυγαριά ακριβείας (Εικόνα 5.9.2), με μέγιστο αποδεκτό βάρος τα 100 kg.



Εικόνα 5.9.2. Ζυγαριά ακριβείας

Από κάθε πειραματικό τεμάχιο συγκομίζονταν, με τη βοήθεια του ψαλιδιού κλαδέματος, 5 φυτά από τα οποία αφαιρούνταν τα φύλλα, και αργότερα και οι ταξιανθίες, με το χέρι. Το κόψιμο των φυτών γινόταν ακριβώς πάνω από το έδαφος γιατί σε αυτό το σημείο συγκομίζει και η μηχανή.

Η επιλογή των φυτών γινόταν έτσι ώστε σε κάθε κοπή - δειγματοληψία να υπάρχουν φυτά ψηλά, κοντά και μετρίου ύψους (δεν επιλεγόταν φυτά όμως στα οποία γινόταν άλλα είδη μετρήσεων όπως ύψος, αριθμός φύλλων κλπ). Σε κάθε κοπή, λοιπόν, παίρνονταν συνολικά 15 δείγματα φυτών για την κάθε μεταχείριση.

Στη συνέχεια, σε κάθε φυτό ζυγίζονταν με ζυγαριά ακριβείας το χλωρό του βάρος (φύλλα και στέλεχος χωριστά). Το στέλεχος κάθε φυτού είχε προηγουμένως κοπεί στη μέση ή σε μικρότερα τμήματα (ίσα μεταξύ τους), τα οποία δενόταν με ταινία στην οποία αναγραφόταν με μαρκαδόρο το είδος της μεταχείρισης, ο αριθμός της επανάληψης και ο αριθμός του δείγματος.

Δηλαδή, σε κάθε μια από τις 3 επαναλήψεις της κάθε μεταχείρισης το ζύγισμα της νωπής βιομάζας του κάθε φυτού γινόταν χωριστά.

Έπειτα, τα φύλλα και τα στελέχη του κάθε πειραματικού τεμαχίου τοποθετούνταν ξεχωριστά σε σακούλες και μεταφερόταν για ξήρανση σε κλίβανο, μέχρι σταθεροποίησης των βαρών τους. Μετά τη διαδικασία της ξήρανσης, στελέχη και φύλλα ζυγίζονταν ξανά, στην ίδια ζυγαριά ακριβείας, ώστε να προσδιοριστεί το ξηρό τους βάρος.

Η μέση παραγωγή σε χλωρή και ξηρή βιομάζα κάθε μεταχείρισης σε κάθε κοπή προκύπτει μετά από μετρήσεις σε 15 διαφορετικά φυτά μέσα σε κάθε μεταχείριση (5 φυτά από κάθε επανάληψη, 3 επαναλήψεις). Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνονταν σε κάθε κοπή. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 7 κοπές κατά τη διάρκεια του πειράματος.

5.10 Μετεωρολογικά δεδομένα

Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής ο οποίος βρίσκεται στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο (Εικόνα 5.10.α).



Εικόνα 5.10.α. Μετεωρολογικός σταθμός του Αγροκτήματος

5.11 Υπολογισμός δόσης, εύρους και διάρκειας άρδευσης

Ο καθορισμός της δόσης άρδευσης και για τις δύο μεταχειρίσεις βασίστηκε στην ημερήσια ένδειξη εξάτμισης του εξατμισιμέτρου τύπου A. Με βάση αυτές υπολογίζονται οι καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας, το ποσό δηλαδή του νερού που θα πρέπει να προστεθεί στην καλλιέργεια μέσω της άρδευσης.

Η ένδειξη του εξατμισιμέτρου (E_{pan}), που εκφράζει τη μέση εξάτμιση του 24ώρου σε mm/ημέρα, πολλαπλασιαζόμενη με το συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου K_p μας δίνει την εξατμισοδιαπονή αναφοράς ET_0 . Δηλαδή:

$$ET_0 = K_p * E_{pan}, \text{ (mm/ημέρα)} \quad (1)$$

Ο συντελεστής διόρθωσης του εξατμισιμέτρου, K_p , υπολογίζεται σαν συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας και του είδους, και της έκτασης της

επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Στη συγκεκριμένη θέση η τιμή του είναι 0,80 (FAO, 1998).

Στη συνέχεια, η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πολλαπλασιαζόμενη με το φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας K_c , μάς δίνει την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ET_c) ή πραγματική ET.

$$ET_c = ET_0 * K_c, \text{ σε mm} \quad (2)$$

Η εξατμισοδιαπνοή δηλαδή, εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αν από την τιμή της ET_c αφαιρεθεί το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (I_n), την ποσότητα δηλαδή του νερού που πρέπει να χορηγηθεί μέσω άρδευσης. Δηλαδή, η πρακτική δόση άρδευσης (I_{da}), που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{da} = I_n = ET_c - \Omega B, \text{ σε mm} \quad (3)$$

όπου: B είναι το ύψος βροχής και ΩB είναι το ωφέλιμο ύψος βροχής που υπολογίζεται ίσο με 0,8 B (Μιχαλάκης, Ν., 1998).

Στο εξατμισόμετρο τύπου A όμως, η ημερήσια ένδειξη, αν δεν συμπεριληφθεί η βροχή οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό (FAO, 1998), με τη χρήση των Σχέσεων (1) και (2). Συνεπώς, για να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας πρέπει στην τιμή των καθαρών αναγκών, σε νερό που προκύπτει από την ένδειξη του εξατμισομέτρου, να προστεθεί το ωφέλιμο ύψος βροχής. Δηλαδή σύμφωνα με τη Σχέση (3), στην περίπτωση αυτή θα ισχύει:

$$ET_c = I_n + \Omega B, \text{ σε mm} \quad (4)$$

Ο υπολογισμός της διάρκειας άρδευσης (I_t) έγινε βάση της σχέσης:

$$I_t = I_{da} / I_{dh}, \text{ σε h} \quad (5)$$

όπου I_{da} είναι η αντίστοιχη πρακτική δόση άρδευσης και I_{dh} είναι το ωριαίο ύψος βροχής. Το ωριαίο ύψος βροχής δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$I_{dh} = (q * n) / (St * Sr), \text{ σε mm/h} \quad (6)$$

όπου: q είναι η παροχή του σταλακτήρα σε l/h,
n = St / (2 * Se) είναι ο αριθμός σταλακτάρων ανά φυτό,
St είναι η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς σε m,
Sr είναι η ισαποχή των γραμμών σποράς σε m και,
Se είναι η ισαποχή των σταλακτάρων επί του αγωγού σε m (Δημοπούλου, Κ., 2005).

Ο προγραμματισμός της δόσης άρδευσης έγινε τηρουμένων των προδιαγραφών (παροχή σταλακτήρων, ωριαίο ύψος βροχής, διαστάσεις γραμμών άρδευσης και ισαποχή σταλακτήρων επί των γραμμών), με βάση τους μετρούμενους ρυθμούς ημερήσιας εξάτμισης. Δηλαδή, η ημερήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή αντιπροσώπευε και την ημερήσια δόση άρδευσης σε mm.

Πραγματοποιήθηκαν 24 αρδεύσεις (6 με καταιονισμό και 18 με επιφανειακή άρδευση).

5.12 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v. 18.0. Έγινε στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων με το t-test που είναι το καταλληλότερο κριτήριο για τον έλεγχο δύο μέσων όρων ή μιας σειράς, δύο μέσων όρων. Επίσης για τη δημιουργία διαγραμμάτων και γραφικών παραστάσεων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Microsoft Excel.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Κλιματικά δεδομένα

Στο διάγραμμα 6.1 παρουσιάζονται τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση), που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου στο Βελεστίνο. Παράλληλα πραγματοποιείται η σύγκριση τους με τις μέσες κλιματικές τιμές θερμοκρασίας αέρα και βροχόπτωσης της τελευταίας 25τίας για την υπό μελέτη περιοχή.

Από το παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι το 2009 ήταν μια χρονιά που είχαμε πολλές βροχοπτώσεις τους μήνες του καλοκαιριού, σε σύγκριση με τις προηγούμενες χρονιές, και ότι οι θερμοκρασίες ήταν λίγο μειωμένες σε σύγκριση με τον μέσο όρο των τελευταίων ετών, αλλά χωρίς σημαντική απόκλιση. Για την ακρίβεια το έτος που έγινε η δική μας καλλιέργεια είχαμε 138 mm βροχή ενώ τα προηγούμενα 25 χρόνια είχαμε 87 mm βροχή. Είναι σημαντικό ότι δεν είχαμε σημαντικές τιμές βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια των κρίσιμων μηνών της ανάπτυξης του φυτού (Ιούλιος – Αύγουστος).

Στο διάγραμμα 6.2 παρουσιάζονται οι ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής του σόργου στο Βελεστίνο κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2009, οι οποίες υπολογίστηκαν με βάση την ένδειξη του εξατμισιμέτρου και πολλαπλασιάζοντας με το φυτικό συντελεστή του γλυκού Σόργου ($K_C = 1$) και με το συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου τύπου A ($K_p = 0,8$). Μπορούμε να παρατηρήσουμε εύκολα ότι οι μεγαλύτερες τιμές εξατμισοδιαπνοής παρατηρήθηκαν κατά το τέλος του Ιουλίου και στις αρχές Αυγούστου.

Διάσχυρο

παρατηρήθηκαν

μεγαλο

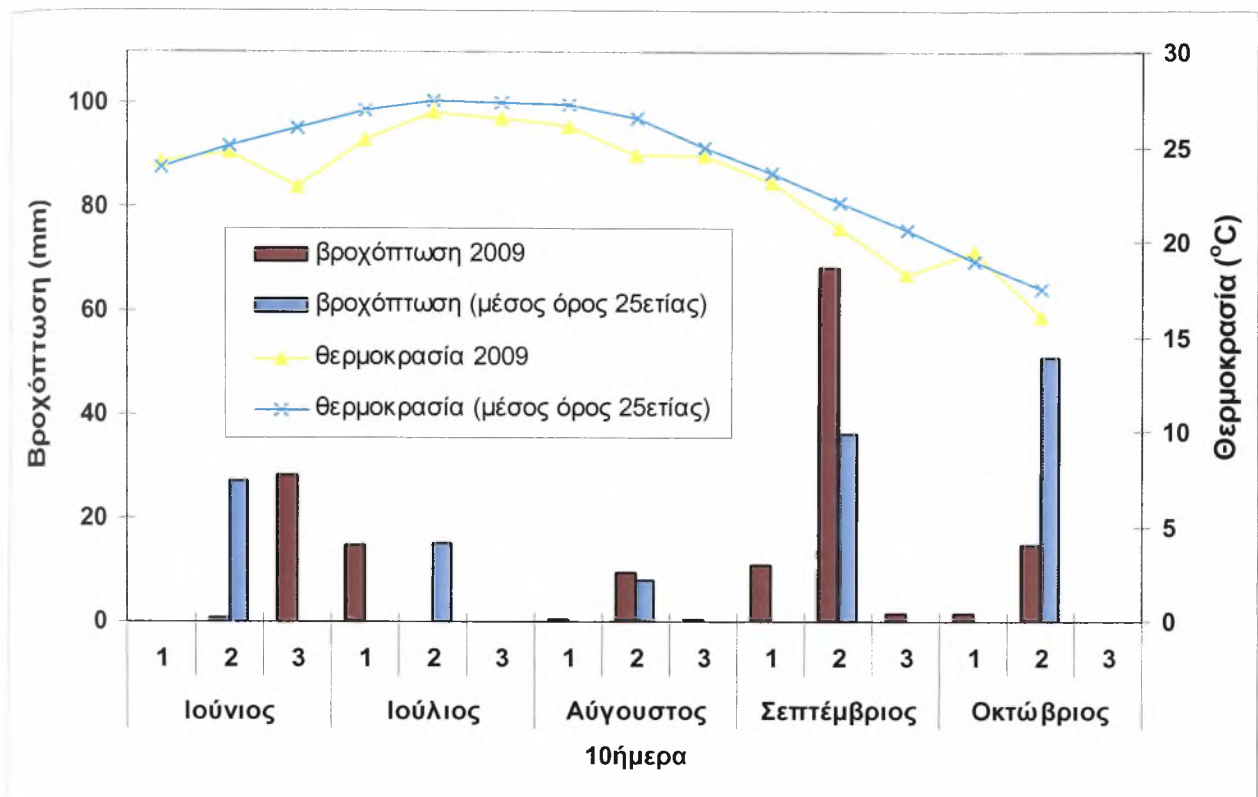
2009

20 υψος βροχής 5 ημερών

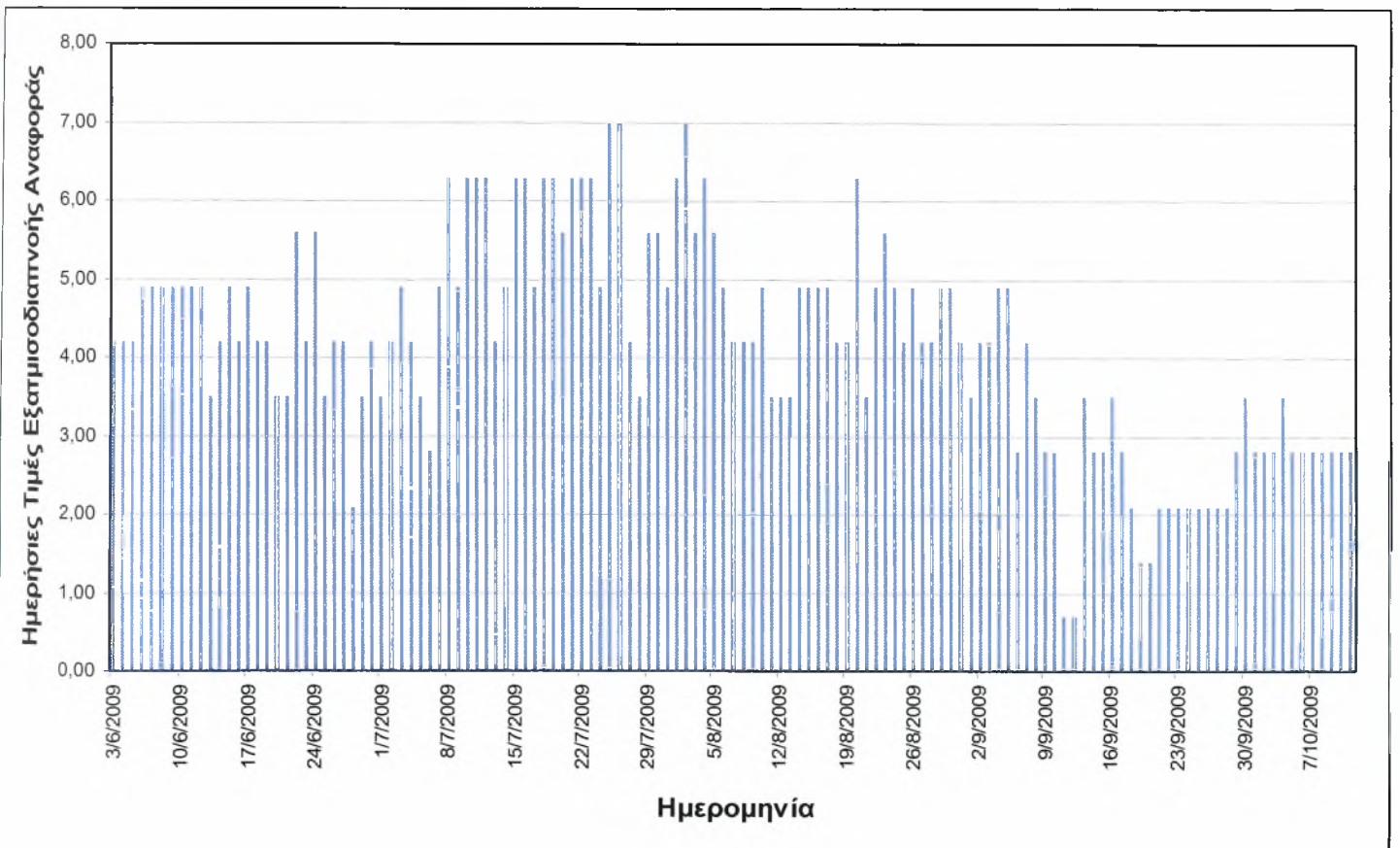
25 ετών

παρατηρήθηκαν 138 mm βροχή

87 mm βροχή



Διάγραμμα 6.1 Κλιματικά δεδομένα πειραματικού αγρού



Διάγραμμα 6.2 Ημερήσιες τιμές εξατμισοδιαπνοής του σόργου στο Βελεστίνο κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2009.

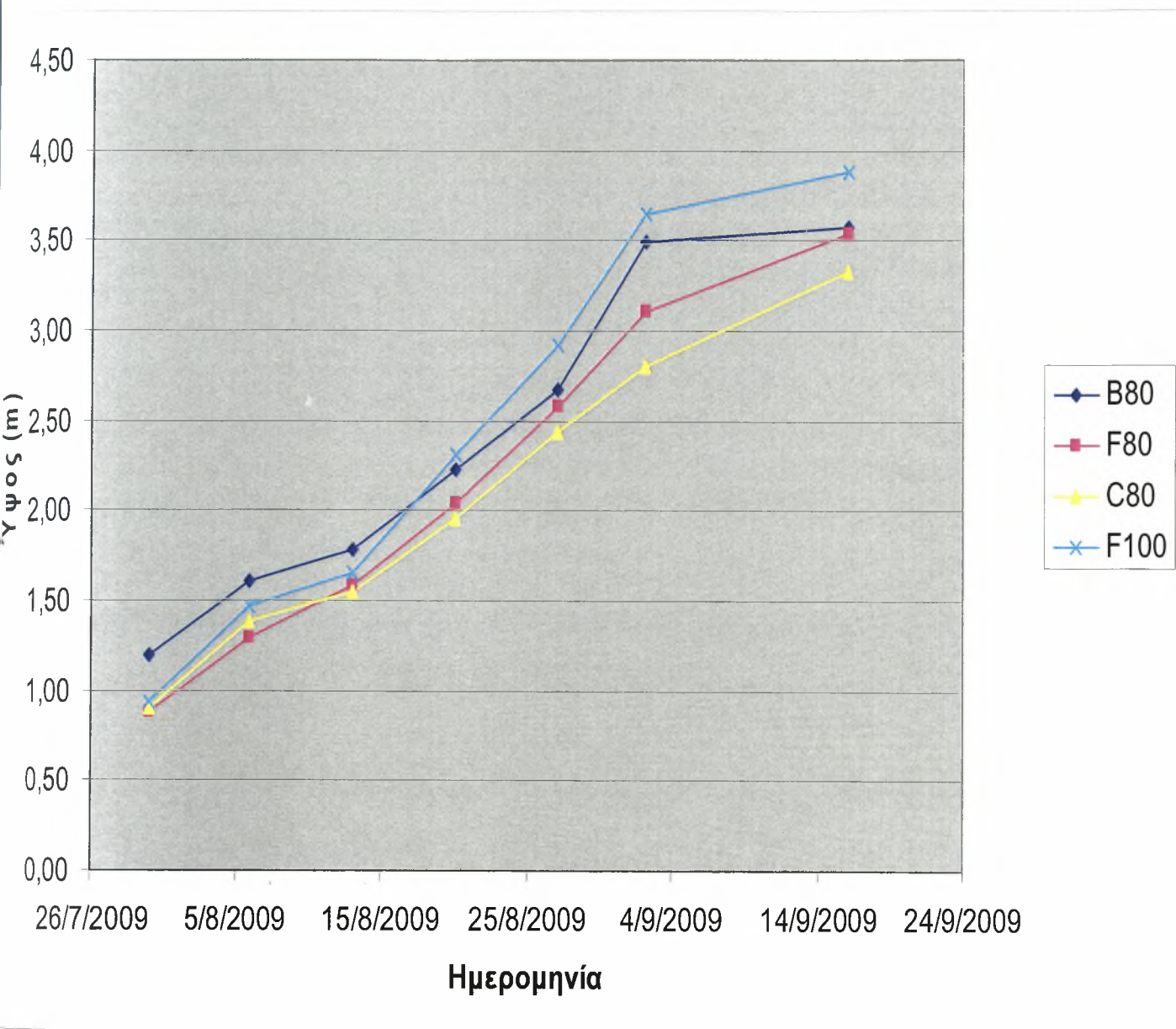
6.2 Ανάπτυξη της καλλιέργειας

Ύψος Φυτών

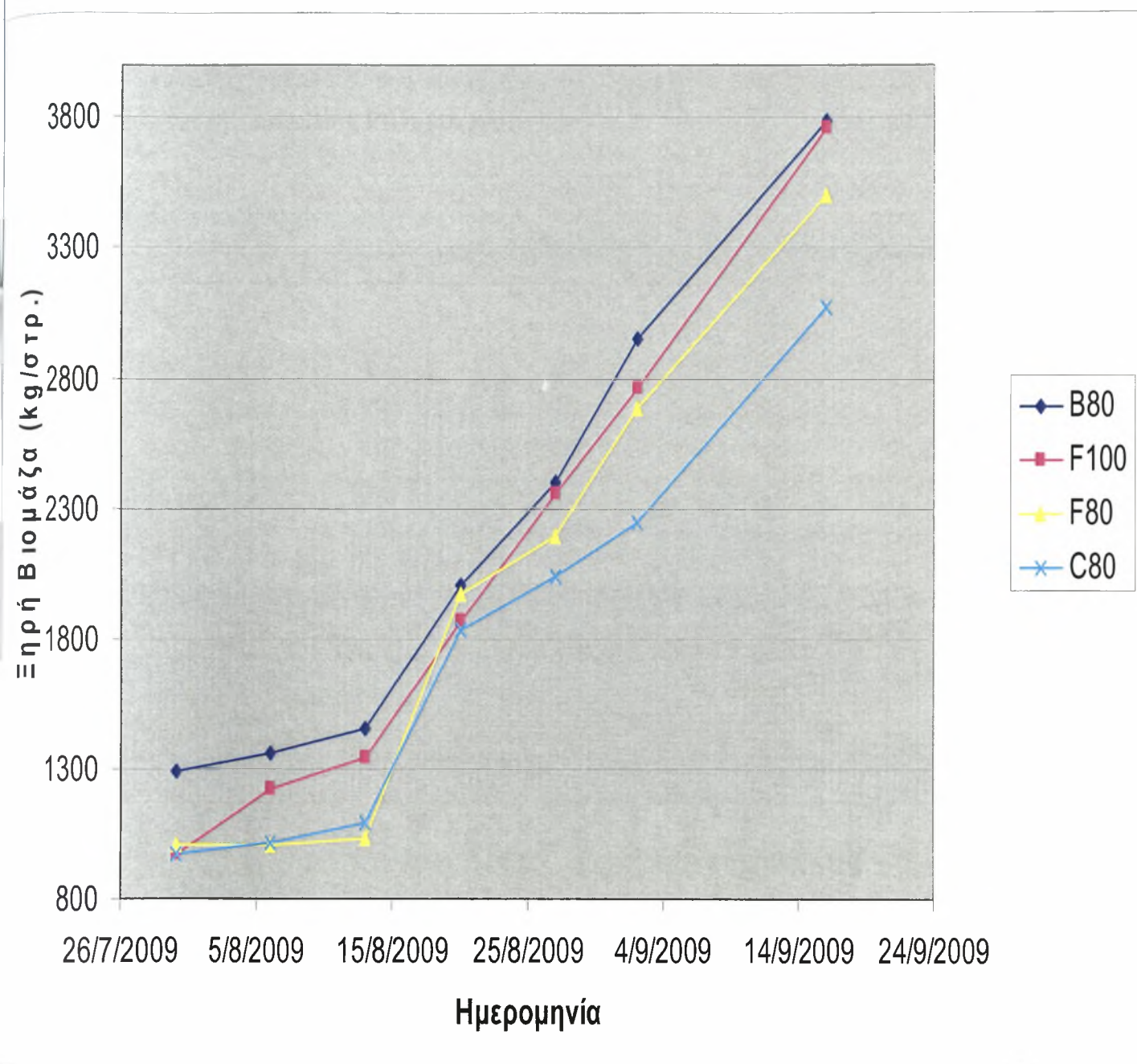
Στο Διάγραμμα 6.3 παρουσιάζεται η ανάπτυξη της καλλιέργειας του σόργου όπως φαίνεται από το ύψος των φυτών. Όπως φαίνεται το σόργο έφτασε μέχρι και το ύψος των 3,87m . Στατιστικώς σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν ανάμεσα στις 4 μεταχειρίσεις, Γενικότερα το σόργο αυξανόταν σταδιακά καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Παραγωγή ξηρής βιομάζας

Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 6.4 η ξηρή βιομάζα έφτασε μέχρι και 3,784 t/str, ενώ παρατηρείτε σημαντική διαφορά κυρίως κατά το πρώτο δεκαήμερο της καλλιεργητικής περιόδου, ανάμεσα στις τέσσερις μεταχειρίσεις με τη B80 να έχει αρκετά υψηλότερες τιμές. Γενικότερα όπως φαίνεται και στο διάγραμμα η ξηρή βιομάζα αυξάνεται σταθερά μετά από αυτό το σημείο μέχρι να φτάσει γύρω στις 16/9 στην ανώτατη τιμή 3,784 t/str.



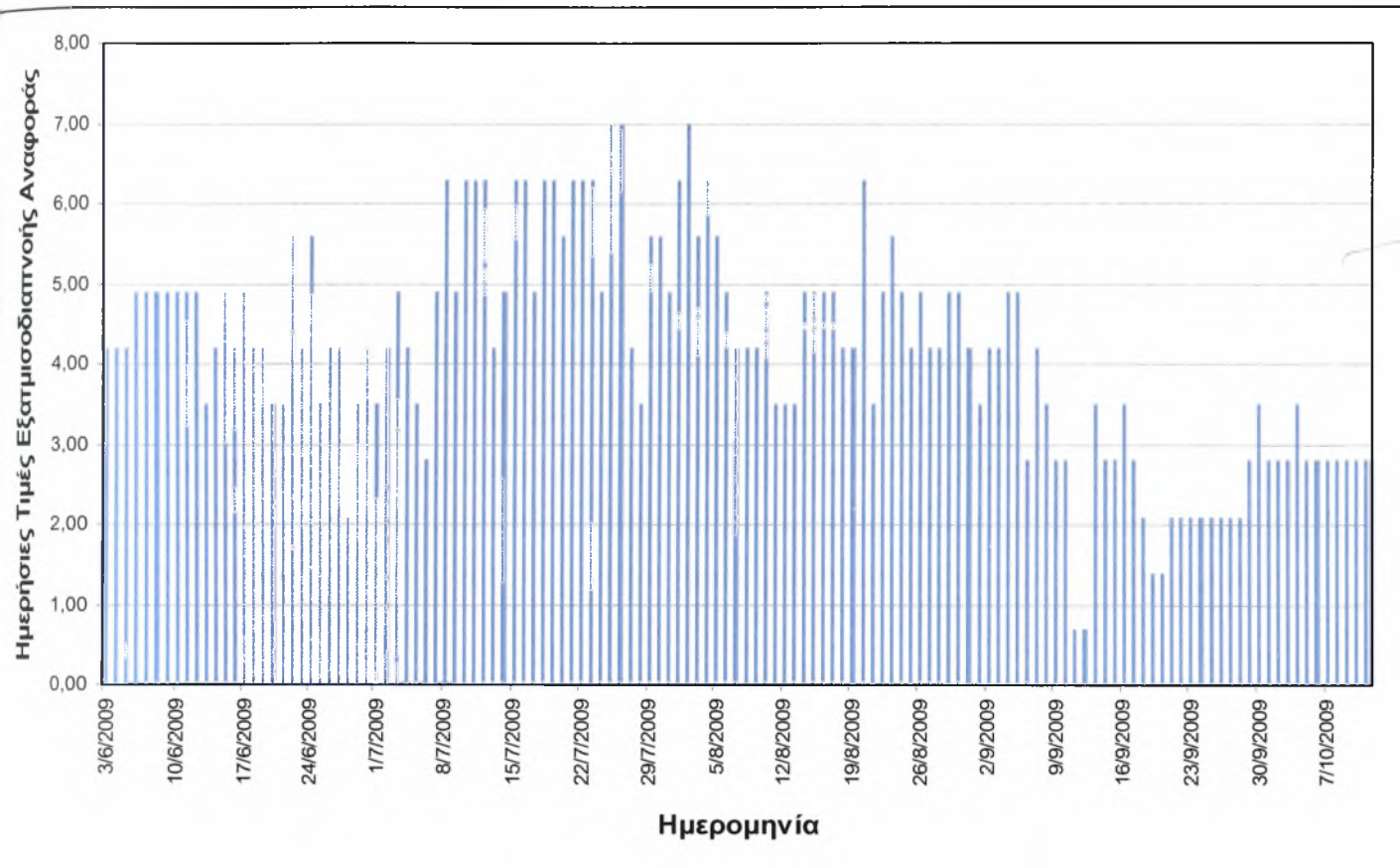
Διάγραμμα 6.3 Ύψος φυτών (m) κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2009.



Διάγραμμα 6.4 Ξηρή βιομάζα φυτών (t/στρ.) κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2009.

6.3 Άρδευση

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν για άρδευση 447 mm για τις μεταχειρίσεις B80, F80 και C80, ενώ για τη μεταχείριση F100 510 mm.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την όλη έρευνα η οποία διεξάχθηκε συμπεραίνεται ότι:

Παρατηρούμε πως τα φυτά στη μεταχείριση με βιοστερεά με δόση άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (B80) ^{προυσιάζουν μεγαλύτερη} έχουν καλύτερη ανάπτυξη από εκείνα της μεταχείρισης με ανόργανο λίπασμα με δόση άρδευσης ίση με το 80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (F80), γεγονός πολύ ενθαρρυντικό για την μελλοντική χρήση επεξεργασμένων στερεών αποβλήτων σε καλλιέργεια του σόργου.

Το νερό χρησιμοποιήθηκε αποδοτικότερα από την καλλιέργεια όταν ^{εφαρμόστηκε} χρησιμοποιήθηκε ελλειμματική άρδευση. Η ελλειμματική άρδευση (80% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής) σε συνδυασμό με την εφαρμογή βιοστερεών παρήγαγε την ίδια ξηρή βιομάζα με αυτή που παράχθηκε κάτω από κανονική άρδευση (100% της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής) και με την εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι με την ελλειμματική ^{σημαντικό} άρδευση ένα ~~μικρό~~ ποσοστό αρδευτικού νερού μπορεί να εξοικονομηθεί (20%) και άρα να εξοικονομηθεί ενέργεια.

Δεν παρατηρήθηκε επιβάρυνση του εδάφους από τα επεξεργασμένα στερεά απόβλητα, όπως έδειξαν οι αναλύσεις εδάφους.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η εφαρμογή βιοστερεών σε συνδυασμό με ελλειμματική άρδευση, στην καλλιέργεια γλυκού σόργου, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή περισσότερης ξηρής βιομάζας από ότι η εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή βιοστερεών μπορεί να αντικαταστήσει την εφαρμογή ανόργανου λιπάσματος με ακόμα καλύτερα αποτελέσματα. Ως γνωστόν η παραγωγή ανόργανων λιπασμάτων καταναλώνει σημαντικά ποσά ενέργειας τα οποία μπορούν να εξοικονομηθούν με την χρήση βιοστερεών.

Το γλυκό σόργο φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική καλλιέργεια για την παραγωγή βιομάζας και παραγωγή ενέργειας στην Ελλάδα στο προσεχές μέλλον. Η εφαρμογή βιοστερεών σε συνδυασμό με την ελλειμματική άρδευση μπορεί να μειώσει την εφαρμογή λιπασμάτων και ταυτόχρονα να εξοικονομήσει πολύτιμο αρδευτικό νερό οπότε επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας στη γεωργία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

8.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γαλανοπούλου-Σενδουκά, Σ., 2001, Ειδική Γεωργία Ι, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος.
2. Δημοπούλου, Κ., 2005. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Επίδραση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά τεύτλων. Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
3. Διαμάνης, Κ., 1983. Ανοιξιάτικα Σιτηρά. Αθήνα.
4. Μήτσιος, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ. και Φλωράς, Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή των Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
5. Μιχελάκης, Ν., 1998. Συστήματα αυτόματης άρδευσης. Άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε.
6. Νικολάου, Α., Νάματοβ, Ε., Καβαδάκης, Γ., Τσιώτας, Κ., Πανούτσου, Κ. και Δαναλάτος, Ν., 2000. Αξιολόγηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας οκτώ γενοτύπων Σόργου για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας. Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής
7. Παπαδόπουλος Α., Παρισόπουλος Γ., 2001. Υγρά απόβλητα που δεν είναι για πέταμα. Γεωργική Έρευνα, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Ιανουάριος- Μάρτιος 2001
8. Παπαζαφειρίου, Ζ. Γ., 1984. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
9. Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη, Μ., Πανώρας, Α., Μαυρούδης, Ι., Μανούδης, Ν. και Πογιαρίδης, Θ., 1996. Καμπύλες ίσων τιμών εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στο Ν. Λάρισας. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «Εγγειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση υδατικών πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας» σελ.155-173.
10. Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέξης, Δ., Δαναλάτος, Ν., Βουλτσάνης, Π., Νάκος, Ν., 2003. Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του σόργου στην Κεντρική Ελλάδα. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2-5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ. 183-190.
11. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Τέντας, Ι., Κολιού, Α., Καλφούντζος, Δ., Παπανίκος, Ν., 2003. Άρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη, 29-31 Μαΐου, σελ. 265-272.

12. Τσαγκαράκης, Κ. (1999): The Treatment of Municipal Wastewater in Greece. Ph.D. Thesis, University of Leeds, School of Civil Engineering, Leeds, UK.
13. Τερζίδης, Γ., Παπαζαφειρίου, Ζ., 1997. Γεωργική Υδραυλική, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη,
14. Φασούλας, Α.Κ. και Φωτιάδης, Ν. Α., 1984. Αρχές της επιστήμης των καλλιεργούμενων φυτών, σελ. 209-213. Θεσσαλονίκη.

8.2 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Al-Jamal, M. S., Sammis, T. W., Mexal, J. G., Picchioni, G. A., Zachritz, W. H., 2002. «A growth-irrigation scheduling model for wastewater use in forest production». *Agricultural Water Management* 56 :57–59)
2. A.D. Andreadakis, D. Mamais, E. Gavalaki, S. Kampylafka, (2000): "Sludge Utilization in Agriculture: Possibilities and Prospects in Greece", *Water Science and Technology*, 46, (10).
3. Curt, M.D., 1998. Environmental studies on sweet and fiber sorghum sustainable crops for biomass production and energy. Project FAIR CT3-CT96 1913. Spanish contribution. In: BioBase.
4. Dercas, N., Panoutsou, C, and Sooter, C, 1995. Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).-Response to four irrigation and two fertilization rates, In: Chartier et al. (Ed.), *Biomass for Energy, Environment, Agriculture. Proceedings of the 8th E.C. Conference Vol. 1*, Pergamon Press, U.K., 629-639
5. Mastrorilli, M., Katerji, N., Rana, G., Steduto, P., 1995. Sweet sorghum in Mediterranean climate: radiation use and biomass water use efficiencies. *Industrial Crops and Products* 3, 253-260.
6. Panoutsou, K. Fiber sorghum, a promising annual crop for biomass production in Greece.
7. Panoutsou, K. State of the art for energy crops in Greece
8. Panoutsou, K., and Alexopoulou, E., Promising annual Energy Crops in Greece]
9. Roman, G., Hall, D., Gosse, G., Roman, A., Ion, V. anTAlexe7a7l998. Researches on Sweet - Sorghum Productivity in the South Romanian Plain. Federation for Inf. Tec. in Agriculture. *Agricultural Technology in Asia and Oceania*, 1998.
10. Sakellariou-Makradonaki, M., and Hajiyiannakis 1991
11. Venturi, P., 1999. Comparison between miscanthus, kenaf and sorghum with regards to water and N availability. Document ID B10545. In : BioBase.







ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τηλ.: 24210-~~475000~~

53141



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000108466