

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

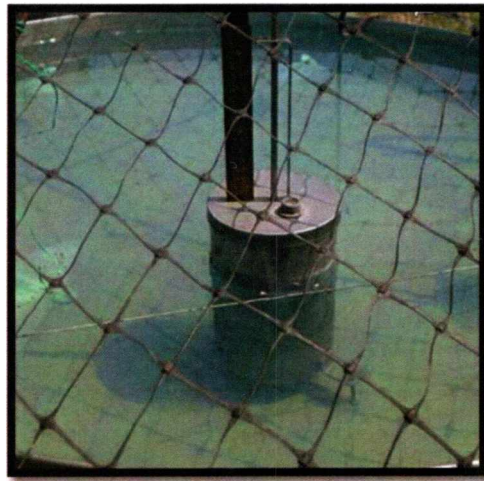
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΘΕΜΑ: Σύγκριση αποτελεσμάτων άρδευσης σε καλλιέργεια ηλίανθου  
με απλό και αυτόματο εξατμισίμετρο**



**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

**ΜΠΑΚΙΡΤΖΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**

**ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΜΑΡΙΑ**



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

Αριθ. Εισ.: 16341/1  
Ημερ. Εισ.: 12/06/2017  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ-ΦΠΑΠ  
2016  
ΜΠΑ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΘΕΜΑ: Σύγκριση αποτελεσμάτων άρδευσης σε καλλιέργεια ηλίανθου  
με απλό και αυτόματο εξατμισόμετρο**



**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

**ΜΠΑΚΙΡΤΖΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:**

**ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΜΑΡΙΑ**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΟΙΤΗΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΘΕΜΑ: Σύγκριση αποτελεσμάτων άρδευσης σε καλλιέργεια ηλίανθου με  
απλό και αυτόματο εξατμισόμετρο**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

ΜΠΑΚΙΡΤΖΗΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΛΦΟΥΤΖΟΣ

ΧΑΛΚΙΔΗΣ ΗΡΑΚΛΗΣ

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ:**

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής και Αρδεύσεων, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας κ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μαρίας.

Στον επίλογο της προσπάθειάς μου αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους, που ο καθένας με τον τρόπο του με βοήθησε να ολοκληρώσω την πτυχιακή μου διατριβή.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μαρία, που μου παρείχε τη δυνατότητα ενασχόλησης με ένα τόσο ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, καθώς και η συνεχής καθοδήγηση σε κάθε βήμα. Επιπλέον η συμβολή της στην εξέλιξη των σπουδών μου ήταν πολύτιμη.

Θερμές ευχαριστίες χρήζουν στον καθηγητή του ΤΕΙ Λάρισας κ. Καλφούτζο Δημήτριο και τον κ. Χαλκίδη Ηρακλή, Λέκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή και για τις σημαντικές παρατηρήσεις τους.

Η προσπάθειά μου θα ήταν άκαρπη χωρίς την συμβολή της κ. Ειρήνης Καρατάσιου, υποψήφιας Διδάκτορα του εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής και Αρδεύσεων, καθώς η βοήθειά της κατά την εξέλιξη του πειράματος ήταν καθοριστικής σημασίας.

Καταληκτικά, εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου που με στηρίζει σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου , αλλά και σε κάθε πτυχή της ζωής. Χωρίς τη συμπαράστασή τους η εξέλιξή μου ως φοιτητής αλλά και ως άνθρωπος θα ήταν σχεδόν αδύνατη.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:..... σελ. 7

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:.....8

1) <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΦΥΤΑ:</u> .....	11
1.1)ΕΙΣΑΓΩΓΗ:.....	11
1.2) ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ:.....	13
1.3)ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ:.....	17
1.4)ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑ:....	23

2) <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΗΛΙΑΝΘΟΣ:</u> .....	26
2.1)ΓΕΝΙΚΑ:.....	26
2.2)ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ:.....	28
2.3)ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ:.....	32
2.4)ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ:.....	33
2.4.1) ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ:.....	33
2.4.2) ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΓΡΟΥ:.....	34
2.4.3) ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ:.....	35
2.4.4) ΛΙΠΑΝΣΗ:.....	35
2.4.5) ΣΠΟΡΑ:.....	35
2.4.6) ΑΡΔΕΥΣΗ:.....,,	36
2.4.7) ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ:.....	37
2.5)ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ:.....	37
2.5.1 )ΕΧΘΡΟΙ:.....	38
2.5.2)ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ:.....	38
2.6)ΠΡΟΪΟΝΤΑ:.....	40
2.7)ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ:.....	41

3) <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΑΡΔΕΥΣΗ:</u> .....	44
3.1)ΕΙΣΑΓΩΓΗ:.....	44
3.2) ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	46

3.3) ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ:.....	48
3.4)ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ:.....	49
3.4.1)ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	52
3.4.2)ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	57
3.5)ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ:.....	59
3.5.1) ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	62
3.5.2) ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	63

<u>4)ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:.....</u>	<u>64</u>
4.1)ΕΙΣΑΓΩΓΗ:.....	64
4.2)ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ:.....	65
4.3)ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:.....	65
4.4)ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ:.....	67
4.5)ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ:.....	69
4.6)ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	70
4.6.1)ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ:.....	71
4.6.2)ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΞΑΤΜΙΣΗΜΕΤΡΟΥ:.....	73
4.6.3)ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ:.....	74
4.6.4.)ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:.....	75
4.7)ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ:.....	76
4.7.1)ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ:.....	76
4.7.2)ΜΕΤΡΗΣΗ ΎΨΟΥΣ:.....	78
4.7.3)ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ:.....	78
4.8)ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΟΣΕΩΝ:.....	79
4.8.1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ:.....	79
4.8.2)ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ:.....	80
4.8.3)ΕΞΑΤΜΙΣΗ (E):.....	81
4.8.4)ΔΙΑΠΝΟΗ (T):.....	82
4.8.5)ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	

ΑΝΑΦΟΡΑΣ:.....	82
4.8.6)ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤc:.....	83
4.8.7)ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΣΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	85
4.8.8)ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΡΟΥΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	87
4.8.9)ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	88
4.8.10)ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΟΣΕΩΝ, ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	89
5) <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:</u> .....	95
5.1)ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:.....	95
5.2)ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:.....	95
5.3)ΤΕΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΠΟΡΟΥ:.....	96
5.4)ΥΨΟΣ ΦΥΤΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΕΦΑΛΩΝ.....	97
5.5)ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ.....	98
6) <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:</u> .....	100
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:</u> .....	102



## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ:**

Σήμερα, το νερό αποτελεί ένα κρίσιμο φυσικό πόρο, ο οποίος βρίσκεται σε περιορισμένη διαθεσιμότητα. Ο σημαντικότερος καταναλωτής νερού είναι η γεωργία, μέσω της άρδευσης. Ήδη, η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα έχει στρέψει το ενδιαφέρον της στην εξοικονόμηση αρδευτικού νερού μέσω της ορθολογικής του χρήσης. Επιπλέον, οι ενεργειακές ανάγκες παγκοσμίως αυξάνονται συνεχώς. Γεγονός που καθιστά αναγκαία την εξεύρεση νέων πηγών ενέργειας προς αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων. Στο πλαίσιο αυτό, το Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής πραγματοποίησε κατά τη καλλιεργητική περίοδο του 2012 έρευνα, με σκοπό την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού μέσω του ορθού προγραμματισμού της άρδευσης. Ταυτόχρονα, μελετήθηκε και η δυνατότητα μεγιστοποίησης της ενεργειακής ωφέλειας της καλλιέργειας του ηλίανθου.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στη περιοχή του Βελεσίνου Μαγνησίας. Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν πλήρων τυχαιοποιημένων ομάδων και περιελάμβανε δύο μεταχειρίσεις, σε τέσσερις επαναλήψεις. Οι μεταχειρίσεις που οργανώθηκαν ήταν: α) η επιφανειακή μέθοδος στάγδην άρδευσης, στην οποία ο προγραμματισμός της άρδευσης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της μεθόδου του απλού εξατμισιμέτρου (Α.Ε.) και β) η επιφανειακή μέθοδος στάγδην άρδευσης, στην οποία ο προγραμματισμός της άρδευσης βασίστηκε στο σύστημα του αυτόματου εξατμισιμέτρου (AUTO(E)).

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ:**

Όταν πρωτοεμφανίστηκε η ζωή στη Γη, το νερό έπαιξε σημαντικό ρόλο στη δημιουργία των πρώτων οργανικών ενώσεων. Η ζωή ξεκίνησε, όπως υποστηρίζουν οι σύγχρονες θεωρίες, μέσα στο νερό και εξελίχθηκε για τρία δισεκατομμύρια χρόνια σε αυτό, προτού διαδοθεί στην ξηρά. Το νερό είναι βασικό στοιχείο του κύκλου ζωής των φυτών, και κάθε ζωντανού οργανισμού στη Γη, γιατί το έχουν ανάγκη για να αναπτυχθούν και να επιβιώσουν.

Ο κύριος χρήστης νερού είναι η γεωργία σε παγκόσμιο επίπεδο, ξεκινώντας από ένα επίπεδο 70%, αυξάνεται στο 80% στις χώρες της Μεσογείου και στη χώρα μας είναι στο 78,5%. Συνεπώς κάθε ενέργεια που στοχεύει στην ορθολογική χρήση του με στόχο την εξοικονόμηση νερού έχει ιδιαίτερη βαρύτητα. Η σπατάλη νερού κατά την άρδευση σε μια εποχή που η κλιματική αλλαγή θυμίζει καθημερινά ότι οι υδατικοί πόροι δεν είναι ανεξάντλητοι, μας αναγκάζει να σκύψουμε με περισσότερη προσοχή, αναζητώντας τα αίτια αυτής της σπατάλης, που μπορεί να συνδέονται με τον τρόπο μεταφοράς και εφαρμογής στο χωράφι και την μη ακριβή γνώση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών. Για λόγους αιφροδίας των υδάτινων πόρων ποιοτικά και ποσοτικά με στόχο την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών των καλλιεργειών, επιβάλλεται η μείωση της σπατάλης με ορθολογική διαχείριση και αποτελεσματική χρήση, που αφετηρία της έχει την ακριβή γνώση των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών.

Το νερό όμως, δεν αποτελεί το μοναδικό στοιχείο, το οποίο οφείλει ο άνθρωπος να διαχειρίζεται ορθά. Στη σύγχρονη εποχή της αφθονίας γίνεται λόγος για το ενεργειακό πρόβλημα. Οι ενεργειακοί πόροι, οι οποίοι με την ενεργοβόρα δομή παραγωγής και με την ολοένα αυξανόμενη κατανάλωση όπως και με τη μη ορθολογική χρήση της ενέργειας έχουν οδηγήσει σε μείωση των αποθεμάτων τους και άρα αύξηση του κόστους εξόρυξης και παραγωγής τους. Οι ενεργειακοί πόροι που κατέχουν σήμερα δεσπίζουσα θέση στη παγκόσμια κατανάλωση

ενέργειας είναι κυρίως το πετρέλαιο και τα προϊόντα του, ενώ ακολουθεί ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Το πετρέλαιο όπως και τα λοιπά ορυκτά καύσιμα είναι εξαντλήσιμοι και σπάνιοι πόροι και επομένως υπό την πίεση της αυξανόμενης ζήτησης θα αυξάνονται ολοένα και οι τιμές τους.

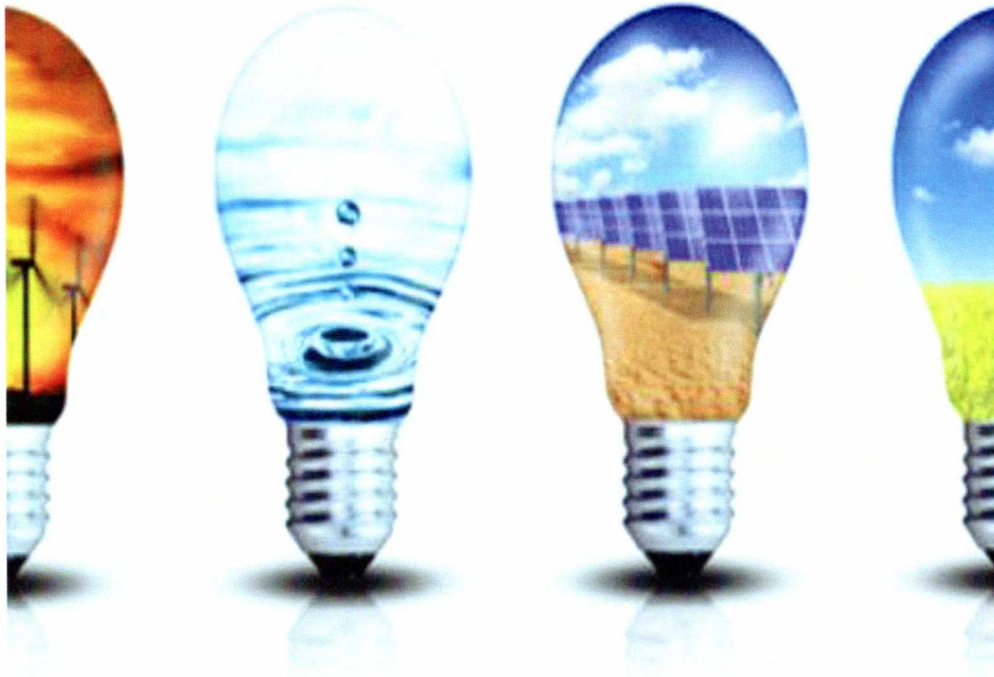


Στο παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα έρχεται τα τελευταία χρόνια να προστεθεί η ενεργειακή καλλιέργεια, ως λύση του φαινομένου αυτού. Πρόκειται για καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα, ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς όπως παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων κ.ά. Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται επίσης, ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα κι ο ηλίανθος, όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντήζελ).

Τα προϊόντα των ενεργειακών καλλιεργειών μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως πρώτη ύλη για θέρμανση και παραγωγή ενέργειας, είτε ως καύσιμο με τις κατάλληλες χημικές διαδικασίες για την

κίνηση οχημάτων, αναπτύσσοντας ουσιαστικά νέες και βιώσιμες διεξόδους προς τον αγροτικό κλάδο.

Μια πρώτης τάξεως οικονομική διέξοδο στους αγρότες μπορεί να αποτελέσει η συμβολαιακή καλλιέργεια του ηλίανθου, που μπορεί να εξασφαλίσει εισόδημα και ενεργειακή επάρκεια με την παραγωγή βιοντίζελ. Στα λίγα χρόνια παρουσίας των ενεργειακών καλλιεργειών στη χώρα μας, με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμων, ο ηλίανθος έχει αρχίσει να εμφανίζεται ως μία από τις πλέον αξιόπιστες λύσεις στη λίστα των ενεργειακών καλλιεργειών, προσφέροντας σταθερό εισόδημα στα πρότυπα της συμβολαιακής γεωργίας, με λίγη εργασία και ελάχιστη ή μηδενική άρδευση. Με δεδομένη τη μεγάλη ζήτησή του από τη βιομηχανία, όπως και τη στροφή 180° προς τα ενεργειακά φυτά, η καλλιέργεια του ηλίανθου στις περισσότερες των περιπτώσεων συμβασιοποιείται, εξασφαλίζοντας σταθερά κέρδη για τον παραγωγό.





## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:**

### **ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΦΥΤΑ**

#### **1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ:**

Σήμερα, επιτακτική ανάγκη αποτελεί η στροφή προς τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, κ.λ.π. Ζήτημα μείζονος σημασίας, για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος, την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, αλλά και για τη γενικότερη στήριξη του γεωργικού τομέα, αποτελεί η αξιοποίηση των ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων (στερεά, υγρά και αέρια) εξορύσσονται και καταναλώνονται με ταχύτατους ρυθμούς. Αποτέλεσμα αυτού, αποτελεί αφενός μεν η εξάντλησή τους στο άμεσο μέλλον, αφετέρου δε η σοβαρή επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος. Σύμφωνα με διάφορα σενάρια, στο ενδιάμεσο διάστημα, μέχρι δηλαδή να εξαντληθούν τα γνωστά αποθέματα καυσίμων υλών, προβλέπεται ο διπλασιασμός των κατοίκων του πλανήτη και ο πολλαπλασιασμός των ενεργειακών αναγκών (Καμπράνης, 2007). Οι ειδικοί επιστήμονες ανησυχούν ότι αν συνεχιστεί αυτός ο ρυθμός κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων τα επόμενα χρόνια, οι συνέπειες στα οικοσυστήματα θα είναι πολύ σοβαρές. Θα είναι μάλιστα τόσο σοβαρές αυτές οι συνέπειες, που θα έχουν άμεσες επιπτώσεις στις ανθρώπινες κοινωνίες με τη δημιουργία χιλιάδων οικολογικών μεταναστών, δηλαδή ανθρώπων, οι οποίοι θα αναγκαστούν να μετακινηθούν λόγω των συνεπειών του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα, η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας έχει αυξηθεί κατά 17 φορές. Τα πρωταρχικά αίτια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του φαινομένου του θερμοκηπίου αποτελούν εκπομπές CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub> από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Μέχρι σήμερα, περισσότερο από το 85% των ενεργειακών απαιτήσεων παγκοσμίως ικανοποιείται από τα ορυκτά καύσιμα, ενώ

παράλληλα οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τις πηγές αυτές έχουν αυξηθεί στο 4πλάσιο τα τελευταία 40 χρόνια (Καμπράνης 2007). Ταυτοχρόνως, οι ανησυχίες για τα αποθέματα των ορυκτών καυσίμων εφόσον αυτά λόγω της συνεχούς και αυξανόμενης εξόρυξης κάποια στιγμή θα τελειώσουν, εντείνονται. Σύμφωνα με ένα σενάριο που συντάχθηκε το 2004 και αναλύει την εξόρυξη των ορυκτών καυσίμων κατά τη χρονική περίοδο 1889-2050, φαίνεται ότι το 2050 θα υπάρχει πρόβλημα έλλειψης ορυκτών καυσίμων. Κατά 27% έχει αυξηθεί η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε CO<sub>2</sub>, τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Υπό την απειλή της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, μέσω της Συμφωνίας του Κυότο, το Δεκέμβριο του 1997, οι βιομηχανικές χώρες δεσμεύτηκαν να περιορίσουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και άλλων θερμοκηπιακών αερίων κάτω από τα επίπεδα του 1990 πριν το 2012.

Ως απόρροια των προαναφερόμενων προβληματισμών, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προβάλλουν σήμερα ως η κύρια λύση στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, διότι αφενός μεν δεν εμφανίζουν τον κίνδυνο εξάντλησης, αφετέρου δε είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Η πρωταρχική μορφή ενέργειας για εκατομμύρια χρόνια είναι η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα. Σήμερα κερδίζει και πάλι τη σπουδαιότητά της. Η βιομάζα είναι διαθέσιμη σχεδόν παντού και είναι ικανή να αυξήσει τα οφέλη για την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη, κυρίως στις γεωργικές περιοχές.





## 1.2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ:

Είναι γνωστές σε όλους μας οι συνέπειες που προκύπτουν από τις συνεχείς και ραγδαίες του κλίματος όπως επίσης και η αυξανόμενη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα αλλά και οι ανοδικές τιμές ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, δημιουργείται η ανάγκη για χάραξη νέων δράσεων και πολιτικών, με στόχο την προστασία από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.



Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική, ηλιακή, υδροηλεκτρική, βιομάζα, γεωθερμική ) είναι μια από αυτές τις δράσεις, αφού εκπέμπουν περιορισμένα ή καθόλου αέρια που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την ρύπανση γενικότερα. Επιπλέον, ως πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούμε να εντοπίσουμε τα εξής:

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδέν κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ , σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας, αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

-Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και έχει μεγάλο χρόνο ζωής , και

-Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Ωστόσο, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας εμφανίζουν και κάποια μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα :

-Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές μορφές ενέργειας.

-Για τον παραπάνω λόγο δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.

-Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίσταται.

-Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη και ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

-Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην παρούσα εργασία, η καλλιέργεια του ενεργειακού ηλίανθου στοχεύει στην παραγωγή βιοενέργειας, αφού τα ενεργειακά φυτά και γενικά τα μη εδώδιμα (nonFood) προσφέρουν μια διέξοδο στην κατεύθυνση της διατήρησης της γεωργικής δραστηριότητας σε πολλές περιοχές.

Με τον όρο «βιομάζα» ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς, όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών , κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών, τροφίμων κ.λ.π. και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα

φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτήν την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά την φωτοσύνθεση.

Η ενέργεια της βιομάζας, «βιοενέργεια» ή «πράσινη ενέργεια», είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια, μετασχηματίζεται από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης και οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, είναι το νερό και ο άνθρακας, που είναι άφθονα στη φύση. Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων, είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εν γένει για τις διάφορες τελικές χρήσεις υιοθετούνται διαφορετικοί όροι. Έτσι, ο όρος «βιοϊσχύς» περιγράφει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πρώτες ύλες βιομάζας, αντί των συνήθων ορυκτών καυσίμων (φυσικό αέριο, άνθρακας) για ηλεκτροπαραγωγή, ενώ ως «βιοκαύσιμα» αναφέρονται κυρίως τα υγρά καύσιμα μεταφορών που υποκαθιστούν πετρελαϊκά προϊόντα όπως βενζίνη ή ντίζελ.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίησή της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι κατά την παραγωγή και την μετατροπή της δεν δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη, σαν μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας ή/και υψηλής περιεκτικότητας σε νερό εποχικότητα, μεγάλη διασπορά κ.λ.π. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνεπάγονται πρόσθετες, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσκολίες στη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευσή της. Σαν συνέπεια, το κόστος μετατροπής της σε πιο

εύχρηστες μορφές ενέργειας παραμένει υψηλό. Ως πρόσθετα πλεονεκτήματα της βιομάζας, παρουσιάζουμε τα παρακάτω:

-Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και έτσι δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας, δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για την δημιουργία βιομάζας.

-Η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

-Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

-Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή, αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με την χρήση εναλλακτικών καλλιεργειών (π.χ. διάφορα είδη ελαιοκάμβης, σόργο, καλάμι, κενάφ) τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες (π.χ. ηλιάνθος κ.α.) και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη της περιοχής. Μελέτες έχουν δείξει ότι η παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων έχει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της απασχόλησης τόσο στον αγροτικό όσο και στον βιομηχανικό χώρο.

Όσον αφορά στα μειονεκτήματα της βιομάζας, αυτά εντοπίζονται στα εξής σημεία:

-Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα, δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

-Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.



-Βάσει των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.

-Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.



### **1.3 ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ:**

Με τον όρο «βιοκαύσιμα», εννοούμε τα καύσιμα εκείνα στερεά, υγρά ή αέρια τα οποία προέρχονται από τη βιομάζα, το βιοδιασπώμενο δηλαδή κλάσμα προϊόντων ή αποβλήτων διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ιστορικά τα πρώτα καύσιμα που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο, ανήκαν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Έτσι το ξύλο, το λίπος. Τα φυτικά λάδια αλλά και τα αποστάγματα, όντας οργανικής προέλευσης εμπίπτουν στην κατηγορία των βιοκαυσίμων. Η μεγάλη ανάγκη σε φθηνά καύσιμα μεγάλου ενεργειακού περιεχομένου μετά τη βιομηχανική επανάσταση, η οποία συνεχίζει αυξανόμενη έως σήμερα, ενίσχυσε σημαντικά τη χρήση ορυκτών καυσίμων, άνθρακα

αρχικά και πετρελαϊκών παραγώγων αργότερα, σε βάρος των παραδοσιακών βιοκαυσίμων. Τα προβλήματα θέρμανσης του πλανήτη (π.χ. το φαινόμενο του θερμοκηπίου), τα οποία σχετίζονται άμεσα με το περιεχόμενο των καυσίμων σε άνθρακα και το εκπεμπόμενο κατά την καύση διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), έχουν δημιουργήσει κατά τα τελευταία χρόνια ένα κλίμα στροφής προς τα βιοκαύσιμα, τα οποία καλούνται να υποκαταστήσουν σταδιακά τα συμβατικά καύσιμα.

Τα βιοκαύσιμα προερχόμενα από οργανικά προϊόντα θεωρούνται ανανεώσιμα καύσιμα και ως ανανεώσιμα καύσιμα, έχουν το χαρακτηριστικό των χαμηλότερων εκπομπών CO<sub>2</sub> στο συνολικό κύκλο ζωής τους σε σχέση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, στοιχείο που εξαρτάται άμεσα από την προέλευσή τους, τη χρήση τους, αλλά και τον τρόπο παραγωγής και διανομής τους. Κατά την καύση τους τα καύσιμα αυτά εκπέμπουν περίπου ίσες ποσότητες CO<sub>2</sub> με τα αντίστοιχα πετρελαϊκής προέλευσης. Επειδή είναι όμως οργανικής προέλευσης, ο άνθρακας τον οποίο περιέχουν έχει δεσμευτεί κατά την ανάπτυξη της οργανικής ύλης από την ατμόσφαιρα στην οποία επανέρχεται μετά την καύση και έτσι το ισοζύγιο εκπομπών σε όλο τον κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδενικό.

Στην πράξη επειδή κατά την παραγωγή και διακίνηση της πρώτης ύλης αλλά και των ίδιων των βιοκαυσίμων, υπεισέρχονται και άλλες δραστηριότητες κατά τις οποίες παράγονται εκπομπές CO<sub>2</sub> το τελικό όφελος από τα καύσιμα αυτά μπορεί να είναι από πολύ μεγάλο έως μηδενικό. Για να αποφανθεί κανείς ασφαλώς για τα περιβαλλοντολογικά οφέλη κάποιου βιοκαυσίμου, πρέπει να πραγματοποιήσει εξειδικευμένη ανάλυση κύκλου ζωής.

Τα εναλλακτικά «υγρά βιοκαύσιμα», περιλαμβάνουν σήμερα δύο κυρίως κατηγορίες:

1. Το «**βιοντίζελ**», το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υποκατάστατο του πετρελαίου ντίζελ για την κίνηση οχημάτων, είτε αυτούσιο είτε σε ανάμειξη με συμβατικό ντίζελ. Παράγεται από πρώτες ύλες, πλούσιες σε έλαια, κυρίως σπορέλαια, ενώ είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και μεταχειρισμένα φυτικά έλαια (τηγανόλαδα) ή και ζωικά λίπη.



2. Τη «βιοαιθανόλη», η οποία χρησιμοποιείται σαν υποκατάστατο της βενζίνης στην κίνηση οχημάτων, είτε αυτούσια είτε σε ανάμειξη με συμβατική βενζίνη. Είναι σχεδόν καθαρή αιθανόλη, η οποία παράγεται από πρώτες ύλες πλούσιες σε σάκχαρα ή σε άμυλο.

Οι **ενεργειακές καλλιέργειες** εμφανίστηκαν στην Ελλάδα σχετικά πρόσφατα.

Τη δεκαετία 1990-2000 πραγματοποιήθηκαν πειράματα σχετικά με την προσαρμοστικότητα και την παραγωγικότητα των φυτών, ενώ αξιολογήθηκαν διάφορες ποικιλίες. Από το 2000 και έπειτα γίνονται πειράματα και μελέτες σχετικά με τις εισροές, τις χρήσεις προϊόντων κ.α. Η καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών ουσιαστικά έχει επιτευχθεί μόνο από πειράματα, που στηρίχθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τα εθνικά προγράμματα. Με την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, επιτυγχάνονται τα εξής:

-Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων.

-Με την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, θα δημιουργηθεί ανάγκη για προμήθεια νέων ποικιλιών, βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού που θα υποστηρίζουν την παραγωγή και αποθήκευση των νέων φυτών. Αυτό θα δώσει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία και θα οδηγήσει στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.

-Η διείσδυση των ενεργειακών φυτών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες και να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των παραγωγών.

-Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο αναπτυγμένων γεωργικών οικονομιών, αφού η παραγωγή και η εκμετάλλευση των ενεργειακών καλλιεργειών θα συντελεστεί στις αγροτικές περιοχές. Η εισροή επομένως νέων εισοδημάτων θα

βελτιώσει τη ζωή των τοπικών κοινωνιών και θα στηρίξει την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας.

-Εξασφάλιση αιεφόρου περιφερειακής ανάπτυξης, αφού η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα συμβάλλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία.

-Μείωση της εξάρτησης από πετρέλαιο, αφού η χρήση καλλιεργειών για ενεργειακούς σκοπούς οδηγεί στην ανάπτυξη στρατηγικών παραγωγής εθνικών προϊόντων και ελαττώνει την εξάρτηση από εισαγωγές πετρελαίου.

-Προστατεύουν το έδαφος από διάβρωση και ταυτόχρονα δίνουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης εδαφών χαμηλής γονιμότητας.

-Δύναται να συμβάλλουν στην αποδοτικότερη διαχείριση του νερού και ταυτόχρονα στη μείωση εισροών σε λιπάσματα και φυτοφάρμακα.

-Βάσει πρόσφατων μελετών δύναται να χρησιμοποιηθούν για την φυτοεξυγίανση των μολυσμένων από βαρέα μέταλλα εδαφών.



Τι είναι όμως οι **ενεργειακές καλλιέργειες**; Ως «**ενεργειακές καλλιέργειες**», χαρακτηρίζονται οι καλλιέργειες που μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη και βιοντίζελ). Είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως την παραγωγή θερμότητας ή/και ηλεκτρικής ενέργειας, την παραγωγή βιοκαυσίμων κ.α.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες, το τελικό προϊόν των οποίων θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων, θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλίανθος, όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντίζελ). Οι «νέες» ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή περιεκτικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης και αναφέρονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται σε ετήσιες και πολυετείς. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω κατηγορίες:

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Οι ενεργειακές καλλιέργειες ανά κατηγορία

<b>ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	<b>Ευκάλυπτος:</b> <i>EucalyptusglobulesLabill., EucalyrtuscamaldulensisDehnh</i> <b>Ψευδοακακία:</b> <i>Robiniapseudoacacia</i>	
<b>ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	<b>Πολυετείς</b>	<b>Καλάμι:</b> <i>Arundodonax L.</i> <b>Μίσχανθος:</b> <i>MisconstuesxgiganteusGREEFetDEU</i>
<b>ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	<b>Ετήσιες</b>	<b>Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο:</b> <i>Sorghumbicolool.</i> <b>Κενάφ:</b> <i>Hibiscuscannabinus L.</i> <b>Ελαιοκάμβη:</b> <i>Brassicapanus. Brassicacarinata</i> <b>Σιτάρι:</b> <i>Triticumaestivum L.</i>

		<b>Ζαχαρότευτλα: <i>Beta vulgaris</i>L.</b>  <b>Κριθάρι: <i>Hordeumsativum/Vulgare</i> L.</b>  <b>Αραβόσιτος: <i>Zea mays</i> L.</b>  <b>Ηλίανθος: <i>Helianthus anuus</i>L.</b>
--	--	--

Για την εγκατάσταση ενεργειακών καλλιεργειών πρέπει να αξιολογηθούν οι συνθήκες ζήτησης βιομάζας στην περιοχή καλλιέργειας, οι επιδράσεις στο φυσικό τοπίο, η ισορροπία βροχοπτώσεων και αποστράγγισης, οι φυτικοί εχθροί και ασθένειες και η κλήση του εδάφους. Επίσης, πρέπει να εξασφαλίζεται η σωστή μεταφορά και αποθήκευση της βιομάζας, ώστε να είναι διαθέσιμη όλο το χρόνο και να μην επιβαρύνεται με ιδιαίτερο κόστος.

Τα βιοκαύσιμα στην Ελλάδα προέρχονται κυρίως από τις παρακάτω καλλιέργειες.

#### **Πίνακας 1.2: Κατηγορίες ενεργειακών φυτών**

	Καλλιέργεια	Αποδόσεις ανά εκτάριο (kg/ha)	Αποδόσεις σε βιοκαύσιμο(lt/ha)
<b>Βιοντίζελ</b>	Ηλίανθος	1.200 – 3.000	430 – 1.100
	Ελαιοκάμβη	1.200 – 2.500	430 – 900
<b>Βιοαιθανόλη</b>	Σιτάρι	2.500 - 5.000	750 – 1.500
	Αραβόσιτος	9.000	2.700
	Ζαχαρότευτλα	5.000	5.000

Σήμερα καλλιεργούνται τέσσερα ελαιοδοτικά φυτά για την εκμετάλλευση των καρών τους. Μεταξύ αυτών ο ηλίανθος καλλιεργείται σε σημαντική έκταση, ενώ τα υπόλοιπα ( φιστίκι αράπικο, σουσάμι και σόγια) καλλιεργούνται σε πολύ μικρότερη κλίμακα. Από τα

υπόλοιπα φυτά, δυναμική καλλιέργεια θεωρείται αυτή του βαμβακιού, που καλλιεργείται σε μεγάλες εκτάσεις στην κεντρική Ελλάδα, με αυξητική τάση στην απόδοσή του, αφού σε μερικές περιπτώσεις η απόδοσή του φτάνει 5 τόνους ανά καλλιεργούμενο εκτάριο. Τα έλαια από τον σπόρο του βαμβακιού θεωρούνται σημαντική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ.

#### 1.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΣΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑ:

Σήμερα έχουν εξελιχθεί διάφορες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια, οι οποίες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την πρώτη ύλη και το τελικό προϊόν. Έτσι, για παράδειγμα, μέσω μετεστερεοποίησης, τα έλαια από σπόρους συμβατικών και ενεργειακών φυτών, όπως ο ηλίανθος και η ελαιοκάμψη, μπορεί να μετατραπούν σε βιοντίζελ, που είναι υποκατάστατο του πετρελαίου κίνησης. Αντίστοιχα, οι αμυλούχοι σπόροι των σιτηρών, καθώς και σακχαρούχες πρώτες ύλες, όπως τα ζαχαρότευτλα και το γλυκό σόργο, μπορεί μέσω της ζύμωσης, να παράγουν βιοαιθανόλη, ως υποκατάστατο της βενζίνης. Τέλος, έχουμε την μετατροπή της ξηρής βιομάζας, προερχόμενης κυρίως από πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες, σε θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια.

Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας διακρίνονται βασικά σε **θερμοχημικές (ξηρές)** και σε **βιοχημικές (υγρές)**. Κύριοι παράγοντες C/N (άνθρακας/άζωτο) και η περιεχόμενη υγρασία της βιομάζας κατά τη συλλογή. Οι **θερμοχημικές** χρησιμοποιούνται για είδη βιομάζας με σχέση C/N > 30 και υγρασία < 50%, και είναι οι εξής:

-Η απ' ευθείας **καύση**, η οποία αποτελεί τον αρχαιότερο τρόπο ενεργειακής εκμετάλλευσης της βιομάζας. Η καύση της βιομάζας πραγματοποιείται παρουσία αέρα και παράγει θερμό αέριο σε θερμοκρασία 800-1000°C. Η καθαρή αποδοτικότητα της καύσης ανέρχεται σε 20-40%, ενώ τα προϊόντα που μπορεί να παραχθούν είναι θερμότητα, μηχανική δύναμη και ηλεκτρική ενέργεια. Κατά την συμπαραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καύσης,



τεχνολογία κατά την οποία η αποδοτικότητα μπορεί να φτάσει και το 75%, το θερμό αέριο της καύσης κινεί αεριοστρόβιλο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιείται για θερμικούς σκοπούς, όπως για παράδειγμα την τηλεθέρμανση. Στην πράξη, η καύση είναι αποδοτική μόνο στην περίπτωση που το ποσοστό υγρασίας της βιομάζας δεν ξεπερνά το 20%, διαφορετικά θα πρέπει να προηγηθεί ξήρανση της βιομάζας.

-Η **αεριοποίηση**, στην οποία το τελικό προϊόν είναι βιοαέριο, είναι η μετατροπή της βιομάζας σε καύσιμο αέριο μίγμα ( $H_2, CO, CO_2$  και  $CH_4$ ) μέσω της μερικής οξείδωσής της κάτω από υψηλή θερμοκρασία (800-900° C). Οι γνωστότερες τεχνολογίες αεριοποίησης είναι α) σταθερής κλίνης και β) ρευστοποιημένης κλίνης. Η καθαρή αποδοτικότητα της αεριοποίησης ανέρχεται σε 40-50%. Το παραγόμενο αέριο μπορεί να καεί απευθείας για την παραγωγή θερμικής ή/και ηλεκτρικής ενέργειας, ή να χρησιμοποιηθεί σαν καύσιμο είτε σε κινητήρες αερίου είτε σε αεριοστρόβιλους. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων του τομέα των μεταφορών. Παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η συγκεκριμένη τεχνολογία, ένα βασικό μειονέκτημα είναι ότι το παραγόμενο αέριο δεν μπορεί εύκολα να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί.

- Η **πυρόλυση**, η οποία αποτελεί μια παλιά και απλή μέθοδο, είναι η μετατροπή της βιομάζας σε υγρά, στερεά ή αέρια κλάσματα, μέσω της θέρμανσής της, απουσία αέρα και σε θερμοκρασία περίπου 500°C. Οι δύο βασικές τεχνολογίες είναι : α) βραδεία πυρόλυση ή ανθρακοποίηση και β) η ταχεία πυρόλυση. Η δεύτερη είναι η διαδικασία υψηλής θερμοκρασίας, κατά την οποία η πρώτη ύλη θερμαίνεται ταχύτατα απουσία αέρα, εξαερώνεται και στη συνέχεια συμπυκνώνεται σε ένα σκουρόχρωμο καφέ ευμετάβλητο υγρό. Βάσει της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, προκύπτουν και αντίστοιχα προϊόντα, με διαφοροποίηση στην αποδοτικότητα της διαδικασίας.

- Η **υγροποίηση**, η οποία αποτελεί μια σχετικά νέα μέθοδο υγροποίησης της βιομάζας, με σκοπό τη δημιουργία καυσίμων υψηλής θερμαντικής



αξίας. Για την διεργασία αυτή απαιτείται καταλύτης ή υδρογόνο σε συνθήκες υψηλής πίεσης και σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.

Οι **βιοχημικές μέθοδοι** εφαρμόζονται σε φυτικά είδη που χαρακτηρίζονται από λόγο  $C/N < 30$  και παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό υγρασίας άνω του 50%. Οι μέθοδοι αυτοί, οι οποίοι στηρίζονται κυρίως σε μικροβιακές δράσεις, είναι:

-Η **αναερόβια χώνευση**, όπου τα απορρίμματα και τα διάφορα λύματα με αναερόβιες διαδικασίες παράγουν βιοαέριο (κυρίως μεθάνιο και  $CO_2$ ).

-Η **αλκοολική ζύμωση**, όπου παράγεται κυρίως βιοαιθανόλη με ζύμωση των αμυλούχων, κυταρρινούχων και σακχαρούχων συστατικών και διαχωρισμός της από τα λοιπά συστατικά με απόσταξη.

-Η **μετεστερεοποίηση**, η οποία είναι μια χημική επεξεργασία των ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

### ΗΛΙΑΝΘΟΣ:

#### **2.1 ΓΕΝΙΚΑ:**

Το φυτό **ηλίανθος**, είναι γνωστό και ως ήλιος και ηλιοτρόπιο. Κατάγεται από την Κεντρική Αμερική και οι Ινδιάνοι χρησιμοποιούσαν τον καρπό του για τροφή, ως φάρμακο και για εξαγωγή λαδιού προς καλλωπισμό. Στην Ευρώπη μεταφέρθηκε από τους Ισπανούς με την ανακάλυψη της Αμερικής και για πολλά χρόνια παρέμεινε ως καλλωπιστικό φυτό. Μόνο τον 19<sup>ο</sup> αιώνα βρέθηκε ότι το φυτό μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή βρώσιμου ελαίου.

Χρησιμοποιήθηκαν από την αρχή δύο τύποι ηλιόσπορου: ο πρώτος αντιστοιχεί με αυτόν που χρησιμοποιείται σήμερα υπό την μορφή ξηρών καρπών ως «πασατέμπο» και έχει μεγάλους σπόρους με σκληρό φλοιό και ψίχα, η οποία δεν καταλαμβάνει όλο το εσωτερικό του σπόρου και ο δεύτερος που προορίζεται για εξαγωγή ελαίου και έχει μικρότερους, σκουρόχρωμους και γεμάτους σπόρους.

Ως καλιούχο φυτό διαδόθηκε πρώτα στη Ρωσία, όπου και αποτέλεσε μια από τις κύριες καλλιέργειες από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Από τη Ρωσία, η οποία και σήμερα κατέχει την πρώτη θέση στον κόσμο, διαδόθηκε στην Ευρώπη, αλλά γρήγορα αντικαταστάθηκε στη Βόρεια Ευρώπη από την ελαιοκάμψη ως ελαιοδοτικό φυτό. Σήμερα σημαντική έκταση κατέχει επίσης σε χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και σε ορισμένες της Κεντρικής Αμερικής (Αργεντινή, Ουρουγουάη κ.ά). Στον Καναδά και στις Η.Π.Α. άρχισε να καλλιεργείται μεταπολεμικά. Η δημιουργία και χρήση υβριδίων συνέβαλε στην πρόσφατη επέκταση της καλλιέργειας σε πολλές νέες περιοχές. Ο ηλίανθος, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας και ποιότητας λαδιού των σπόρων, αποτελεί για πολλές χώρες μια από τις κυριότερες πηγές εδώδιμου λαδιού. Ανάμεσα στα φυτικά έλαια σε παγκόσμια παραγωγή το ηλιέλαιο καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση μετά το σογιέλαιο.

Στην Ελλάδα ο ηλίανθος καλλιεργούνταν σε πολύ περιορισμένη έκταση πριν την ένταξή της στην Ε.Ε., ιδιαιτέρως στη Θράκη και το προϊόν προοριζόταν πιο πολύ ως πασατέμπο. Η στήριξη της τιμής του προϊόντος, όσο διάστημα η Ε.Ε. ήταν ελλειμματική σε ελαιούχους σπόρους και η διάδοση κατάλληλων ποικιλιών συνέβαλαν στην επέκταση της καλλιέργειας κυρίως για την παραγωγή ελαίου. Η συνολική έκταση, ύστερα από ανοδική πορεία μειώθηκε γρήγορα στο 150-200 χιλ. στρέμματα περίπου, γιατί μειώθηκαν οι επιδοτήσεις και επιβλήθηκε συνυπευθυνότητα. Καλλιεργείται στη Βόρεια Ελλάδα, στη Μακεδονία και πιο πολύ στη Θράκη, όπου προσαρμόζεται καλύτερα. Η εδραίωση της άποψης ότι έλαια πλούσια σε πολυακόρεστα, όπως το ηλιέλαιο, υπερέχουν από διαιτητικής απ και ως προς την αντιμετώπιση σοβαρών ασθενειών, θα μπορούσε να συμβάλλει στην επέκταση της καλλιέργειας, ιδιαιτέρως σε ξερικές εκτάσεις (απόδοση 150 kg/στρ.), γιατί με τα υπάρχοντα στοιχεία ο ποτιστικός ηλίανθος (απόδοση 300kg/στρ.) δεν μπορεί να αγωνιστεί άλλες καλλιέργειες.



## 2.2 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ:

Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος ανήκει στο είδος *Helianthus annuus L.* της οικογένειας *Compositae*. Θεωρείται ότι η εξημέρωση του ηλίανθου έγινε με μεταβίβαση γενετικού υλικού από το ζιζάνιο *Helianthus petiolaris* στο *H. annuus* το οποίο ήταν αρχικώς άγριο. Οι ποικιλίες του καλλιεργήσιμου είδους διακρίνονται αναλόγως του ύψους του φυτού σε υψηλόσωμες, μετριοσωμες και χαμηλόσωμες. Οι ποικιλίες για πασατέμπο σχηματίζουν συνήθως περισσότερη φυτομάζα και έτσι μπορεί να χρησιμοποιούνται και για ενσίρωση.

### **Ριζικό σύστημα**

Έχει βαθύ ριζικό σύστημα, πασσαλώδες, που σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει τα 5μ. Το ριζόστρωμά του βρίσκεται σε βάθος 60εκ. περίπου. Στα πρώτα στάδια ρίζα μεγαλώνει πολύ πιο γρήγορα από το υπέργειο τμήμα, έτσι που, όταν το φυτό έχει 8-10 φύλλα και ύψος 40εκ., η ρίζα του να φτάνει τα 70 περίπου εκ. Αδυναμία του ριζικού συστήματος θεωρείται η μικρή διεισδυτικότητά του σε σκληρό έδαφος.

### **Στελέχη**

Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος είναι κατά κανόνα μονοστέλεχος. Τα επιπλέον στελέχη είναι ανεπιθύμητα, γιατί μειώνουν την ποσότητα και ποιότητα του σπόρου και επιπλέον δεν επιτρέπουν την ομοιόμορφη ωρίμανσή του. Τα άγρια είδη, όπως και οι καθαρές σειρές που χρησιμοποιούνται ως επικονιαστές, έχουν πολλές διακλαδώσεις. Το ύψος του στελέχους είναι συνήθως γύρω στα 2 μέτρα, αλλά κυμαίνεται, αναλόγως της ποικιλίας και του περιβάλλοντος, από 0,5 μέτρα έως και 6 μέτρα ή και περισσότερα. Ο βλαστός είναι κυλινδρικός, με διάμετρο 2,5-3 εκατοστά και στο εσωτερικό του είναι γεμάτος με εντεριώνη. Κατά κανόνα το άνω άκρο του στελέχους κάμπτεται μαζί με την ταξιανθία, γεγονός που διευκολύνει την αποξήρανση του σπόρου και την προστασία του από τα πουλιά, αλλά μπορεί επίσης να δυσχεραίνει τη συγκομιδή. Το στέλεχος, τα φύλλα και πολλά άλλα μέρη του φυτού στις περισσότερες ποικιλίες φέρουν τρίχες διαφορετικής πυκνότητας και σκληρότητας.



## **Φύλλα**

Η μορφολογία των φύλλων παραλλάσσει. Συνήθως είναι πλατιά, ωσειδή, οδοντωτά και οξύληκτα, ενώ τα κατώτερα φύλλα είναι καρδιόσχημα. Τα πρώτα πέντε ζεύγη εκφύονται αντιθέτως, ενώ τα υπόλοιπα κυκλικά. Το μήκος τους κυμαίνεται από 10 έως 40 εκατοστά και ο αριθμός τους από 8 έως 70, με μέσο όρο 20-30. Φυτά με πολυάριθμα φύλλα είναι συνήθως οψιμότερα. Τα μεγαλύτερα φύλλα αντιστοιχούν στον 8<sup>ο</sup> έως 20<sup>ο</sup> κόμβο. Τα φύλλα αυτά αντιπροσωπεύουν το 60-70% της συνολικής φυλλικής επιφάνειας, της οποίας ο δείκτης (Δ.Φ.Ε.) κυμαίνεται από 2 έως 4. Εκτός από τα κανονικά φύλλα ο ηλίανθος έχει και δύο ειδών βράκτια φύλλα, αυτά που είναι στο πίσω μέρος της ταξιανθίας και αυτά που περιβάλλουν το άνθος.

## **Ταξιανθία**

Ο καλλιεργούμενος ηλίανθος φέρει μία ή περισσότερες (αν διακλαδίζεται) επάκριες ταξιανθίες (κεφαλές-δίσκοι) διαμέτρου 8-60 εκ., που περιβάλλονται από οξύληκτα βράκτια φύλλα, έχουν κίτρινα έως κοκκινωπά πέταλα και φέρουν 40-80 κιτρινωπές ακτίνες. Το τελικό σχήμα της είναι κυρτό ή κοίλο, ή επίπεδο ή σιγμοειδές. Η ταξιανθία των ελαιούχων ποικιλιών έχει 700-3000 άνθη και των ποικιλιών που προορίζονται για πασατέμπο έως 8000.



Τα περιφερειακά άνθη είναι άγονα (δεν έχουν ανθήρες, αλλά και ο στύλος και το στίγμα είναι εκφυλισμένα) και έχουν στεφάνη, όπως και τα υπόλοιπα άνθη, με πέντε ενωμένα πέταλα, που σχηματίζουν

σωλήνες. Μοναδικός σκοπός των περιφερειακών ανθέων είναι να προσελκύουν τα έντομα. Τα εσωτερικά άνθη είναι τοποθετημένα σε ομόκεντρα τόξα, το καθένα περιβάλλεται από ένα βράκτιο, έχουν κάλυκα με δύο σέπαλα, πέντε πέταλα ενωμένα σε σωλήνα, ενώ οι πέντε στήμονες που ξεκινούν από τη βάση της στεφάνης είναι ελεύθεροι στη βάση και ενωμένοι στην κορυφή. Ο στύλος τους καταλήγει σε δισχιδές στίγμα.

### **Άνθηση**

Η ανθοφορία αρχίζει από τα περιφερειακά άνθη, συνεχίζεται προς το κέντρο και ολοκληρώνεται, για την ίδια ταξιανθία, σε 5-10 ημέρες συνήθως. Η πτώση των πετάλων των άγονων ανθέων υποδηλώνει ότι έχει ανθίσει και το τελευταίο άνθος, στο κέντρο της ταξιανθίας. Η ανθοφορία στον αγρό διαρκεί περί τις 20 ημέρες.

Ο ηλίανθος είναι κατά κανόνα σταυρογονιμοποιούμενο φυτό, γιατί τα άνθη του είναι πρώτανδρα και υπέργυνα. Επιπλέον, πολλές ποικιλίες έχουν το χαρακτηριστικό του αυτοασυμβίμβαστου. Η επικονίαση γίνεται με έντομα, κυρίως μέλισσες, γιατί η γύρη είναι βαριά και δεν μεταφέρεται εύκολα με τον αέρα. Η παραγωγή γύρης είναι άφθονη και μπορεί να φτάσει τα 8kg/στρ. Ο ηλίανθος παράγει πολύ νέκταρ και είναι από τα πιο παραγωγικά μελισσοκομικά φυτά.

### **Ηλιοτροπισμός**

Οι αναπτυσσόμενες ταξιανθίες μέχρι την άνθησή τους, τα βράκτια και τα νεαρά φύλλα του ηλίανθου εμφανίζουν ηλιοτροπισμό, ακολουθούν δηλαδή την πορεία του ήλιου κατά την ημέρα, γι' αυτό και το φυτό ονομάστηκε ηλίανθος και ηλιοτρόπιο. Το πρωί οι ταξιανθίες είναι στραμμένες ανατολικά, σε θέση 50° έως 70° από το βορρά και στη συνέχεια ακολουθούν την πορεία του ήλιου, ενώ ανορθώνονται κατά τη νύκτα. Το φαινόμενο σταματάει μόλις ολοκληρωθεί η έκπτυξη όλων περιφερειακών ανθέων, οπότε οι ταξιανθίες μένουν στραμμένες βορειοανατολικά στο Βόρειο ημισφαίριο και νοτιοανατολικά στο Νότιο. Δεν παρατηρείται ηλιοτροπισμός, όταν επικρατεί συννεφιά, ή όταν το φυτό αναπτύσσεται σε τεχνητές συνθήκες φωτισμού, ή όταν αφαιρεθούν τα φύλλα, στοιχεία που δείχνουν ότι η αντίδραση του

φυτού εξαρτάται από την κίνηση του ήλιου. Με τον ηλιοτροπισμό υπολογίζεται ότι αυξάνει η φωτοσύνθεση κατά 10-23% αναλόγως της κατανομής των φύλλων.

### **Σπόρος**

Ο σπόρος αχάινιο διαφόρου σχήματος (επίμηκες, ωσειδές, ρομβοειδές, στρογγυλό) και διατομής (στενόμακρη, στρογγυλή). Αποτελείται από δύο τμήματα: α) την ψίχα, που αντιστοιχεί στο έμβρυο και τις δύο κοτυληδόνες και β) τον φλοιό, που αντιστοιχεί στο περικάρπιο, το οποίο είναι σκληρό για να προφυλάσσει τον σπόρο.



Το μήκος του σπόρου φτάνει τα 25 mm και το πλάτος τα 15 mm. Το βάρος των 1000 σπόρων κυμαίνεται από 40 έως 100g. Οι σπόροι των ποικιλιών για λάδι είναι συνήθως πιο μικροί, πιο στρογγυλοί και συμπαγείς, έχουν χρώμα μαύρο έως γκρίζο και φέρουν συχνά ραβδώσεις σκούρες καστανές έως λευκές, οι οποίες όμως θεωρούνται ανεπιθύμητες. Οι σπόροι των ποικιλιών για πασατέμπο είναι πιο μεγάλοι και επιμήκεις, πιο ανοιχτόχρωμοι, με περισσότερες ραβδώσεις και με μεγαλύτερη αναλογία περιβλημάτων. Γενικώς οι σπόροι που βρίσκονται στην περιφέρεια της ταξιανθίας είναι μεγαλύτεροι και βαρύτεροι από τους κεντρικούς.

### **Διάρκεια βιολογικού κύκλου**

Είναι φυτό μικτής σχετικής βλαστικής περιόδου. Κατά μέσο όρο και αναλόγως της ποικιλίας και των οικολογικών συνθηκών απαιτούνται

11 ημέρες από τη σπορά έως το φύτευμα, άλλες 33 ημέρες έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 27 έως την έναρξη ανθήσεως και 8 για την



ολοκλήρωσή της, ενώ η περίοδος ωρίμανσης του σπόρου διαρκεί 30 ημέρες. Έτσι, περιοχές με βλαστική περίοδο λίγο μεγαλύτερη από 200 ημέρες μπορεί να έχουν δύο συγκομιδές στον ίδιο χρόνο.

## **2.3 ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ:**

### **ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**

Η βλάστηση των σπόρων αρχίζει στους 4°C, γίνεται με ικανοποιητική ταχύτητα στους 8-10°C και με μέγιστη στους 15°C, στοιχεία που επιτρέπουν την πρώιμη σπορά. Τα νεαρά φυτά αντέχουν πολύ στο κρύο, έως -2°C στο στάδιο των κοτυληδόνων και έως -8°C στο στάδιο του ενός ζεύγους μόνιμων φύλλων. Μετά το στάδιο όμως των 6-7 φύλλων, θερμοκρασίες κάτω του μηδενός προκαλούν σημαντικές ζημιές, ενώ κατά το στάδιο της ωρίμανσης θερμοκρασία 2°C καταστρέφει ολόκληρο το φυτό. Άριστες θερμοκρασίες για την παραγωγή του σπόρου θεωρείται το επίπεδο των 24-26°C την ημέρα και 18-20°C την νύχτα, ενώ άριστη θερμοκρασία για τη φωτοσύνθεση θεωρείται το επίπεδο των 28°C. Η φωτοσύνθεση μπορεί να συνεχιστεί μέχρι και 45°C.

Υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν την περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη και μειώνουν του ελαίου. Οι απαιτούμενες θερμομονάδες με βάση τους 0°C είναι περίπου 2350 για τις πρώιμες ποικιλίες και 2425 για τις μεσοψίμες. Η διευρυμένη βλαστική περίοδος του ηλίανθου, δηλαδή περίοδος με θερμοκρασίες επάνω από 0°C, επιτρέπει, όπως προαναφέρθηκε, δύο συγκομιδές το έτος σε ορισμένες περιοχές.

### **ΦΩΣ**

Ο ηλίανθος είναι συνήθως φυτό ουδέτερο στο φωτοπεριοδισμό και απαιτητικό σε φως. Μειωμένος φωτισμός κατά 40% σε σχέση με τον κανονικό, σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, μπορεί να μειώσει την απόδοση μέχρι και 64%. Επίσης, μειωμένος φωτισμός κατά 20% βρέθηκε ότι δεν μειώνει τη συνολική βιομάζα, αλλά μειώνει τον δείκτη συγκομιδής και επομένως την οικονομική απόδοση.





## **ΥΓΡΑΣΙΑ**

Ο ηλιάνθος έχει υψηλό συντελεστή διαπνοής, περίπου 550, ίσως γιατί διαθέτει πολλά και μεγάλα στομάτια. Εντούτοις θεωρείται ανθεκτικός στην ξηρασία κυρίως χάρη στο βαθύ και εκτεταμένο ριζικό σύστημα. Έχει επίσης την ικανότητα να ανέχεται ή και να φωτοσυνθέτει και με συνθήκες μεγάλης ξηρασίας, γι' αυτό και η επίδραση της ξηρασίας δεν είναι μεγάλη. Η κριτική περίοδος είναι 20 ημέρες πριν και μετά την άνθηση, οπότε σοβαρή έλλειψη υγρασίας μειώνει την απόδοση.

## **ΕΔΑΦΟΣ**

Οι απαιτήσεις ως προς το έδαφος δεν είναι μεγάλες, αναπτύσσεται όμως καλύτερα σε εδάφη μάλλον ελαφρά (σ' αυτά δεν παρεμποδίζεται η διείσδυση της ρίζας), οργανικά και με καλή αποστράγγιση, ενώ δεν ανέχεται αλατούχα εδάφη, όπου και παρουσιάζει μειωμένη περιεκτικότητα σε λάδι. Είναι απαιτητικό φυτό σε θρεπτικά στοιχεία, ιδιαίτερα άζωτο και φώσφορο, υπερβολική όμως ποσότητα N ελαττώνει την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Ανέχεται pH εδάφους από 5,7 έως 8, αλλά το άριστο βρίσκεται μεταξύ 6 και 7,2.

## **2.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΕΣΦΡΟΝΤΙΔΕΣ:**

### **2.4.1 ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ:**

Ο ξερικός ηλιάνθος, έχει θέση στην αμειψισπορά των σιταγρών. Πλεονεκτήματα αυτής της αμειψισποράς είναι το διαφορετικό βάθος του ριζικού συστήματος, οι διαφορετικές απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά και οι διαφορές ως προς τα ζιζάνια, εχθρούς και ασθένειες

των δύο καλλιεργειών. Συνεχής καλλιέργεια ηλίανθου αποδίδει λιγότερο από ότι όταν καλλιεργείται μετά από σιτάρι. Η προηγούμενη καλλιέργεια δεν πρέπει να έχει προσβληθεί από ορισμένες πολύ επιζήμιες ασθένειες ,του ηλίανθου, όπως *Sclerotinia* (τεύτλα, πατάτα, καρποδοτικά ψυχανθή, μηδική κ.ά.) και *Verticillium* (βαμβάκι, τεύτλα, πατάτα, ελαιοκάμβη μηδική κ.ά ).

Σε αλατούχα εδάφη ο ηλίανθος θεωρείται καλό προηγούμενο για τις καλλιέργειες που ακολουθούν, γιατί ιδιαίτερα σε αρδευόμενα εδάφη μετακινεί τα άλατα σε βαθύτερα στρώματα. Είναι επίσης λιγότερο εξαντλητική καλλιέργεια από το καλαμπόκι, αλλά αφαιρεί συνήθως μεγαλύτερη εδαφική υγρασία σε σχέση με τις περισσότερες καλλιέργειες.

#### **2.4.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΓΡΟΥ:**

Η προετοιμασία του αγρού είναι παρόμοια με αυτή του καλαμποκιού και του βαμβακιού, δηλαδή απαιτεί επιμελημένη προετοιμασία του αγρού. Κρίσιμο σημείο για τις ελληνικές συνθήκες είναι η διατήρηση της εδαφικής υγρασίας σε ικανοποιητικό επίπεδο, επειδή ο σπόρος του ηλίανθου, ως ελαιούχος σπόρος, έχει ανάγκη από αρκετή υγρασία για να φυτρώσει. Η έγκαιρη αλλά και οικονομική κατεργασία του εδάφους έχει επίσης μεγάλη σημασία. Στα πλαίσια της προετοιμασίας του αγρού, οι καλλιεργητικές εργασίες που απαιτούνται είναι: η *στελεχοκοπή* που κατά κανόνα γίνεται το φθινόπωρο ή χειμώνα, το *φθινοπωρινό όργωμα*, που πρέπει να γίνεται κατά το δυνατό νωρίτερα το φθινόπωρο ή τον χειμώνα, η *καταστροφή ζιζανίων* που γίνεται τον χειμώνα, σε μικρό βάθος για να στρώσουν οι ανωμαλίες από το όργωμα και να καταστραφούν τα ζιζάνια, τα οποία αν παραμείνουν, θα χρειαστεί την άνοιξη βαθύ όργωμα για να καταστραφούν, η *προετοιμασία για σπορά*, μόνο όταν ο αγρός είναι στον ρώγο του άνοιξη και τέλος οι *περιστασιακές καλλιέργειες*, όπως η ισοπέδωση, η αποστράγγιση και η υπεδαφοκαλλιέργεια.

Επειδή το φυτό είναι βαθύρριζο, πρέπει να καταστρέφεται το αδιαπέραστο υπεδάφιο στρώμα που τυχόν υπάρχει. Το επιφανειακό στρώμα της σποροκλίνης πρέπει να είναι ελαφρά ψιλοχωματισμένο, αλλά να αποφεύγεται η «κρούστα» που συχνά παρατηρείται λόγω της πρώιμης σποράς.

#### **2.4.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ:**

Ο ηλίανθος παθαίνει ζημιές από τα ζιζάνια μέχρι το στάδιο της πλήρους φυτοκάλυψης και ειδικότερα τις 15 ημέρες μετά το φύτευμα, τότε που ο ρυθμός αύξησής του φυτού είναι βραδύς. Στη συνέχεια ο ηλίανθος γίνεται αποπνικτικό φυτό για τα ζιζάνια. Τα ζιζάνια αντιμετωπίζονται συνήθως με συνδυασμό μηχανικών και χημικών μέσων. Υπάρχουν κατάλληλα προσπαρτικά, προφυτρωτικά και μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα.

#### **2.4.4 ΛΙΠΑΝΣΗ:**

Ως προς τη λίπανση οι αποδόσεις είναι ικανοποιητικές, όταν δίδονται κατά μέσο όρο 8 μονάδες αζώτου και 5 φωσφόρου. Πολύ συχνά επίσης απαιτείται καλιούχος λίπανση, ώστε να μην μειωθεί η απόδοση και η περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Υπερβολική αζωτούχος λίπανση μειώνει την περιεκτικότητα ελαίου και αυξάνει την περιεκτικότητα πρωτεΐνης υποβαθμίζοντας όμως την ποιότητά της. Ο φώσφορος αυξάνει την περιεκτικότητα λαδιού. Εκτός από τα τρία κύρια θρεπτικά συστατικά, ο ηλίανθος απαιτεί επίσης σχετικά μεγάλες ποσότητες ασβεστίου. Σιδήρου, μαγνησίου, χαλκού και βορίου.

#### **2.4.5 ΣΠΟΡΑ:**

Ο ηλίανθος πρέπει να σπέρνεται κατά το δυνατό πρώιμα, ιδιαίτερα ο ξηρικός, ώστε να αποφεύγονται οι ξηροθερμικές συνθήκες και να ικανοποιούνται οι ανάγκες σε νερό. Για τη Βόρεια Ελλάδα κατάλληλη

εποχή σποράς είναι από τα μέσα Μαρτίου έως μέσα Απριλίου. Η εποχή σποράς συνδέεται και με την ποιότητα του ελαίου, γιατί προσδιορίζει την περίοδο ανθήσεως. Αν μετά την άνθηση επικρατήσουν υψηλές θερμοκρασίες, μειώνεται η περιεκτικότητα σε λιπελαϊκό και αντίστροφα.

Σπέρνεται με μηχανές ακριβείας αραβοσίτου ή ζαχαροτεύτλων, ύστερα από ειδική ρύθμιση ή με άλλους δίσκους. Το βάθος σποράς είναι 3-10εκ., αναλόγως της υγρασίας του εδάφους και του μεγέθους του σπόρου. Οι συνήθεις αποστάσεις μεταξύ των γραμμών σποράς είναι 60-75εκ. (αναλόγως της ευρωστίας του φυτού). Σε μερικές περιπτώσεις σπέρνεται και σε διπλές γραμμές σποράς που απέχουν μεταξύ τους περί τα 25εκ. και από το επόμενο ζεύγος περί τα 80-120εκ. Οι αποστάσεις των φυτών επάνω στη γραμμή είναι 15-20εκ. Η ποιότητα του σπόρου κυμαίνεται από 0,5-1,5 kg/στρέμμα.

Ο άριστος πληθυσμός φυτών, κυμαίνεται από 5000-6000 φυτά/στρέμμα. Με ευνοϊκές συνθήκες, κυρίως από άποψη υγρασίας, ο άριστος πληθυσμός τείνει ή και υπερβαίνει το ανώτατο μέγεθος. Σε πολύ πυκνούς όμως πληθυσμούς οψιμίζει η καλλιέργεια και τα στελέχη γίνονται πιο ψηλά και αδύνατα, με αποτέλεσμα να πλαγιάζουν με τον αέρα.

Ο ηλίανθος ως καθορισμένης ανάπτυξης φυτό, δεν ανέχεται μεγάλη απώλεια πληθυσμού φυτών. Εντούτοις, μείωση του αριθμού φυτών σε ποσοστό 10-15% δεν έχει σοβαρή επίπτωση στην απόδοση, γιατί η απώλεια αντισταθμίζεται από την αύξηση του μεγέθους της ταξιανθίας και του μέσου βάρους των σπόρων.

#### **2.4.6 ΑΡΔΕΥΣΗ:**

Ο ηλίανθος καλλιεργείται συνήθως ως ξηρικός. Επωφελείται όμως από την άρδευση (2-4 ποτίσματα), με αποτέλεσμα να υπερδιπλασιάζεται πολλές φορές η απόδοση. Η άρδευση αυξάνει την αποτελεσματικότητα της λίπανσης. Επιπλέον, αυξάνει την

περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι και βελτιώνει την ποιότητα των πρωτεϊνών, γιατί αυξάνει τα απαραίτητα αμινοξέα.

#### **2.4.7 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ:**

Οι κεφαλές είναι φυσιολογικώς ώριμες, όταν η πίσω επιφάνειά τους γίνεται κίτρινη και κατά ποσοστό 10% καστανή, ενώ η υγρασία τους φτάνει το 70% και των σπόρων το 40%. Η συγκομιδή γίνεται, όταν η υγρασία του σπόρου κατέβει στο 15%, οπότε τα κάτω φύλλα έχουν αποξηρανθεί και τα υπόλοιπα αρχίζουν να κιτρινίζουν. Καθυστέρηση της συγκομιδής μπορεί να αυξήσει σημαντικά τις απώλειες από τα πουλιά, το τίναγμα του σπόρου και τις ασθένειες (ιδιαίτερα όταν οι συνθήκες είναι υγρές). Στην Ελλάδα η συγκομιδή γίνεται από τα τέλη Αυγούστου έως αρχές Οκτωβρίου.

Για τη συγκομιδή χρησιμοποιούνται θεριζοαλωνιστικές μηχανές σιταριού ή καλαμποκιού, ύστερα από κατάλληλη ρύθμιση, ώστε να περιοριστούν οι απώλειες σπόρου που μπορεί να υπερβούν το 40-45%. Η εξεύρεση και χρήση κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού θα συμβάλλει στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας της καλλιέργειας.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της Ε.Ε. για να είναι εμπορεύσιμος ο σπόρος του ηλίανθου πρέπει να έχει υγρασία έως 10%, ποσοστό ελαίου τουλάχιστον 42% και ξένες ύλες έως 2%.

#### **2.5 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ:**

Ο ηλίανθος είναι καλλιέργεια ευπρόσβλητη από διάφορους μικροοργανισμούς και έντομα. Στην Ευρώπη τα έντομα δεν αποτελούν σοβαρό πρόβλημα, γι' αυτό και σπάνια χρησιμοποιούνται εντομοκτόνα, σε αντίθεση με τις ασθένειες που μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές. Στην Ελλάδα, όπου η καλλιέργεια για λάδι είναι σχετικώς πρόσφατη, δεν υπάρχει προς το παρόν σοβαρό πρόβλημα από εχθρούς και ασθένειες, ίσως και λόγω των κλιματικών συνθηκών. Παρακάτω αναφέρονται οι σοβαρότεροι εχθροί και ασθένειες του ηλίανθου,



ιδιαίτερα εκείνες που απαντώνται στην Ευρώπη και έχουν σημασία για την Ελλάδα.

### 2.5.1 ΕΧΘΡΟΙ:

Από τα έντομα ζημιές προκαλούν τα έντομα εδάφους, τα μυζητικά (αφίδες, θρίπες), η ηλιότιδα, μερικά άλλα λεπιδόπτερα (π.χ. *Homoeso manebullela*, που προσβάλλει τις ταξιανθίες και τους σπόρους) και μερικά κολεόπτερα (π.χ. *Smicronyx fulvus*, που προσβάλλει κυρίως τους σπόρους). Η αντιμετώπιση των λεπιδόπτερων και κολεόπτερων επιδιώκεται με τη δημιουργία ανθεκτικών γενοτύπων, με χρήση υπερπαρασίτων και με ρύθμιση της καλλιεργητικής τεχνικής.



Σημαντικές ζημιές προκαλούν στον ηλίανθο, ιδιαίτερα όταν καλλιεργείται σε μεμονωμένα χωράφια, τα πουλιά τα οποία τρώνε τους σπόρους.

### 2.5.2 ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ:

1) **Περονόσπορος** (*Plasmopara helianthii*). Ο μύκητας ευνοείται από υψηλές θερμοκρασίες και υψηλή σχετική υγρασία. Συνήθως εμφανίζονται χλωρωτικές κηλίδες, σε όλα τα μέρη του φυτού, που αργότερα γίνονται νεκρωτικές.

**2) Άσπρη όψη** (*Sclerotinia sclerotinium*). Η μολυσματική μορφή του μύκητα είναι τα σκληρώτια τα οποία διαχειμάζουν στο έδαφος, σε υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας. Οι δευτερογενείς μολύνσεις γίνονται από ασκοσπόρια που σχηματίζουν λευκό μυκήλιο, στη συνέχεια δημιουργούνται σκληρώτια και το φυτό εμφανίζει συμπτώματα μάρανσης.

**3) Γκριζωπή μούχλα** (*Botrytis cinera*). Ο μύκητας προσβάλλει όλα τα μέρη του φυτού, αλλά αποτελεί πρόβλημα μόνον όταν οι συνθήκες είναι θερμές και υγρές( όπως στην ποτιστική καλλιέργεια). Προκαλεί κηλίδες γκριζες και υγρές.

**4) Ο ηλιάνθος προσβάλλεται επίσης και από άλλες μυκητολογικές ασθένειες, όπως αδρομυκώσεις** (*Verticillium dahliae*), **σκωρίαση** (*Puccinia helianthii*) και **αλτερνάρια** (*Alternaria spp.*) καθώς και από ιούς, βακτήρια και από φυτικά παράσιτα, όπως οροβάγχη κ.ά.

Εκτός από τις παραπάνω «κλασικές» ασθένειες, αναφέρθηκαν σχετικώς πρόσφατα μερικές νέες, όπως οι παρακάτω μυκητολογικές:

**1) Καστανή κηλίδωση, καρκίνος του στελέχους ή φόμοψη** (*Phomopsis helianthii*). Αναφέρθηκε για πρώτη φορά στην πρώην Γιουγκοσλαβία το 1979. Ευνοείται από συχνές βροχοπτώσεις και υψηλές θερμοκρασίες. Τα συμπτώματα είναι ορατά από την έναρξη της ανθήσεως και μετά. Παρουσιάζονται καστανές κηλίδες στους μίσχους των φύλλων, στο στέλεχος και σπανιότερα και στις κεφαλές. Οι κηλίδες επεκτείνονται και προχωρούν σε βάθος με συνέπεια να παρακωλύεται η κυκλοφορία των χυμών και το φυτό να μαυρίζει και να ξηραίνεται. Ο αγρός εμφανίζει μια μορφή μωσαϊκού με αποξηραμένα και πράσινα φυτά. Οι βλαστοί γίνονται εύθραυστοι και σπάζουν με τον άνεμο.

**2)Μαύρισμα στελέχους** (*Phoma macdonaldi*). Προσβάλλει ταξιανθία, φύλλα και στελέχη. Τα συμπτώματα διακρίνονται από αυτά της φόμοψης, γιατί οι κηλίδες είναι μαύρες με περιφερειακή πράσινη απόχρωση. Όταν η προσβολή είναι σοβαρή, μαυρίζει όλο το στέλεχος και σπάζει.

**3)Σήψη του στελέχους και των ριζών** (*Sclerotium bataticola*, σκληρωτική μορφή του *Macrophomina phaseoli*). Προκαλεί πρώιμη

ξήρανση των φυτών και ατελές γέμισμα των σπόρων, εξαιτίας της νέκρωσης των ηθμαγγειωδών σωλήνων και του περιορισμού του ριζικού συστήματος. Στα προσβεβλημένα τμήματα του φυτού σχηματίζει χαρακτηριστικά μικροσκοπικά μαύρα μικροσληρώτια.

Η αντιμετώπιση των παραπάνω ασθενειών επιδιώκεται με τη μέθοδο της ολοκληρωμένης καταπολέμησης, δηλαδή με τον συνδυασμό: α) κατάλληλης αμειψισποράς, β) εφαρμογής ορθής καλλιεργητικής τεχνικής (π.χ. αποφυγή υπερβολικής εδαφικής υγρασίας, εφαρμογή ορθολογικής λίπανσης, κατάλληλη εποχή σποράς, κατάλληλος πληθυσμός φυτών), γ) χρήση ανθεκτικών γενοτύπων (σήμερα επιδιώκεται η μεταφορά γονιδίων ανθεκτικότητας από άγρια είδη) και δ) ορθολογικής χρήσης χημικών σκευασμάτων (απολύμανση σπόρου κ.ά.).



## 2.6 ΠΡΟΪΟΝΤΑ:

Όλα τα μέρη του φυτού είναι χρήσιμα. Το κύριο όμως προϊόν είναι ο σπόρος και κυρίως το λάδι που περιέχει. Η κεφαλή του ηλίανθου αποτελεί το 50% της ξηράς ουσίας του φυτού, από το οποίο το μισό αντιστοιχεί στον σπόρο. Ο σπόρος του ηλίανθου αποτελείται κατά 25% από φλοιούς, ενώ το υπόλοιπο αποτελεί την ψίχα.

Ο αναποφλοιώτος σπόρος περιέχει 24-45% λάδι, αλλά η βιομηχανική απόδοση σε λάδι κυμαίνεται συνήθως στο 20-25%. Το υπόλοιπο λάδι παραμένει στον πλακούντα, ο οποίος περιέχει επιπλέον περίπου 35%

πρωτεΐνη, ώστε να αποτελεί εξαιρετική συμπυκνωμένη ζωοτροφή, η οποία όμως είναι πτωχή σε λυσίνη. Η πίττα του ηλίανθου δεν περιέχει τοξικές ουσίες και επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ανθρώπινη κατανάλωση. Η περιεκτικότητα λαδιού στα σημερινά υβρίδια κυμαίνεται από 40 έως 50% του σπόρου.

Το ηλιέλαιο χρησιμοποιείται στη διατροφή του ανθρώπου, για Παρασκευή μαργαρίνης, ελαιοχρωμάτων, σαπουνιών κ.λ.π. Ανήκει στα ημιξηρανόμενα έλαια με αριθμό ιωδίου περίπου 130. Το ηλιέλαιο είναι πλούσιο σε πολυακόρεστα και θεωρείται από υγιεινής απόψεως πολύ καλό. Σήμερα, το άλευρο από τον ηλιόσπορο ή ολόκληροι σπόροι χρησιμοποιούνται σε ανάμιξη με άλλα άλευρα για την παρασκευή ψωμιού.

Τα σπέρματα, εκτός από την περιορισμένη χρήση ως πασατέμπο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως πτηνοτροφή. Σε περιοχές με κλίμα πολύ δροσερό, όπου ο ηλίανθος και ιδιαίτερα οι μεγαλόσωμες ποικιλίες αποκτούν μεγάλη ανάπτυξη, χρησιμοποιείται και για ενσίρωση, όπως και ο αραβόσιτος.

Πρόσφατα ο ηλίανθος ο ετήσιος και ιδιαίτερα ο ηλίανθος ο κονδυλόρριζος (*Helianthus tuberosus*), ο οποίος δεν καλλιεργείται προς το παρόν στην Ευρώπη, άρχισαν να αποκτούν σημασία ως ενεργειακά φυτά. Το υπέργειο τμήμα, μετά τη συγκομιδή του σπόρου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ξυλοκυτταρίνης, για χαρτί πολυτελείας και για κλωστικές ίνες. Ο κονδυλόρριζος αποδίδει με βάση πειραματικά δεδομένα 6-9 τβολβούς ανά στρέμμα και αντίστοιχη ποσότητα οινοπνεύματος 500-600 λίτρα.

## **2.7 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ:**

Ο αριθμός των επεμβάσεων που συμμετέχουν στην παραγωγή ηλίανθου και οι απαιτήσεις τους σε ενέργεια, επηρεάζουν το τελικό ενεργειακό ισοζύγιο. Η εισροή ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή ηλίανθου χωρίζεται είτε σε άμεση, είτε σε έμμεση. Ως άμεση εισροή ενέργειας, εννοούμε εκείνες τις ποσότητες που καταναλώνονται



κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας του ηλίανθου. Η ενέργεια που περιλαμβάνεται στα καύσιμα, στα λιπάσματα και στα χημικά χαρακτηρίζεται ως άμεση εισροή ενέργειας. Οι έμμεσες εισροές ενέργειας, είναι εκείνες που απαιτούνται για την κατασκευή και τη συντήρηση των άμεσων εισροών και των πάγιων στοιχείων, όπως οι ελκυστήρες και τα μηχανήματα. Ως έμμεσες εισροές ενέργειας θεωρούνται: η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή χάλυβα από το οποίο το μηχάνημα και τα εργαλεία είναι κατασκευασμένα, η ενέργεια που απαιτείται για την τελειοποίηση του αργού πετρελαίου για το πετρέλαιο κίνησης κ.λ.π. Το ενδεδειγμένο ενεργειακό ισοδύναμο για την εκτίμηση των άμεσων και έμμεσων ενεργειακών εισροών προέρχονται από διάφορες πηγές.



Η εκροή ενέργειας από καλλιέργεια σπόρων και στελεχών ηλίανθου υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας απλά τις ποσότητες με την αντίστοιχη ενεργειακή αξία τους. Η απόδοση των σπόρων προς σπορά είναι περίπου 180kg/στρέμμα, το οποίο μπορεί να προκύψει υπό κανονικές κλιματολογικές συνθήκες σε γόνιμα ξηρά εδάφη. Η ποσότητα των στελεχών του ηλίανθου η οποία παραμένει στο χωράφι ως υπόλειμμα, είναι περίπου 417kg/στρέμμα.

Η παραγωγή ενέργειας από σπόρο του ηλίανθου επιμερίζεται περαιτέρω σε λάδι και άλευρο, ανάλογα με τις σχετικές ποσότητες του καθενός, οι οποίες λαμβάνονται μέσω της εξόρυξης του καρπού. Υποθέτοντας ότι ένα τυπικό ποσοστό εξόρυξης είναι 80%, από μια ποσότητα 1000kgσπόρων, η απόδοση είναι περίπου 340kgλάδι και 660kgάλευρο. Τα άλευρο που εκχυλίζεται από τον ηλίανθο, συνήθως



χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή, ιδίως για μηρυκαστικά με παρόμοια αποτελέσματα με το αλεύρι από σόγια, όταν υποκαθιστούν σε ισότιμη βάση τις πρωτεΐνες. Η ενεργειακή αξία του αλεύρου του ηλίανθου είναι μικρότερη από αυτή του αλεύρου της σόγιας, λόγω της πρόσθετης περιεκτικότητας σε ίνες. Η ενέργεια την οποία περιέχει το λάδι ανέρχεται στα 39,4 Mj/Kg, η ενέργεια των σπόρων είναι 26,3Mj/Kg και του αλεύρου 19.6Mj/Kg.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:**

### **ΑΡΔΕΥΣΗ:**

#### **3.1 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 νερού, 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 τα επόμενα χρόνια.. Μείωση των απωλειών νερού μπορεί 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 νερού στον αγρό.

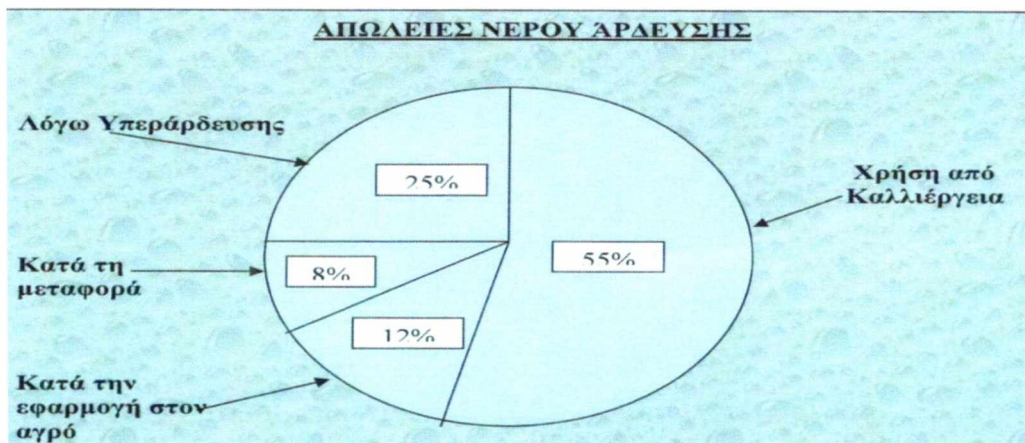
Η μέθοδος άρδευσης που θα επιλεγεί έχει ιδιαίτερη σημασία για τον περιορισμό των απωλειών στον αγρό. Ανά περίπτωση, επιλέγεται η καταλληλότερη μέθοδος άρδευσης, καθώς δεν υπάρχει η τέλεια.

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 μιας ποσότητας η παραγωγή δεν αυξάνεται. Εκτιμάται δε, ότι από το νερό άρδευσης που εφαρμόζεται σε μια καλλιέργεια, το 12% χάνεται κατά τη μεταφορά, το 8% κατά την εφαρμογή στον αγρό και το 25% χάνεται λόγω υπερβολικής άρδευσης.



Εικόνα 3.1: Λόγοι από τους οποίους προκύπτουν οι απώλειες νερού άρδευσης.

### 3.2 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 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 3.1: Παρουσιάζεται η σύγκριση διαφόρων συστημάτων άρδευσης.

<b>ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΆΡΔΕΥΣΗΣ</b>			
<b>Παράγοντες Σύγκρισης</b>	<b>Άρδευση με Ελεύθερη Ροή</b>	<b>Άρδευση με Τεχνητή Βροχή</b>	<b>Άρδευση με Σταγόνα</b>
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 χωραφίου, εκπαίδευση παραγωγού	Άνεμος, ανταλλακτικά εκπαίδευση παραγωγού	Ανταλλακτικά, εκπαίδευση παραγωγού

### 3.3 ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ:

Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση είναι μια μέθοδος κατά την οποία νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες με 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 περίπτωσης 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%.

### **3.4 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΔΗΝ ΆΡΔΕΥΣΗ:**

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 αναλυτικό συγκρότημα (Γιακουμάκης, 1958). Περιλαμβάνει το μετρητή ροής, τα φίλτρα, τους ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Κύριο συστατικό 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 οικονομία 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 ισούψεις 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 έξοδό 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 Brandt 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).

#### **3.4.1 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, &
- 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 των μικρών αρνητικών πιέσεων στο έδαφος,
- η πρωϊμηση 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, &
- 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 χρησιμοποιείται 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 κλπ.) χωρίς τη διακοπή της άρδευσης. 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. 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 50-6-% της επιφανειακής άρδευσης.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της επιφανειακής στάγδην άρδευσης αποτελεί η οικονομία νερού. Το σύστημα στάγδην άρδευσης παρουσιάζει το 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 (Κωνσταντινίδης, 1985). 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 για τα φυτά είναι η υδατοϊκανότητα. Ο παραγωγός με την στάγδην άρδευση μπορεί να ρυθμίσει την παροχή, ούτως ώστε η υγρασία να βρίσκεται διαρκώς σ' αυτά τα επίπεδα. 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 απόδοσή 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 ωρίμανσή τους σε σχέση με φυτά που αρδεύονται με άλλες μεθόδους, Έτσι επιτυγχάνεται και πρωίμιση και αύξηση των αποδόσεων (Σακελλαρίου – Μαρκαντωνάκη, 2004) Άλλωστε, μια πρώιμη συγκομιδή πωλείται σε υψηλότερες τιμές και σε συνδυασμό με υψηλές αποδόσεις (λόγω ομοιόμορφης ανάπτυξης) δίνει το υψηλότερο επιθυμητό οικονομικό αποτέλεσμα.

Το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου που ακολουθεί, αποτελεί το γεγονός ότι προσφέρει οικονομικά και ενεργειακά οφέλη. Ένα σοβαρό πλεονέκτημα 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 δυσχεραίνεται εξαιτίας της συνεχούς μεταβολής των τιμών. Γι' αυτό το λόγο οι Battyetal (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 3.2:** 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 καθυστερεί 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, κλπ.

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. Επίσης, η εφαρμογή τους είναι πιο ακριβής, αφού διενεργείται απευθείας στη ζώνη διαβροχής και γι' αυτό απορροφάτε 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 ασθενειών 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 μια δεδομένη παροχή αναλογικά μεγαλύτερες εκτάσεις απ' ό,τι στα άλλα συστήματα (Σακελλαρίου – Μαρκαντωνάκη, 2004). Είναι διαθέσιμες επίσης, παροχές μέχρι 5m<sup>3</sup>/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 τη 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 Oronetal. (1979), ακόμη και το νερό των αποχετεύσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την στάγδην άρδευση, έπειτα από τη δεύτερη κατεργασία και το κατάλληλο φιλτράρισμα.

### **3.4.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ 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 φύτερωμα 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 της 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, διείδυση 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 καταπολέμησή 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 εύκολο να ελεγχθούν καθώς προκαλούνται από τα καλλιεργητικά μηχανήματα ή τα ζώα.

### **3.5 ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ:**

Η υπόγεια στάγδην άρδευση αποτελεί μια παραλλαγή της επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Εμφανίστηκε περίπου πριν από 50 χρόνια στις Η.Π.Α. και τη Μεγάλη Βρετανία με τη λήξη του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου λόγω της χαμηλής τιμής των υλικών P.E. και PVC. Η συγκεκριμένη μέθοδος άρδευσης γίνεται ολοένα και πιο γνωστή ανά τον κόσμο. Πιστεύεται δε, ότι στο άμεσο μέλλον θα αντικαταστήσει την επιφανειακή στάγδην άρδευση σε ένα μεγάλο ποσοστό καλλιεργήσιμων εκτάσεων ανά τον κόσμο.

Η υπόγεια στάγδην άρδευση, αρχικά χρησιμοποιήθηκε σε καλλιέργειες μεγάλης αξίας, όπως τα οπωροφόρα δένδρα, σε κήπους, στο βαμβάκι κλπ. Ήδη από το 1959 χρησιμοποιείται κατά κόρον σε μεγάλες εκτάσεις της Καλιφόρνιας και του Τέξας των Η.Π.Α. εξαιτίας του σημαντικού ελλείματος σε αρδευτικό νερό των περιοχών αυτών (Pheneetal., 1992). Σε πειράματα τομάτας, που πραγματοποιήθηκαν από τον Phene το 1986, αυξήθηκε η παραγωγή από 30 Mg/acre με την χρήση παραδοσιακών μεθόδων επιφανειακής άρδευσης σε 50 – 60 Mg/acre με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Τα περισσότερα συστήματα υπόγειας στάγδην άρδευσης μετά από μια σχετική έρευνα (Phene et al., 1992) αποδείχθηκε ότι απέδωσαν απολύτως ικανοποιητικά για 8 – 11 έτη με μικρές ενδείξεις υποβάθμισης. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι μειώθηκε η απαίτηση σε αρδευτικό νερό σε ποσοστό έως και 40%, σε σχέση με τις υπόλοιπες παραδοσιακές μεθόδους άρδευσης. Την μεγαλύτερη αποδοτικότητα χρήσης αρδευτικού (WUE), στο ίδιο πείραμα, μεταξύ των οκτώ πλέον γνωστών μεθοδολογιών, είχε η υπόγεια στάγδην άρδευση.

Οι Phene et al. (1992) διενήργησαν ένα πείραμα σε αργιλοπηλώδες έδαφος, κατά το οποίο παρατήρησαν ότι η τοποθέτηση του υπόγειου δικτύου άρδευσης στα 45cm βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, είχε ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της εδαφικής υγρασίας κοντά στο κομμάτι του ενεργού ριζοστρώματος σε απολύτως ικανοποιητικά ποσοστά (πλησίον της υδατοϊκανότητας). Μάλιστα, σε καμία περίπτωση το εδαφικό νερό δεν χανόταν με διήθηση στα βαθύτερα στρώματα της εδαφοτομής, αφού η κλίση του υδραυλικού φορτίου στο συγκεκριμένο κομμάτι είχε ανοδική κατεύθυνση. Οι Phene et al., σε πείραμά τους σε γυμνό έδαφος, διαπίστωσαν απώλεια αρδευτικού νερού εξαιτίας της εξάτμισης στην υπόγεια στάγδην άρδευση σε ποσοστό μόνο 6% επί του συνόλου εφαρμογής, εν αντιθέσει με τις υπόλοιπες μεθοδολογίες, κατά τις οποίες το ποσοστό απωλειών λόγω της εξάτμισης κυμαίνεται από 12 – 24%.

Επιπλέον, η εφαρμογή της μεθόδου στη Δυτική Ακτή των Η.Π.Α., κυρίως για την άρδευση χορτοδοτικών αλλά και καλλωπιστικών φυτών δίπλα σε λεωφόρους, είχε ως συνέπεια την ταχεία εξάπλωσή της σε ολόκληρο τον κόσμο.

Αρκετά νωρίς αναπτύχθηκε η μαθηματική θεωρία που αφορά τη διήθηση και την πλευρική μετακίνηση του αρδευτικού νερού στην υπόγεια μεθοδολογία, από τους Philip (1968), και Zachman και Thomas (1973).

Επιπλέον, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο USDA (Phene et al., 1986) απεδείχθη ότι το προφίλ υγρασίας στην υπόγεια στάγδην άρδευση, όσον αφορά την επιφάνεια του εδάφους, εξαρτάται



αποκλειστικά από την ρύθμιση της συχνότητας των αρδεύσεων. Με την εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης σε λιβαδικές καλλιέργειες, οι Hutmacher et al., (1992) μείωσαν σημαντικά το συνολικό κόστος άρδευσης και υλικών.

Στην υπόγεια στάγδην άρδευση το 1993 χρησιμοποιήθηκε το Trifluralin – 5, για πρώτη φορά, ως ριζοαπωθητικό. Το Trifluralin – 5 κατασκευάζεται από την εταιρεία Geoflow και κυκλοφορεί στο εμπόριο με το όνομα RootGuard. Το ζιζανιοκτόνο Teflan χρησιμοποιείται ως ριζοαπωθητικό. Ενσωματώνεται δηλαδή, στους σταλάκτες και με την αργή αποδέσμευση του οδηγεί στην παύση παρείσφρησης της ρίζας εντός και παράπλευρα των σταλακτήρων. Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης και συντήρησης του συστήματος, η κατασκευάστρια εταιρεία εγγυάται μια δεκαετή έως και εικοσαετή άριστη λειτουργία αυτού. Το Teflan είναι μη τοξικό, δεν βλάπτει την υγεία των ανθρώπων, δεν είναι διαλυτό στο νερό, είναι μη συστηματικό, ακινητοποιείται και δεν διηθείται με το νερό της άρδευσης ή της βροχής και διαλύεται μόνο στο πολυμερές σώμα των σταλακτήρων.

Όσον αφορά, την Ελληνική έρευνα πρέπει να σημειωθεί ότι, αύξηση της εδαφικής υγρασίας στη ζώνη του ριζοστρώματος σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων και αύξηση του ζαχαρικού τίτλου αυτών, συγκρίνοντας την υπόγεια με την επιφανειακή στάγδην άρδευση, παρατήρησαν το 2000 οι Sakellariou – Markantonaki et al. Οι Σακελλαρίου – Μαρκαντωνάκη και συνεργάτες το 2003, στα συμπεράσματά τους έπειτα από την ολοκλήρωση πειράματος σε καλλιέργεια ινώδους σόργου στη Θεσσαλία, αναφέρουν σαφή υπεροχή σε παραγωγή ξηρής βιομάζα, καθώς και υψηλότερους αναπτυξιακούς ρυθμούς στα φυτά που αρδεύτηκαν υπογείως έναντι αυτών που αρδεύτηκαν επιφανειακά.

Από τη σύγκριση των μεθόδων της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ομοιομορφία άρδευσης στην υπόγεια, έναντι της επιφανειακής άρδευσης, αύξηση της αποδοτικότητας του νερού εφαρμογής στην υπόγεια άρδευση σε ποσοστό 20% σε σχέση με την επιφανειακή, υψηλότερες αποδόσεις στην υπόγεια άρδευση με ταυτόχρονη εξοικονόμηση νερού σε ποσοστό 20 – 40% και ικανότητα

χρήσης της υπόγειας με καλά αποτελέσματα ακόμη και σε αργιλώδη εδάφη (Αλεξίου Ι., Καλφούντζος Δ., Κωτσόπουλος Σ., Βύρλας Π., Καμπέλη Σ., 2003).

Σε έρευνα που διεξήχθη προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση του εδαφικού τύπου και της υπο – πίεσης στην έμφραξη λόγω εισρόφησης ενός σταλάκτη που χρησιμοποιείται σε υπόγειο δίκτυο στάγδην άρδευσης, σαφώς υψηλότερα ήταν τα επίπεδα έμφραξης στο αμμοπηλώδες και στο πηλοαμμώδες έδαφος έναντι των υπολοίπων εδαφών και μάλιστα η έμφραξη αυτή αυξανόταν με την ταυτόχρονη αύξηση της υποπίεσης (Βύρλας και συνεργάτες, 2003).

Εν κατακλείδι, το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι με την υπόγεια άρδευση επιτυγχάνεται καλύτερη διήθηση του αρδευτικού νερού και υψηλότερη παραγωγικότητα με την μικρότερη δυνατή κατανάλωση.

### **3.5.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:**

Η υπόγεια στάγδην άρδευση παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, τα κυριότερα από τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- η μέγιστη μείωση των απωλειών νερού λόγω της εξάτμισης (40 – 45% στις παραδοσιακές επιφανειακές μεθόδους, 25% στην επιφανειακή στάγδην άρδευση και 5 - 10% στην υπόγεια άρδευση) και των υψηλών ταχυτήτων ανέμου,
- η χρήση αρδευτικού νερού με αυξημένη αλατότητα και η μείωση της συγκέντρωσης των αλάτων έως το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος,
- ο πλήρης αυτοματισμός της άρδευσης βάσει των ημερήσιων αναγκών σε εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας,
- η καλύτερη μεταφορά των υδατοδιαλυτών λιπασμάτων στη ζώνη του ενεργού ριζοστρώματος,
- η μείωση της φθοράς των υλικών άρδευσης εξαιτίας των καιρικών συνθηκών, των καλλιεργητικών πρακτικών και της τοπικής υπέργεια πανίδας,
- η μείωση των αναγκών σε ενέργεια για τη λειτουργία του συστήματος, ειδικότερα με τη χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας,

- η μείωση της εδαφολογικής διάβρωσης ειδικότερα στα επικλινή εδάφη, και
- η μη απαίτηση μετακίνησης του δικτύου πριν τη σπορά

### **3.5.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:**

Εάν και τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι πολλά και σημαντικά παρά ταύτα, εμφανίζει και κάποια μειονεκτήματα, τα συνηθέστερα από τα οποία είναι τα εξής:

- το υψηλό κόστος εγκατάστασης και εξοπλισμού, όταν δεν πραγματοποιείται σωστός σχεδιασμός,
- η απόφραξη των σταλακτήρων από τα φερτά υλικά, &
- η αδυναμία ελέγχου υπόγειου δικτύου

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:**

### **ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:**

#### **4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ:**

Κατά τη διάρκεια του έτους 2012 πραγματοποιήθηκε πείραμα με σκοπό τη διερεύνηση των επιδράσεων της επιφανειακής αυτόματης στάγδην άρδευσης, στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα της ενεργειακής καλλιέργειας του ηλίανθου. Το φυτό του ηλίανθου επιλέχθηκε για τους εξής δύο λόγους:

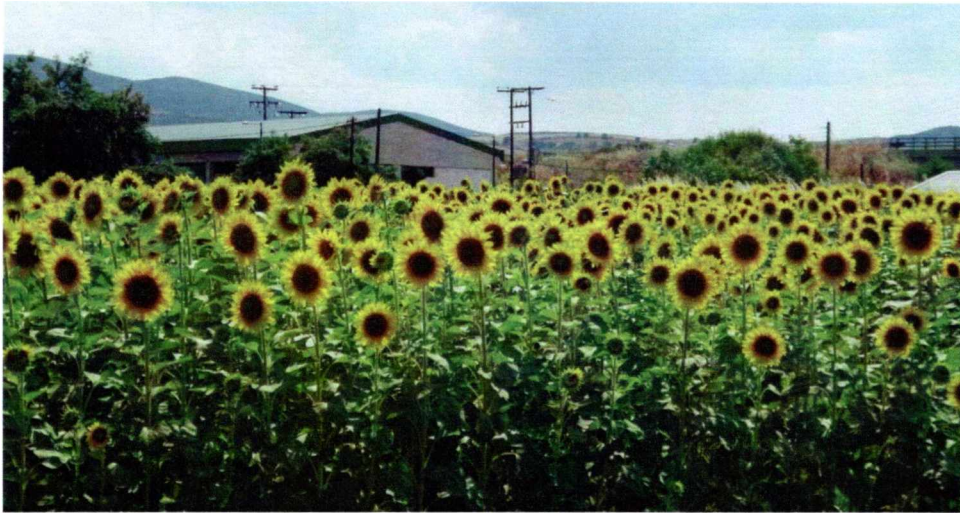
- Αποτελεί μια παραδοσιακή καλλιέργεια, από την οποία παράγεται το γνωστό ηλιέλαιο, αλλά συμπεριλαμβάνεται και στις ενεργειακές καλλιέργειες, καθόσον από αυτό μπορεί να προκύψει βιοντίζελ και στερεά βιοκαύσιμα.
- Οι καλλιεργητικές τεχνικές και ο εξοπλισμός που απαιτούνται είναι όμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια του αραβόσιτου και του σόργου.

Για το σκοπό αυτό σχεδιάστηκαν και εγκαταστάθηκαν συστήματα επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις εδαφικών και κλιματικών παραμέτρων, καθώς και δειγματοληψίες φυτικού υλικού σε πειραματικό αγροτεμάχιο.

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρονται ο σχεδιασμός του πειράματος, οι παράμετροι και οι μεταβλητές που απαιτούνται να μετρηθούν για την αξιολόγηση της άρδευσης, καθώς και οι καλλιεργητικές εργασίες που διενεργήθηκαν. Επιπλέον, περιγράφονται οι πειραματικές διαδικασίες, όπως επίσης και τα συστήματα και οι τεχνικές άρδευσης των πειραματικών τεμαχίων. Τέλος, αναφέρονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας, των εδαφικών παραμέτρων και του υπολογισμού της δόσης άρδευσης.



## 4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΥ:



Εικόνα 4.1: Άποψη του πειραματικού αγρού.

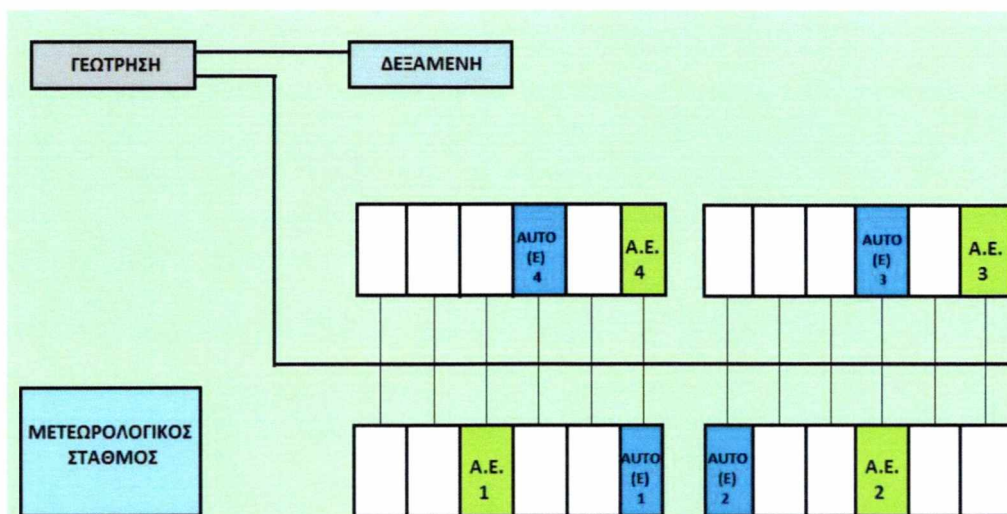
Το πείραμα διεξήχθη σε πειραματικό αγροτεμάχιο, το οποίο ανήκει στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, στην περιοχή του Βελεστίνου. Έχει Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος  $39^{\circ} 23'$ , Ανατολικό Γεωγραφικό Πλάτος  $22^{\circ} 45'$  και 70m υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας. Η συνολική έκταση του πειραματικού αγροτεμαχίου είναι  $2190 \text{ m}^2$  ( $30\text{m} \times 73\text{m}$ ).

## 4.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ:

Η χάραξη του πειραματικού αγροτεμαχίου έλαβε χώρα, μετά την ολοκλήρωση της προετοιμασίας της σποροκλίνης. Η χάραξη του πειραματικού αγροτεμαχίου έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιούνται οι εξής δύο προϋποθέσεις:

- Τα (συνολικά) 24 πειραματικά τεμάχια (plots) να καταλαμβάνουν την ίδια έκταση. Επιπλέον, το εκάστοτε πειραματικό τεμάχιο να απέχει από το γειτονικό 1,20m.
- Τα πειραματικά τεμάχια που επρόκειτο να αρδευτούν με υπόγεια στάγδην άρδευση, έπρεπε να τοποθετηθούν επάνω ακριβώς από τους θαμμένους αγωγούς εφαρμογής. Επιπροσθέτως, η έκταση τους, έπρεπε να είναι τέτοια ώστε κατά τη σπορά, οι γραμμές σποράς να βρίσκονται εκατέρωθεν των υπόγειων σταλακτηφόρων σωλήνων και να ισαπέχουν από αυτούς.

Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε, ήταν Πλήρων Τυχοποιημένων Ομάδων. Περιελάβανε 2 επιφανειακές μεταχειρίσεις. Για κάθε μεταχείριση υπήρχαν 4 επαναλήψεις. Στην Εικόνα 4.1 απεικονίζεται η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων στο πειραματικό αγροτεμάχιο.



Εικόνα 4.2: Άποψη τοποθέτησης των μεταχειρίσεων και των επαναλήψεων στο πειραματικό αγροτεμάχιο.

Το εμβαδόν κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν 50 m<sup>2</sup> και περιελάβανε 6 γραμμές φυτών. Οι μετρήσεις των διαφόρων χαρακτηριστικών του φυτού, όπως ύψος φυτού, χλωρή και ξηρή βιομάζα και δείκτης φυλλικής επιφάνειας (L.A.I.), διενεργούνταν σε φυτά που βρίσκονταν στις δύο μεσαίες γραμμές σποράς που απείχαν μεταξύ τους 80cm. Με αυτό τον τρόπο, αποφεύχθηκε η αλληλεπίδραση με τα γειτονικά πειραματικά τεμάχια.

Οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν ήταν οι εξής:

- Η επιφανειακή στάγδην άρδευση, στην οποία ο προγραμματισμός των αρδεύσεων πραγματοποιείται βάσει του αυτόματου εξατμισομέτρου (ΑΥΤΟ(Ε)).
- Η επιφανειακή στάγδην άρδευση, στην οποία ο προγραμματισμός των αρδεύσεων πραγματοποιείται με τη μέθοδο του απλού εξατμισομέτρου (Α.Ε.).

#### 4.4 ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ:

Το συγκεκριμένο πείραμα εγκαταστάθηκε σε έδαφος καλά στραγγιζόμενο, το οποίο ανήκει στην υπό – ομάδα των Typic Xerorthent. Το έδαφος ταξινομήθηκε στα Entisols, όπως λέγονται. Σε όλο το βάθος της τομής υπερیشύουν τα κλάσματα της άμμου και η κοκκομετρική σύσταση βρίσκεται μεταξύ μέσης έως μετρίως χονδρόκοκκης ή μετρίως λεπτόκοκκης, με υφή πηλώδη έως αμμοπηλώδη ή αργιλοπηλώδη (Μήτσιος κ.α., 2000).

Συνήθως, σε όλο τους το βάθος είναι πλούσια σε ανθρακικά άλατα αυτού του τύπου τα εδάφη, όμως σε επίπεδα κατώτερα των απαγορευτικών για τις καλλιέργειες. Σε αυτού του είδους τα εδάφη, η οργανική ουσία βρίσκεται σε μέτρια έως χαμηλά επίπεδα και με το βάθος μειώνεται ακανόνιστα. Είναι δε, μετρίως αλκαλικά με ΡΗ, του οποίου η τιμή κυμαίνεται μεταξύ 7,7 – 8,1. μέτρια έως υψηλή είναι η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (ΙΑΚ) και σε ικανοποιητικά επίπεδα βρίσκονται τα επιμέρους κατιόντα Να, Mg και Κ. Χαμηλή είναι η διαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων Ζη, Fe και Μη, εν αντιθέσει με αυτή του Cu, η οποία είναι υψηλή. Σε ικανοποιητικά επίπεδα βρίσκεται ο διαθέσιμος Ρ (φώσφορος). Γενικά, το επίπεδο διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων χαρακτηρίζεται ικανοποιητικό, έτσι ώστε να είναι δυνατή η επίτευξη υψηλών αποδόσεων ακόμη και με μηδενική λίπανση (Μήτσιος κ.α., 2000). Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται αναλυτικά οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους του αγρού.

Η κατάσταση της υδρομορφίας των εδαφών αυτού του τύπου, θεωρείται καλή έως άριστη. Παρουσιάζουν μάλιστα, υπερβολική έως άριστη αποστράγγιση. Παράλληλα, το πετρώδες και η μη καλά αναπτυγμένη δομή, δημιουργούν ένα καλό πορώδες. Το πορώδες αυτό, αποτελείται από μία ποικιλία πόρων ως προς το μέγεθος και το σχήμα τους. Κατ' αυτό τον τρόπο, εξασφαλίζεται ικανοποιητικός αερισμός και συγκράτηση νερού στο ριζόστρωμα των φυτών.

Οι υδροδυναμικές παράμετροι του εδάφους, δηλαδή η υδατοϊκανότητα (ΥΔ), το σημείο μόνιμης μάρανσης (ΣΜΜ) και η φαινομενική πυκνότητα του εδάφους, πρέπει να είναι γνωστές ώστε να επιλεχθεί ορθά το εύρος



άρδευσης και για να υπολογιστεί σωστά η πρακτική δόση άρδευσης. Γι' αυτό το λόγο συλλέχθηκαν δείγματα αδιατάρακτου εδάφους από κάθε επανάληψη του πειράματος. Τα δείγματα πάρθηκαν από δύο διαφορετικά βάθη, 0 – 30 cm και 30 – 60 cm, με τη χρήση ειδικού εδαφολήπτη αδιατάρακτου δείγματος, ο οποίος αποτελείται από μεταλλικούς κυλίνδρους 5 cm ύψους και 5 cm διαμέτρου. Γι' αυτό το λόγο, ο συνολικός αριθμός των εδαφικών δειγμάτων είναι 56. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε κατά τρόπο τέτοιο, ώστε κάθε δείγμα να αντιστοιχεί σε μία επανάληψη. Τεθλασμένη γραμμή κατά μήκος του πειραματικού αγροτεμαχίου, ήταν η πορεία που ακολουθήθηκε για τη συλλογή αυτών των δειγμάτων. Ακολουθήθηκε η συγκεκριμένη πορεία συλλογής των δειγμάτων για να μειωθεί στο ελάχιστο η πιθανότητα να μείνει εκτός δειγματοληψίας κάποιο σημείο του αγρού όπου πιθανώς να υπήρχε ανομοιομορφία στο έδαφος (Benjamin, 1992). Ωστόσο, για τη διαδικασία δειγματοληψίας έγινε η παραδοχή ότι η συγκεκριμένη έκταση του αγροκτήματος ήταν ομογενής λόγω της περιορισμένης έκτασης του πειραματικού αγρού αλλά και παλαιότερης εδαφολογικής μελέτης, σύμφωνα με την οποία η έκταση αυτή εντάσσεται σε ευρύτερη εδαφολογική ζώνη του αγροκτήματος (Μήτσιος κ.α., 2000).

Με την εφαρμογή της τεχνικής της σταδιακής αφαίρεσης νερού από αδιατάρακτα δείγματα εδάφους, πραγματοποιήθηκε ο προσδιορισμός της ποσότητας νερού που συγκρατεί το συγκεκριμένο έδαφος στην υδατοϊκανότητα. Ο όρος υδατοϊκανότητα αναφέρεται στην υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ, ομοιόμορφο και καλά στραγγιζόμενο έδαφος μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Ο προσδιορισμός αυτός, στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής και Αρδεύσεων του Π.Θ. γίνεται με τη συσκευή δίσκου πίεσεως. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ένα μικρό δείγμα κορεσμένου εδάφους με νερό τοποθετείται επάνω σε κεραμικό πορώδη δίσκο. Ο δίσκος αυτός είναι κορεσμένος με νερό και καλύπτεται αεροστεγώς με μεταλλικό κάλυμμα. Ο χώρος κάτω από το δίσκο βρίσκεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ενώ στο χώρο που βρίσκεται επάνω από το δίσκο εφαρμόζεται αέρας υπό πίεση. Η συσκευή αυτή ρυθμίζεται κατάλληλα, έτσι ώστε η διαφορά πίεσης, μεταξύ του επάνω και κάτω χώρου από το δίσκο, να ισούται με την



τάση που αντιστοιχεί στην υδατοϊκανότητα του εδάφους που εξετάζεται. Παραμένει για ορισμένο χρόνο το δείγμα στη συσκευή και εν συνεχεία, προσδιορίζεται η υδατοϊκανότητα από τη διαφορά βάρους του δείγματος πριν και μετά την εφαρμογή του αέρα υπό πίεση. Η διάρκεια παραμονής του δείγματος στη συσκευή είναι 24h περίπου, ενώ η πίεση που συνήθως εφαρμόζεται είναι μεταξύ 0,05 – 1,0 atm. Κατά τον ίδιο τρόπο προσδιορίστηκε και η ποσότητα νερού που συγκρατεί το ίδιο έδαφος στο σημείο μόνιμης μάρανσης. Σημείο μόνιμης μάρανσης ονομάζεται η υγρασία που αντιστοιχεί στο υγροσκοπικό νερό, δηλαδή στο νερό που περιλαμβάνεται στους εδαφικούς κόκκους την τύρφη υμενίων. Είναι η υγρασία, η οποία παραμένει στο έδαφος μετά την εφαρμογή της τάσης των 15 atm (Παπαζαφειρίου, 1994).

#### **4.5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ:**

Αρχικά, διενεργήθηκε καλή κατεργασία του εδάφους, έτσι ώστε να είναι ψιλοχωματισμένο και με ομοιόμορφη κλίση. Μάλιστα, η καλή κατεργασία του εδάφους αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή χάραξη των πειραματικών τεμαχίων. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν όλες οι απαιτούμενες καλλιεργητικές εργασίες για την καλλιέργεια αραβόσιτου, αφενός μεν σύμφωνα με την γενική καλλιεργητική πρακτική μειωμένης κατεργασίας και αφετέρου σύμφωνα με τους κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής (Σφήκας 1988, Υπουργική Απόφαση 125347/568/2004 ΦΕΚ 142/Β/29.1.2004).

Επειδή το συγκεκριμένο πείραμα πραγματοποιήθηκε επί τέσσερις συνεχόμενες καλλιεργητικές περιόδους 2011, 2012, 2013 και 2014 (η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή αφορά μόνο τη 2<sup>η</sup> χρονιά) έλαβαν χώρα οι ακόλουθες ενέργειες, πριν τη σπορά της καλλιέργειας του σόργου. Μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας της προηγούμενης καλλιεργητικής περιόδου, με τη χρήση στελεχοκοπτικού μηχανήματος, καταστρέφονταν τα στελέχη της, ενώ τα υπολείμματα της ενσωματώνονταν στο έδαφος. Για την καταστροφή τυχόν χειμερινών ζιζανίων και για την αναμόχλευση του εδάφους, πραγματοποιήθηκε

κατεργασία του εδάφους με βαρύ καλλιεργητή, νωρίς την ερχόμενη άνοιξη. Ελαφριά κατεργασία του εδάφους πραγματοποιήθηκε περίπου ένα μήνα αργότερα, με ελαφρό καλλιεργητή. Στόχος αυτής της ελαφριάς κατεργασίας αποτελούσε ο ψιλοχωματισμός του εδάφους και η καταστροφή τυχόν ανοιξιάτικων ζιζανίων (που είχαν αναπτυχθεί). Για την τελική διαμόρφωση της σποροκλίνης πραγματοποιήθηκε κατεργασία με σβολοκοπτικό μηχάνημα.

Κατόπιν, πραγματοποιήθηκε η σπορά της καλλιέργειας του ηλίανθου. Η σπορά διενεργήθηκε στο τέλος του πρώτου δεκαημέρου του Απριλίου. Για τη σπορά χρησιμοποιήθηκε πνευματική σπαρτική μηχανή τεσσάρων μονάδων. Η ποικιλία που σπάρθηκε ήταν η PR64A63 της PIONEER. Οι αποστάσεις σποράς του ηλίανθου ήταν 0,80m μεταξύ των γραμμών και 0,12m επί των γραμμών. Το βάθος σποράς ήταν 5cm.

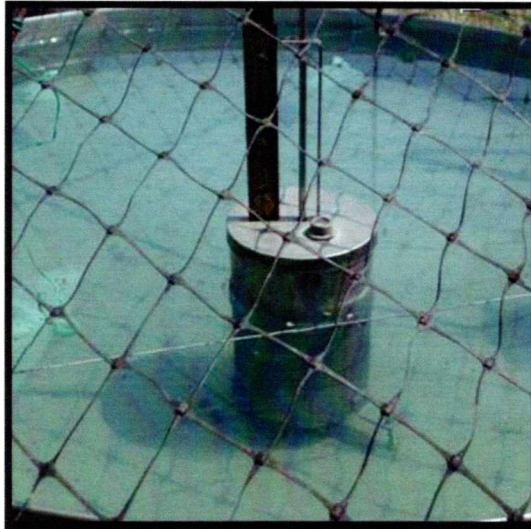
Κατά την καλλιεργητική περίοδο του έτους 2012, αμέσως μετά τη σπορά, πραγματοποιήθηκε χημική ζιζανιοκτονία με εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου STOMP και δόση 350cm<sup>3</sup>/στρ. Ένα εικοσιτετράωρο αργότερα πραγματοποιήθηκε άρδευση με καταιονισμό.

#### **4.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ:**

Οι σταλακτηφόροι ισαπήχαν απόσταση ίση με 1,60m. Η επιλογή της απόστασης αυτής έγινε με γνώμονα την ικανοποίηση των αναγκών άρδευσης των καλλιεργειών που σπέρνονται σε αποστάσεις 0,80m μεταξύ των γραμμών σποράς. Δύο διαδοχικοί αγωγοί εφαρμογής περιελάμβαναν δύο γραμμές φυτών.

Υπήρχαν δύο δεξαμενές νερού, οι οποίες τροφοδοτούσαν τις μεταχειρίσεις του πειράματος και οι οποίες τροφοδοτούνταν από παρακείμενη γεώτρηση, παροχής 35m<sup>3</sup>/h. Επιπλέον, η κεφαλή του συστήματος περιελάμβανε όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για την ορθή εφαρμογή της στάγδην άρδευσης.

#### 4.6.1 ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ:



Εικόνα 4.3: Απλό εξατμισόμετρο στο πειραματικό αγρό.

Τα εξατμισόμετρα τύπου λεκάνης (evaporation pans) είναι τα εξατμισόμετρα με ελεύθερη επιφάνεια και παρέχουν ένα μέτρο της συνδυασμένης επίδρασης που ασκούν ο άνεμος, η θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και η υγρασία του ανέμου στην εξάτμιση από μία συγκεκριμένη ελεύθερη επιφάνεια νερού. Η μέθοδος αυτή, δηλαδή του εξατμισόμετρου τύπου Α, είναι ευρύτατα διαδεδομένη, απλή και εύκολη στην εφαρμογή της.

Η εξάτμιση από ένα εξατμισόμετρο τύπου λεκάνης και από μία καλλιεργούμενη έκταση δεν ταυτίζονται απόλυτα. Οι παράγοντες που διαφοροποιούν τη μία από την άλλη, είναι οι εξής:

- Στο εξατμισόμετρο, η αποθήκευση θερμότητας μπορεί να είναι σημαντική. Ως αποτέλεσμα αυτού, παρατηρείται η ίδια εξάτμιση τόσο την ημέρα, όσο και για τη νύχτα, κάτι που στην πραγματικότητα δεν συμβαίνει στις καλλιέργειες.
- Το ποσοστό ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από μία ελεύθερη επιφάνεια νερού (5 – 7%) είναι μικρότερο από αυτό που ανακλάται από μία καλλιέργεια (20 – 30%). Συνεπώς, περισσότερη διαθέσιμη ενέργεια για εξάτμιση το νερό απ' ότι μια καλλιέργεια.
- Το χρώμα των εσωτερικών και εξωτερικών τοιχωμάτων της συσκευής διαφοροποιεί το ύψος της εξάτμισης.

- Το περιβάλλον, η θέση και ο τρόπος εγκατάστασης του εξατμισόμετρου επηρεάζουν το μέγεθος της εξάτμισης.
- Πιθανότητα ύπαρξης μεταφοράς θερμότητας από ή προς το εξατμισόμετρο μέσω των τοιχωμάτων του, με ανάλογη επίδραση στην εξάτμιση. Στα βυθισμένα εξατμισόμετρα, ο συγκεκριμένος παράγοντας, είναι ιδιαίτερα σημαντικός.

Τα εξατμισόμετρα τύπου λεκάνης πρέπει να σχεδιαστούν και να τοποθετηθούν έτσι ώστε να ελαχιστοποιούν την επίδραση των προαναφερθέντων παραγόντων, για να δώσουν αξιόπιστες εκτιμήσεις των αναγκών των καλλιεργειών. Επιπροσθέτως, οι παράγοντες αυτοί έχουν αμελητέα επίδραση στον προγραμματισμό των αρδεύσεων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι εξατμισόμετρων, αλλά το ευρέως χρησιμοποιούμενο είναι το εξατμισόμετρο τύπου A της Αμερικανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (U.S.W.B. ClassApan). Αντιθέτως, το λιγότερο χρησιμοποιούμενο εξατμισόμετρο, είναι αυτό του Κολοράντο (Coloradosunkenpan). Το εξατμισόμετρο τύπου A είναι μία κυλινδρική λεκάνη και κατασκευάζεται από χοντρή, γαλβανισμένη λαμαρίνα. Τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση έτσι ώστε ο πυθμένας του να είναι απολύτως οριζοντιωμένος και να απέχει από την επιφάνεια του εδάφους 15cm. Εν συνεχεία, το έδαφος υπερυψώνεται κάτω από τη λεκάνη, για να απέχει τελικά 5cm κάτω από το χείλος της. Η στάθμη του νερού κατά τη διάρκεια λειτουργίας της συσκευής δεν πρέπει να πέφτει κάτω από τα 7,5cm από το χείλος της λεκάνης (Παπαζαφειρίου, 1994, Allenetal., 1998, Goodwin, 2000, Smajstrla, 2000). Το εξατμισόμετρο τύπου A είναι εφασδιασμένο με ειδικό δοχείο μέτρησης της στάθμης του νερού στο εσωτερικό του. αυτό το δοχείο είναι κατασκευασμένο από το ίδιο υλικό με αυτό του εξατμισόμετρου και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Ένα σωλήνα (διαμέτρου 100mm και μήκους 230mm) με 4 ισαπέχουσες μεταξύ τους τρύπες (διαμέτρου 9mm), για να μην επηρεάζεται η στάθμη μέσα στη λεκάνη.
- Ένα καπάκι για το σφράγισμα του σωλήνα. Έτσι, προστατεύεται το νερό μέσα στο δοχείο μέτρησης από την επίδραση των κλιματικών παραμέτρων. Στο κέντρο του φέρει οπή (5mm) και στην επάνω πλευρά του είναι μόνιμα εγκατεστημένο υποδεκάμετρο.



- Μία ειδική φλάντζα (100mm διαμέτρου, κατασκευασμένη από πολυβινυλοχλωρίδιο), ώστε το δοχείο μέτρησης να κλείνει αεροστεγώς.
- Μία κολώνα επάνω στην οποία προσαρμόζεται και κινείται κατά μήκος της, η ακίδα μέτρησης της στάθμης νερού. Η κολώνα αυτή είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο ατσάλι, ύψους 170mm και διαμέτρου 5mm.
- Μία ακίδα μέτρησης της στάθμης. Η συγκεκριμένη ακίδα είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να κινείται ελεύθερα κατά μήκος της μεταλλικής κολώνας.
- Ένα πλωτήρα στον οποίο είναι προσαρμοσμένη η ακίδα μέτρησης της στάθμης νερού (Goodwin, 2000).

#### 4.6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΞΑΤΜΙΣΗΜΕΤΡΟΥ:



Εικόνα 4.4: Αισθητήρας βάθους νερού.

Μια από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς ΕΤο είναι μέσω των μετρήσεων εξατμίσης από εξατμισήμετρο Epan και τη χρήση ειδικών συντελεστών εξατμισήμετρου  $k_p$ , οι οποίοι εξαρτώνται και από τη φύση του περιβάλλοντος χώρου στο οποίο είναι τοποθετημένο (πράσινη επιφάνεια ή γυμνό έδαφος) (Allen et al., 1998; Παπαζαφειρίου, 1999). Στην περίπτωση που είναι τοποθετημένο πάνω από την επιφάνεια του εδάφους καλείται “Class A pan” και στην περίπτωση που είναι βυθισμένο στο έδαφος καλείται “Sunkenpan” (Allen et al., 1998).

Η γενική εξίσωση της μεθόδου είναι η εξής:

$$ET_o = K_p * E_{pan}$$

όπου  $E_{pan}$ : η καταγεγραμμένη εξάτμιση από το εξατμισήμετρο (mm day/1 ) και  $k_p$ : ο συντελεστής του εξατμισήμετρου.

Σύμφωνα με τους Allen et al. (1998), η διακύμανση του συντελεστή  $k_p$  είναι αντιστρόφως ανάλογη με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου και ανάλογη με τη σχετική υγρασία. Όσον αφορά τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου, στην περίπτωση που είναι τοποθετημένο σε πράσινη επιφάνεια ή είναι βυθισμένο στο έδαφος "Sunkenpan" οι τιμές του  $k_p$  είναι μεγαλύτερες σε σχέση με το γυμνό έδαφος ή όταν είναι πάνω από το έδαφος "Class A pan". Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία το εύρος των τιμών του  $k_p$  είναι περίπου από 0.3 έως 1.1.

Στην περίπτωση του αυτόματου εξατμισιμέτρου χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας βάθους νερού, ο WL1, ο οποίος τοποθετείται στο διάτρητο σωλήνα της λεκάνης του απλού εξατμισιμέτρου. Η διαφορά της μεθόδου αυτής από την ευρέως γνωστή μέθοδο του απλού εξατμισιμέτρου, έγκειται στο γεγονός ότι δεν απαιτείται η φυσική παρουσία του παραγωγού/ερευνητή για την λήψη της ημερήσιας ένδειξης του εξατμισιμέτρου, καθώς αυτή λαμβάνεται απευθείας από τον αισθητήρα στον καταγραφέα δεδομένων.

#### **4.6.3 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ:**

Σε κάθε άρδευση ελέγχονταν και καταγράφονταν η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού άρδευσης, μέσω υδρομετρητών. Για κάθε μεταχείριση και στις τέσσερις επαναλήψεις χρησιμοποιήθηκε και ένας υδρομετρητής. Η καταγραφή των ποσοτήτων νερού που εφαρμόζονταν, γίνονταν πριν και μετά το τέλος κάθε άρδευσης.



Εικόνα 4.5: Υδρόμετρο.

Με τακτικό έλεγχο των υδρομετρητών εξασφαλίστηκε η έγκαιρη διαπίστωση και αποκατάσταση τυχόν δυσλειτουργιών ή αστοχίας του συστήματος. Έτσι, κατέστη δυνατός ο έλεγχος της ομοιομορφίας εφαρμογής του νερού άρδευσης και των τυχόν αποκλίσεων από την επιθυμητή δόση άρδευσης.

#### **4.6.4 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:**

Τόσο η ανάπτυξη, όσο και η παραγωγικότητα των φυτών του σόργου επηρεάζονται σημαντικά από τις κλιματολογικές παραμέτρους. Από τις κλιματολογικές παραμέτρους οι σημαντικότερες είναι:

- η θερμοκρασία,
- η ηλιακή ακτινοβολία,
- η υγρασία,
- η ταχύτητα του ανέμου &
- η βροχόπτωση.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα καταγράφονταν από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής και Αρδεύσεων. Ο μετεωρολογικός αυτός σταθμός είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και απέχει από το μέσον του πειραματικού αγροτεμαχίου, μόλις 50m. Καταγράφηκαν δεδομένα που αφορούσαν τις ημερήσιες τιμές της σχετικής υγρασίας, της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης, της ηλιακής



ακτινοβολίας και της ταχύτητας του ανέμου. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν ανά ώρα. Η καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιούνταν σε ειδικό καταγραφέα (data logger). Η δε εξαγωγή τους από το σταθμό, πραγματοποιούνταν με φορητό Η/Υ, ο οποίος ήταν εφοδιασμένος με το λογισμικό Metwin version 2.00.

#### **4.7 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ:**

##### **4.7.1 ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ:**

Ο Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας ή Leaf Area Index (L.A.I.), είναι μια αδιάστατη παράμετρος του φυλλώματος των φυτών. Ως δείκτης φυλλικής επιφάνειας ορίζεται ο λόγος της φυλλικής επιφάνειας, ανά μονάδα επιφάνειας του εδάφους.



Εικόνα 4.6: Σύστημα μέτρησης του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (L.A.I.).

Οι μέθοδοι μέτρησης του L.A.I. διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες (Breda, 2003). Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκε το σύστημα SunScan canopy analysis της Delta – T Devices Ltd, που ανήκει στις έμμεσες μεθόδους. Το σύστημα αυτό, μετρά την φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία μήκους κύματος 400 – 700 nm, επάνω και κάτω από το φύλλωμα της καλλιέργειας του σόργου. Το L.A.I. υπολογίζεται βάσει του νόμου του Beer, από την φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία. Οι



μετρήσεις του L.A.I. πρέπει να λαμβάνονται κατά τις μεσημβρινές ώρες, όταν δηλαδή η γωνία κλίσης του ήλιου έχει μικρές τιμές.

Από τρία λειτουργικά μέρη αποτελείται το σύστημα SunScananalysis. Τα μέρη αυτά, είναι τα ακόλουθα:

- Ο ανιχνευτής SunScan.
- Ο αισθητήρας BeamFractionSensor (BFS).
- Η συσκευή συλλογής δεδομένων, η οποία και περιλαμβάνει το λογισμικό εφαρμογής.

Ο ανιχνευτής SunScan είναι φορητός, μήκους 1,5m και μετρά τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία, κάτω από το φύλλωμα των φυτών του σόργου. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα με τον αισθητήρα BFS ή ανεξάρτητα από αυτόν. Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται μαζί, τα δεδομένα που λαμβάνονται αφορούν το ποσοστό της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας που απορροφάται από τη φυλλική επιφάνεια του φυτού εν συγκρίσει με αυτή που φτάνει επάνω από αυτή. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες χρησιμοποιείται μόνο ο ανιχνευτής SunScan, υπολογίζεται η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος και από αυτή το L.A.I.

Η συσκευή συλλογής των δεδομένων αποτελείται από τον μικροεπεξεργαστή, ο οποίος καταγράφει τις μετρήσεις του ανιχνευτή SunScan και του αισθητήρα BFS και υπολογίζει αυτόματα την τιμή του L.A.I. Πλεονέκτημα του συγκεκριμένου συστήματος έναντι των υπολοίπων αποτελεί η δυνατότητα λήψης μετρήσεων ακόμα και από συνθήκες συνεχούς ή παροδικής νέφωσης του ουρανού ενώ τα υπόλοιπα συστήματα απαιτούν σταθερές συνθήκες του ουρανού για μεγάλο χρονικό διάστημα της ημέρας (Wilhelm et al., 2000).

Κάθε εβδομάδα πραγματοποιούνταν μετρήσεις του L.A.I. και συνολικά ελήφθησαν 18 μετρήσεις. Η επιλογή να πραγματοποιούνται οι μετρήσεις του L.A.I. κάθε εβδομάδα βασίστηκε στην θεωρία της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή απαιτούνται 15 τουλάχιστον μετρήσεις από κάθε εξεταζόμενη μεταβλητή. Εφαρμόσθηκε, μάλιστα, για την εξαγωγή μοντέλου πρόβλεψης του L.A.I. από ανεξάρτητες παραμέτρους. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν στο ίδιο σημείο της κάθε επανάληψης, το οποίο είχε έκταση  $2\text{m}^2$ , ίση δηλαδή με το μήκος (2,5m) επί το πλάτος του εδάφους που εκμεταλλεύονταν τα φυτά στη συγκεκριμένη γραμμή σποράς (0,8m). Κατά την πρώτη μέτρηση καθορίστηκε η θέση αυτή, με γνώμονα την ομοιομορφία ανάπτυξης των φυτών στις δύο μεσαίες γραμμές σποράς έτσι ώστε να μειώνεται στο ελάχιστο η αλληλεπίδραση

με γειτονικά πειραματικά τεμάχια. Λαμβάνονταν 4 μετρήσεις σε κάθε σημείο μέτρησης, παράλληλα προς τις γραμμές σποράς, δύο μετρήσεις εκατέρωθεν της γραμμής σποράς. Ο μέσος όρος των τιμών αυτών καταγράφονταν ως το L.A.I. του συγκεκριμένου πειραματικού τεμαχίου.

#### **4.7.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΎΨΟΥΣ:**

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, ελήφθησαν μετρήσεις ύψους του κεντρικού στελέχους του φυτού. Αυτές οι μετρήσεις λαμβάνονταν κάθε εβδομάδα από το ίδιο σημείο, από το οποίο λαμβάνονταν και οι μετρήσεις L.A.I. και από το σύνολο των φυτών που υπήρχαν στο 1m<sup>2</sup>. Όπως και στην περίπτωση των μετρήσεων L.A.I., έτσι και σε αυτή την περίπτωση καθορίστηκε το πλήθος των μετρήσεων, με τη διαφορά ότι η εναρκτήρια μέτρηση ύψους πραγματοποιούνταν περίπου ένα μήνα πριν την αντίστοιχη εναρκτήρια μέτρηση του L.A.I.

#### **4.7.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ:**

Οι μετρήσεις χλωρής και ξηρής βιομάζας πραγματοποιούνταν σε μεμονωμένα φυτά που επιλέγονταν τυχαία από τις μεσαίες γραμμές σποράς. Το πλήθος των μετρήσεων καθορίστηκε βάσει της θεωρίας της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Είχε ληφθεί μέριμνα, ώστε κάθε φορά που η τυχαιοποίηση οδηγούσε σε επιλογή φυτού από την έκταση στην οποία πραγματοποιούνταν μετρήσεις L.A.I. και ύψους φυτών να απορρίπτονται και να επαναλαμβάνεται η διαδικασία έως ότου επιλεγεί φυτό εκτός της συγκεκριμένης έκτασης. Αυτή η προσέγγιση, έγινε για να μην αλλοιωθεί η πυκνότητα των φυτών και επομένως για να μην αλλοιωθούν οι μετρήσεις L.A.I. και ο μέσος όρος ύψους φυτών.

Τα φυτά του σόργου, μετά τη δειγματοληψία, διαχωρίζονταν σε 3 μέρη, δηλαδή, τα φύλλα, το στέλεχος και την ταξιανθία. Χωριστά, τα μέρη αυτά ζυγίζονταν και από το άθροισμα των επιμέρους βαρών, υπολογίζονταν το συνολικό βάρος του φυτού, το οποίο και ανάγονταν σε παραγωγή χλωρής βιομάζας ανά στρέμμα. Έπειτα, τα μέρη του φυτού ξηραίνονταν σε πυριαντήριο στους 105°C, μέχρι

σταθεροποίησε τους βάρους τους για τον προσδιορισμό της ξηρής φυτικής βιομάζας (Hunsaker et al., 1998, Tognetti et al., 2003).

## **4.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΟΣΕΩΝ:**

### **4.8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ:**

Ο εφοδιασμός της εκάστοτε καλλιέργειας με το απαραίτητο νερό, για την κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της απόδοσής τους, σε συνδυασμό με την παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων αποτελεί τον αντικειμενικό σκοπό των αρδεύσεων. Για το σωστό προγραμματισμό και εφαρμογή των αρδεύσεων απολύτως απαραίτητη είναι η ποσοτική εκτίμηση της αναγκαίας ποσότητας νερού για την ανάπτυξη των φυτών.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής και ο προγραμματισμός των αρδεύσεων. Βάσει της μεθόδου του φυτικού συντελεστή πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας του σόργου. Για τη διενέργεια της μεθόδου αυτής, απαραίτητη είναι η γνώση τόσο του φυτικού συντελεστή της καλλιέργειας (σε κάθε στάδιο ανάπτυξης του φυτού), όσο και της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ETo). Επιπλέον, υπόψη πρέπει να λαμβάνονται η ωφέλιμη εδαφική υγρασία, η διαθέσιμη υγρασία εδάφους και το κλάσμα αυτής, καθώς και η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους. Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι, ο υπολογισμός της δόσης άρδευσης ολοκληρώνεται σε τρία στάδια. Τα στάδια αυτά είναι τα εξής:

- Αρχικά, υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ETo).
- Μέσω του φυτικού συντελεστή και της ETo, υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ETc).
- Σύμφωνα με τις πραγματικές συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας στον αγρό, υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας.

#### 4.8.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ:

Η εξατμισοδιαπνοή είναι η ποσότητα του νερού που απομακρύνεται από το καλλιεργούμενο έδαφος με τις διαδικασίες της εξάτμισης και της διαπνοής. Αυτές οι δύο διαδικασίες συμβάλλουν σε διαφορετικό ποσοστό στη διαμόρφωση της εξατμισοδιαπνοής, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Όταν η καλλιέργεια βρίσκεται στο αρχικό στάδιο ανάπτυξης, το έδαφος καλύπτεται σε μικρό ποσοστό από το φύλλωμα της και συνεπώς το μεγαλύτερο μέρος της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από την εξάτμιση. Όσο η καλλιέργεια αναπτύσσεται, τόσο το έδαφος καλύπτεται όλο και περισσότερο από το φύλλωμα της καλλιέργειας και επομένως το μεγαλύτερο μέρος της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από τη διαπνοή της καλλιέργειας, ενώ η εξάτμιση περιορίζεται.

Συμπερασματικά, λοιπόν, την περίοδο αμέσως μετά τη σπορά, το 100% της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται αποκλειστικά και μόνο από την εξάτμιση. Αντιθέτως, όταν η φυτοκάλυψη είναι μέγιστη (100%), ποσοστό τουλάχιστον 90% της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από την διαπνοή. Επιπροσθέτως, μακροχρόνιες έρευνες οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι, όταν το ποσοστό κάλυψης του εδάφους είναι 50 – 60%, ελάχιστα διαφέρει η εξατμισοδιαπνοή από την αντίστοιχη τιμή της όταν η φυτοκάλυψη είναι 100%.

Επιπλέον, η ποσότητα νερού που καταναλώνεται από μία καλλιέργεια η οποία αναπτύσσεται σε πραγματικές συνθήκες αγρού, αποτελεί την πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>a</sub>). Η ET<sub>c</sub> αποτελεί το επάνω όριο της ET<sub>a</sub> και στην σπάνια περίπτωση κατά την οποία η καλλιέργεια αναπτύσσεται σε ιδανικές συνθήκες ισχύει η ET<sub>c</sub> = ET<sub>a</sub>. Επιπροσθέτως, τη δόση άρδευση αποτελούν οι ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας. Ως εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ή βασική εξατμισοδιαπνοή (ET<sub>o</sub>) ορίζεται η εξατμισοδιαπνοή από μία καλλιέργεια αναφοράς ή βάσης, που αναπτύσσεται δυναμικά κάτω από συνθήκες πλήρους επάρκειας νερού. η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς είναι αυτή που εκφράζει την επίδραση του κλίματος στην ET<sub>c</sub>.



#### 4.8.3 ΕΞΑΤΜΙΣΗ (Ε):

Υπό μορφή υδρατμών, μια ποσότητα νερού απομακρύνεται από ανοιχτές υδατικές επιφάνειες, κατά τη διάρκεια της ημέρας. Απομακρύνεται νερό, με την ίδια διαδικασία, και από την επιφάνεια του εδάφους και από υγρές επιφάνειες των φυτών, όπως τα φύλλα και οι βλαστοί. Εξάτμιση (Ε) ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία το νερό μεταπίπτει από την υγρή στην αέρια φάση (Brouwer et al., 1986, Allen et al., 1998). Για την μετάπτωση του νερού από την υγρή φάση στην αέρια, απαιτείται ενέργεια. Πηγή αυτής της ενέργειας αποτελούν:

- η άμεση ηλιακή ακτινοβολία (κυρίως),
- η θερμοκρασία, &
- η ταχύτητα ανέμου.

Το φαινόμενο της εξάτμισης παρατηρείται όταν υπάρχει διαφορά στην πίεση υδρατμών μεταξύ μιας επιφάνειας και της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας. Αυτή η διαφορά όταν είναι μεγάλη, τότε η εξάτμιση είναι έντονη. Αντιθέτως, όταν η περιβάλλουσα την συγκεκριμένη επιφάνεια ατμόσφαιρα τείνει να κορεστεί σε υδρατμούς, η εξάτμιση εξασθενεί ή παύει να υφίσταται. Από την ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί, εξαρτάται η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί να χωρέσει σε ένα συγκεκριμένο όγκο αέρα. Άρα, η εξάτμιση εξαρτάται από:

- την ταχύτητα του ανέμου,
- τη θερμοκρασία του αέρα,
- την υγρασία της ατμόσφαιρας, &
- την ηλιακή ακτινοβολία.

Η εξάτμιση, κατά τις περιπτώσεις καλλιεργούμενων εκτάσεων, εξαρτάται από:

- το φύλλωμα της καλλιέργειας,
- την διαθέσιμη υγρασία στην επιφάνεια του εδάφους, &
- το ποσοστό σκίασης της επιφάνειας του εδάφους.

Στην ενίσχυση του φαινομένου της εξάτμισης συμβάλουν οι συχνές βροχοπτώσεις ή/ & οι συχνές αρδεύσεις, καθώς και η συμβολή του υπόγειου νερού. Το φαινόμενο της εξάτμισης εξασθενεί όταν οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες, το εύρος της άρδευσης μεγάλο και η συμβολή του υπόγειου νερού μηδενική. Τελειώνοντας, όταν επικρατούν

τελείως ξηρικές συνθήκες (παντελής απουσία βροχοπτώσεων, άρδευσης) η περιεχόμενη υγρασία εδάφους μειώνεται ταχύτατα και η εξάτμιση μηδενίζεται εντός λίγων ημερών (Allen et al., 1998).

#### **4.8.4 ΔΙΑΠΝΟΗ (Τ):**

Με τον όρο διαπνοή καλείται η διαδικασία απώλειας των υδρατμών από τα φύλλα των φυτών. Η διαπνοή επηρεάζει την ποσότητα του νερού, η οποία θα κινηθεί μέσω του φυτού.

Από την διαθέσιμη ενέργεια, τον άνεμο και την ποσότητα υδρατμών στην περιβάλλουσα το φύλλο ατμόσφαιρα, εξαρτάται και η διαπνοή, όπως άλλωστε η εξάτμιση. Η ατμοσφαιρική υγρασία και η ηλιακή ακτινοβολία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη του φαινομένου της διαπνοής. Επιπλέον, παράμετροι που επηρεάζουν την διαπνοή είναι η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους στο βάθος του ριζοστρώματος, η αλατότητα του νερού και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Επίσης, το ρυθμό διαπνοής επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του περιβάλλοντος και οι καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται σε κάθε περιοχή. Τέλος όταν γίνεται αναφορά στο φαινόμενο της διαπνοής θα πρέπει να συνυπολογίζονται ο τύπος της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης της, το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται εγκατεστημένη και η γενικότερη διαχείριση της (Allen et al., 1998).

#### **4.8.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ:**

Με διαδικασίες, βασιζόμενες στις κλιματικές παραμέτρους, διενεργείται ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (E<sub>Το</sub>). Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον αριθμό και το είδος των κλιματικών παραμέτρων που χρησιμοποιούν, καθώς και με τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους. η συνδυασμένη μέθοδος Penman – Monteith κατά FAO μαζί με την τροποποιημένη μέθοδο Penman,

χρησιμοποιείται ευρύτατα και είναι μία από τις μεθόδους αυτές. Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν είναι αυτή των Blaney – Criddle και η τροποποιημένη Blaney – Criddle (Παπαζαφειρίου, 1997).

Η συνδυασμένη μέθοδος Penman – Monteith κατά FAO και η τροποποιημένη μέθοδος Penman υπολογίζουν με μεγάλη ακρίβεια της ΕΤο και απαιτούν γνώση πολλών παραμέτρων. Αντιθέτως, η μέθοδος Blaney – Criddle, καθώς και η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney – Criddle είναι λιγότερο ακριβείς. Το σύνολο των πληροφοριών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των μεθόδων Penman – Monteith κατά FAO και για την τροποποιημένη μέθοδο Penman, είναι εξαιρετικά δύσκολο να συγκεντρωθεί σε συνθήκες καθημερινής γεωργικής πρακτικής. Επιπλέον, το κόστος εφαρμογής τους είναι δεκαπλάσιο από το αντίστοιχο κόστος της μεθόδου του εξατμισόμετρου τύπου A, τόσο για έναν μεμονωμένο παραγωγό, όσο και για μια ομάδα παραγωγών. Από την άλλη απαιτούνται ειδικές γνώσεις και πολύπλοκοι υπολογισμοί για την εφαρμογή τους γεγονός που τις καθιστά χρονοβόρες γιατί πρέπει να αφιερωθεί διπλάσιος χρόνος στους υπολογισμούς (Stanhill, 2002). Στην συγκεκριμένη διατριβή, ο υπολογισμός της ΕΤο πραγματοποιήθηκε με τη του εξατμισόμετρου τύπου A, καθώς η εφαρμογή των προαναφερθέντων μεθόδων καθιστάται δυσχερής από τους παραγωγούς, οι οποίοι ενδιαφέρονται για μία μέθοδο προσδιορισμού των αναγκών των καλλιεργειών τους σε νερό, η οποία θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- να είναι εύκολη στο χειρισμό,
- να έχει μεγάλη ακρίβεια,
- να απαιτεί τους λιγότερους δυνατούς υπολογισμούς, και
- το κόστος εγκατάστασης να κυμαίνεται σε λογικά πλαίσια.

#### **4.8.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤ<sub>c</sub>:**

Στο σημείο αυτό, καιρός είναι να περιγραφεί η διαδικασία υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (ΕΤ<sub>c</sub>) υπό κανονικές συνθήκες. Οι κανονικές συνθήκες αναφέρονται σε καλλιέργειες, οι οποίες αναπτύσσονται σε άριστες αγρονομικές συνθήκες και σε συνθήκες επαρκούς υγρασίας εδάφους. Πλήρη άρδευση δέχθηκε τόσο η

μεταχείριση A100, όσο και η E100. Επιπλέον, διατηρήθηκε η καλλιέργεια σε άριστη κατάσταση, αφού παρέμεινε απαλλαγμένη από μυκητολογικές και εντομολογικές προσβολές. Συνεπώς, στο συγκεκριμένο πείραμα ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις υπολογισμού της ETc. Οι μέθοδοι υπολογισμού της ETc είναι οι εξής δύο:

- ο η μέθοδος φυτικού συντελεστή, &
- ο η μέθοδος του άμεσου υπολογισμού.

Κατά τη μέθοδο του φυτικού συντελεστή, η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας διαφέρει από την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς. Το γεγονός αυτό αποτελεί συνέπεια των διαφορών που παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά της, μορφολογικά και φυσιολογικά, από αυτά της καλλιέργειας αναφοράς. Η διαφοροποίηση της ETc από την ETοεκφράζεται από το φυτικό συντελεστή Kc κατά τρόπο που να διαμορφώνεται η γενική σχέση:

$$ETc = Kc \cdot ETο$$

Όπου: ETc είναι η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (mm/d),

Kc είναι ο φυτικός συντελεστής (αδιάστατος) και

ETο είναι η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm/d).

Οι φυτικοί συντελεστές προσδιορίζονται πειραματικά, διαφέρουν από καλλιέργεια σε καλλιέργεια αλλά και για την ίδια καλλιέργεια διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου (Παπαζαφειρίου, 1997, Allen et al., 1998).

Σύμφωνα με τη μέθοδο του άμεσου υπολογισμού, η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας μπορεί να μετρηθεί στον αγρό από μετρήσεις της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας με την εφαρμογή αισθητήρων μέτρησης εδαφικής υγρασίας και με λυσίμετρα. Η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι αυτή των διαδοχικών δειγματοληψιών, του υδατικού ισοζυγίου και η μέθοδος του λυσίμετρου (Παπαζαφειρίου, 1997). Στο παρόν πείραμα, χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας μέτρησης υγρασίας εδάφους, η λειτουργία του οποίου βασίζεται στην αρχή της δημιουργίας και διάδοσης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου γύρω από τα ηλεκτρόδια. Ο



συγκεκριμένος αισθητήρας αποτελούσε μέρος του ευφυούς συστήματος άρδευσης και σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας διατριβής αναφέρθηκαν τα χαρακτηριστικά του.

#### 4.8.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΣΗΣ ΆΡΔΕΥΣΗΣ:

Στη συγκεκριμένη διατριβή, χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό φύλλο MsExcel για τον υπολογισμό της ETc και κατ' επέκταση και της δόσης άρδευσης. Ο υπολογισμός αυτός πραγματοποιήθηκε σε 4 στάδια, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ETo) πραγματοποιείται με τη χρήση του εξατμισόμετρου τύπου A.
- Καθορισμός των σταδίων ανάπτυξης της καλλιέργειας.
- Υπολογισμός του απλού φυτικού συντελεστή ή λήψη του από πίνακα.
- Υπολογισμός της ETo με την εξίσωση  $ETc = Kc \cdot ETo$ .

Αρκετές φορές στην παρούσα διατριβή έχει αναφερθεί ότι η ETc εκφράζει τις απώλειες μιας καλλιέργειας σε νερό. Συνεπώς θα πρέπει η αρδευτική δόση να ισούται τουλάχιστον με τις απώλειες αυτές. Παρά ταύτα, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η συνολική ποσότητα νερού που θα εφαρμόζεται στον αγρό, να καλύπτει τις διάφορες απώλειες. Χρησιμοποιώντας τον όρο «απώλειες» αναφερόμαστε:

- στις πραγματικές απώλειες του αρδευτικού συστήματος,
- στην ποσότητα του νερού, η οποία προορίζεται για την έκπλυση των αλάτων, &
- σε μία επιπλέον ποσότητα νερού από πιθανά σφάλματα μέτρησης της εξάτμισης από το εξατμισόμετρο τύπου A, εξαιτίας της σκίασης που προκαλούνταν από το προστατευτικό δίχτυ που σκέπαζε τη λεκάνη του. Το προστατευτικό δίχτυ χρησιμοποιήθηκε για την αποφυγή της καθόδου των πτηνών και την αφαίρεση από αυτή νερού.

Αυτές οι απώλειες, συνολικά, ενσωματώθηκαν σε ένα συντελεστή 0,09. Αυτός ο συντελεστής ενσωματώθηκε στον συντελεστή εξατμισόμετρου (Kpan), ο οποίος διαμορφώθηκε στην τιμή 0,77. Για την ακρίβεια, η πραγματική τιμή του Kpan είναι 0,68, όπως προκύπτει από μετρήσεις που διενεργήθηκαν στην περιοχή του Βελεσίνου. Οπότε, η δόση

άρδευσης για τις μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν πλήρως υπολογίστηκε από τη σχέση :  $D_n = [(K_{ran}+0,04)*E_{ran}*K_c-P_e]/E_d$ ,  
(6.12)

όπου :

$D_n$  = η δόση άρδευσης για τις πλήρως αρδευόμενες μεταχειρίσεις E100 και Y100 (mm),

$E_d$  = ο βαθμός απόδοσης του συστήματος στάγδην άρδευσης (0,95),

$K_{ran}$  = ο συντελεστής εξατμισίμετρου (αδιάστατος),

$E_{ran}$  = η ημερήσια εξατμηση από το εξατμισίμετρο τύπου A (mm),

$K_c$  = ο φυτικός συντελεστής (αδιάστατος), &

$P_e$  = η ωφέλιμη βροχόπτωση (mm).

Η διάρκεια της στάγδην άρδευσης υπολογίζεται, γνωρίζοντας το ωριαίο ύψος βροχής που εφαρμόζεται από το αρδευτικό σύστημα που χρησιμοποιείται. Για τον υπολογισμό του ωριαίου ύψους βροχής πρέπει απαραίτητως να είναι γνωστά τα εξής χαρακτηριστικά του συστήματος στάγδην άρδευσης:

- ο αριθμός σταλακτήρων ανά φυτό (αδιάστατος),
- η παροχή κάθε σταλάκτη (L/h), &
- η ισαποχή των σταλακτήρων επί του σταλακτηφόρου σωλήνα (m).

Εκτός των προαναφερθέντων στοιχείων, απαραίτητη είναι και η γνώση των αποστάσεων σποράς ή φύτευσης, καθώς και η πυκνότητα φύτευσης, δηλαδή ο αριθμός των φυτών επί της γραμμής σποράς. Οπότε, όταν είναι γνωστές οι παραπάνω παράμετροι, η διάρκεια άρδευσης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$t = D_n/D_h, \quad (6.13)$$

όπου:

$t$  = η διάρκεια άρδευσης (h),

$D_n$  = η δόση άρδευσης (mm), &

$D_h$  = το ωριαίο ύψος βροχής (mm/h),

ενώ, το ωριαίο ύψος βροχής από τη σχέση:  $D_n = (q \cdot n) / (St \cdot Sr)$ , (6.14)

όπου:

$q$  = η παροχή του σταλάκτη (L/h),

$n$  = ο αριθμός σταλακτών ανά δύο γραμμές φυτών, δηλαδή  $n = St / (2 \cdot Se)$ , (6.15)

$St$  = η ισαποχή των φυτών επί της γραμμής σποράς ή φύτευσης (m),

$Sr$  = η ισαποχή των γραμμών σποράς ή φύτευσης (m), &

$Se$  = η ισαποχή των σταλακτών επί του σταλακτηφόρου σωλήνα (αδιάστατος).

Βάσει της πρακτικής της υψηλής συχνότητας άρδευσης καθορίστηκε ο αριθμός των αρδεύσεων και σύμφωνα με τη συγκεκριμένη πρακτική, το εύρος άρδευσης ήταν δύο ημέρες. Η συχνή στάγδην άρδευση (1 – 3 αρδεύσεις ανά εβδομάδα) δεν επηρέασαν την παραγωγή καρποδοτικού σόργου (Ravelo et al., 1977, Faciand Fereres, 1980). Η συχνή άρδευση (εύρος άρδευσης 3,5 ημέρες) με συστήματα άρδευσης υψηλής ακριβείας τα οποία εφαρμόζουν το νερό άρδευσης υπό χαμηλή πίεση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής καρποδοτικού σόργου (Bordovsky and Lyle, 1996) ενώ σε καλλιέργεια τομάτας η συχνή υπόγεια στάγδην άρδευση είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής (Phene et al., 1987).

#### **4.8.8 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΡΟΥΣ ΆΡΔΕΥΣΗΣ:**

Έπρεπε να διενεργηθεί έλεγχος του εύρους άρδευσης για την ελαχιστοποίηση του πιθανού σφάλματος να μεσολαβεί, δηλαδή, μεγάλος αριθμός ημερών μεταξύ των αρδεύσεων με το ευφυές σύστημα. Με τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης, για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου, δηλαδή τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος. Η πρακτική δόση άρδευσης δεν έπρεπε να υπερβαίνει την αθροιστική ημερήσια

εξατμισοδιαπνοή μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων. Οι παράμετροι που ακολουθούν πρέπει να είναι γνωστές για να υπολογισθεί η πρακτική δόση άρδευσης:

- Σημείο Μόνιμης Μάρανσης (PWP),
- Υδατοϊκανότητα εδάφους (FC),
- Βάθος Ριζοστρώματος (RD) για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου,
- Ποσοστό Διαβροχής Εδάφους (P),
- Συντελεστής Εξάντλησης Υγρασίας (F),
- Αποστάσεις σποράς ή φύτευσης (Sr),
- Αποστάσεις φυτών επί της γραμμής σποράς ή φύτευσης (St),
- Χαρακτηριστικά Αρδευτικού Συστήματος όπως  $q$ ,  $n$ ,  $E_d$  (βαθμός απόδοσης συστήματος),  $S_e$  (ισαποχήσταλακτών επί του αγωγού εφαρμογής),
- Μέση Ημερήσια Εξατμισοδιαπνοή (ETd) για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου από τα δεδομένα προηγούμενων ετών του μετεωρολογικού σταθμού του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής.

#### 4.8.9 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Όταν η βροχόπτωση δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες μιας καλλιέργειας σε νερό (απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής) είναι απαραίτητη η άρδευση. Η έγκαιρη εφαρμογή άρδευσης αποτελεί τον πρωταρχικό στόχο της άρδευσης, καθώς επίσης και η δόση άρδευσης να είναι αυτή που απαιτείται κάθε φορά. Το πρόγραμμα στάγδην άρδευσης για κάθε μεταχείριση, σχεδιάστηκε σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τέλη Ιουνίου – αρχές Ιουλίου που τα φυτά είχαν ύψος 0,5m, άρχισε το πρόγραμμα στάγδην άρδευσης. Μέσα Σεπτεμβρίου ολοκληρωνόταν το πρόγραμμα άρδευσης. Με τη μέθοδο του καταιονισμού καλύπτονταν οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό, από τη σπορά της καλλιέργειας και έως ότου ξεκινήσει το πρόγραμμα της στάγδην άρδευσης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε κανόνι τεχνητής βροχής, που είχε παροχή 35,5 m<sup>3</sup>/h, η πίεση λειτουργίας 5,0 atm, διάμετρο διαβροχής 80m και ύψος βροχής 18mm/h. Μετά τη σπορά άρχιζαν οι αρδεύσεις και διαρκούσαν



μέχρι τα φυτά να αποκτήσουν μέσο ύψος 0,5m. Ο αριθμός των αρδεύσεων αυτών καθορίζονταν από τις κλιματικές συνθήκες. Ιδιαίτερως όμως, από τις βροχοπτώσεις που επικρατούσαν κατά τη χρονική περίοδο, από τη σπορά έως και το τέλος Ιουνίου.

#### 4.8.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΟΣΕΩΝ, ΕΥΡΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΆΡΔΕΥΣΗΣ:

Στην ημερήσια ένδειξη της εξάτμισης του εξατμισιμέτρου τύπου A, βασίστηκε ο καθορισμός της δόσης άρδευσης για όλες τις μεταχειρίσεις. Βάσει αυτών υπολογίζονταν οι καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας, δηλαδή το ποσό του νερού που θα πρέπει να προστεθεί στη καλλιέργεια μέσω άρδευσης. Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της ένδειξης του εξατμισιμέτρου ( $E_{pan}$ ) που εκφράζει τη μέση εξάτμιση του 24ώρου σε mm/ημέρα, με το συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου  $K_p$ . Δηλαδή:  $ET_0 = K_p * E_{pan}$ , (mm/ημέρα) (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 περιοχή είναι 0,70 (FAO,1998). Έπειτα, η τιμή της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς πολλαπλασιάζεται με το φυτικό συντελεστή της καλλιέργειας ( $K_c$ ) και προκύπτει η πραγματική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας ( $ET_c$ ). Δηλαδή:  $ET_c = ET_0 * K_c$  (mm) (2). Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή εκφράζει τις συνολικές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας. Αφαιρώντας από τη τιμή της  $ET_c$ , το ύψος της ωφέλιμης βροχής, η τιμή που προκύπτει εκφράζει τις καθαρές ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας ( $I_n$ ), δηλαδή τη ποσότητα του νερού που πρέπει να χορηγηθεί μέσω της άρδευσης. Η πρακτική δόση άρδευσης ( $I_{da}$ ) δηλαδή, που αντιστοιχεί στο 100% της εξατμισοδιαπνοής υπολογίζεται από τη σχέση:  $I_{da} = I_n = ET_c - \Omega B$  (mm) (3),

όπου: B είναι το ύψος της βροχής, και

$\Omega B$  είναι το ωφέλιμο ύψος βροχής που υπολογίζεται ίσο με 0,8 B (Μιχαλάκης 1998, Παπαζαφειρίου 1999).

Όμως, στο εξατμισόμετρο τύπου A, η ημερήσια ένδειξη, εάν δεν συμπεριληφθεί η βροχή οδηγεί απευθείας στις καθαρές ανάγκες σε νερό (FAO, 1998), χρησιμοποιώντας (1) και (2). Οπότε, για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, πρέπει στη τιμή των καθαρών αναγκών σε νερό που προκύπτει από την ένδειξη του εξατμισιμέτρου, να προστεθεί το ωφέλιμο ύψος βροχής. Δηλαδή βάσει της σχέσης (3), θα ισχύει στη περίπτωση αυτή:  $ET_c = I_n + \Omega B$  (mm) (4). Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού των καθαρών αναγκών ( $I_n$ ) και η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας ( $ET_c$ ) βάσει της ημερήσιας ένδειξης εξάτμισης ( $E_{pan}$ ) του εξατμισιμέτρου τύπου A. Ο υπολογισμός της διάρκειας άρδευσης ( $I_t$ ) έγινε βάσει της σχέσης:  $I_t = I_{d_a} / I_{d_h}$  (h) (5),

όπου:  $I_{d_a}$  είναι η αντίστοιχη πρακτική δόση άρδευσης, και

$I_{d_h}$  είναι το ωριαίο ύψος βροχής.

Είναι  $I_{d_h} = (q \cdot n) / (S_t \cdot S_r)$  (mm/h),

όπου:  $q$  είναι η παροχή του σταλακτήρα σε l/h,

$n = S_t / (2 \cdot S_e)$  είναι ο αριθμός των σταλακτήρων ανά δύο σειρές φυτών,

$S_t$  είναι η ισαποχή των φυτών επί της σειράς σε m,

$S_r$  είναι η ισαποχή των σειρών των φυτών σε m, και

$S_e$  είναι η ισαποχή των σταλακτήρων σε m.

Στο πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο υπολογισμός των καθαρών αναγκών σε νερό και της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

Η δόση και το εύρος άρδευσης πρέπει να είναι τέτοια ώστε, η περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία να βρίσκεται κοντά στην υδατοϊκανότητα (FC) και πάνω από το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP). Δηλαδή, απαιτείται ο προσδιορισμός της πρακτικής δόσης άρδευσης, την οποία η αθροιστική ένδειξη του εξατμισιμέτρου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει. Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό της πρακτικής δόσης άρδευσης προϋποθέτει τον προσδιορισμό της

υδατοϊκανότητας (FC), του σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP) και του φαινόμενου ειδικού βάρους (ΦΕΒ) του εδάφους του αγρού.

Η τιμή της διαβροχής (P) του εδάφους για τη διάταξη σταλακτηφόρων αγωγών που χρησιμοποιήθηκαν στον πειραματικό αγρό για ισαποχή σταλακτήρων  $S_e = 0,8 \text{ m}$  (Τερζίδης κ.α., 1997), καθώς και οι τιμές του βάθους του ριζικού συστήματος των φυτών (h) (Παπαζαφειρίου, 1999), του ορίου εξαντλήσεως της εδαφικής υγρασίας (C) (Σακελλαρίου, 1993), του συντελεστή που εξαρτάται από τη καλλιέργεια (f1) (FAO, 1998) και του συντελεστή που εξαρτάται από την αναμενόμενη φυτοσκίαση του εδάφους (f2) (Σακελλαρίου, 1993) για κάθε έναν από τους τέσσερις αρδευτικούς μήνες.

Ο προγραμματισμός της δόσης άρδευσης έγινε τηρουμένων των προδιαγραφών όπως η παροχή σταλακτήρων, το ωριαίο ύψος βροχής, οι διαστάσεις γραμμών άρδευσης και η ισαποχή σταλακτήρων επί των γραμμών για κάθε μεταχείριση, βάσει των μετρούμενων ρυθμών ημερήσιας εξάτμισης.

Στη θεωρία του απλού εξατμισιμέτρου βασίστηκε ο υπολογισμός της δόσης άρδευσης και για τη μεταχείριση στην οποία εφαρμόστηκε η μέθοδος του αυτοματοποιημένου εξατμισιμέτρου τύπου Α. Υπόψη ελήφθη και η πρακτική δόση άρδευσης ώστε να καθοριστεί το όριο πτώσης στάθμης μέσα στη λεκάνη του εξατμισιμέτρου, έτσι ώστε να δοθεί η κατάλληλη τιμή έναρξης της άρδευσης. Σύμφωνα με τη μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς της περιοχής, για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο για το έτος 2012 και λαμβάνοντας υπόψη ότι το εύρος άρδευσης ήταν δύο ημέρες και επιλέχθηκε ως όριο εξάτμισης νερού από τη λεκάνη του εξατμισιμέτρου τα  $E_{pan}=30\text{mm}$  ώστε να είναι τουλάχιστον μικρότερο ή ίσο της πρακτικής δόσης άρδευσης. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται το πρόγραμμα άρδευσης.

Πίνακας 4.1: Πρόγραμμα άρδευσης καλλιεργητικής περιόδου 2012.

<b>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ 2011</b>	R.D. (mm)	R.D. (m)	F	kp	Ea	C	SI (cm)	Se (cm)	Sr (cm)	St (cm)	h (m)	q (m <sup>3</sup> /στρ.)
	400	0,8-1,5	0,45	0,8	0,95	0,5	78	80	0,78	0,12	2	2,3

ΗΜΕΡΟΜΗΝΗ Α	ΠΛΗΡΩΣΗ		ΔΙΑΦΟΡΑ ΗΜΕΡΑΣ Ή ΕΞΑΤΜΙΣΗ		ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΗ ΩΒ=0,8*B	ΔΙΑΠΝΟΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	ΚΑΛΑΙΕΡΓ ΕΙΑΣ	ΟΔΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	BΡΟΧΗΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ		
	ΗΜΕΡΕΣ (από σπορά)	ΕΞΑΤΜΙΣΙ ΜΕΤΡΟΥ	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΤΕΝΔΕΙΞΗ (mm)	ΕΞΑΤΜΙΣΗ PMON (mm)								ΒΡΟΧΗ B (mm)	Eo=kp*Epan (mm)
15/06/2012	68	1				0,70	1,11		0,08	1,97			
16/06/2012	69		5	4	0	0,70	2,8 1,13	3,2	3,2	0,08	1,97	1,61 1h 37'	
17/06/2012	70		9	6	0	0,70	4,2 1,15	4,8	4,8	0,08	1,97	2,45 2h 27'	
18/06/2012	71		10	9,5	0	0,70	6,7 1,15	7,6	7,6	0,08	1,97	3,88 3h 53'	
19/06/2012	72			9,5	0	0,70	6,7 1,15	7,6	7,6	0,08	1,97	3,88 0h 49'	
20/06/2012	73		29	2	0	0,70	1,4 1,15	1,6	1,6	0,08	1,97	0,82 0h 25'	
21/06/2012	74		31	1	0	0,70	0,7 1,15	0,8	0,8	0,08	1,97	0,41 0h 25'	
22/06/2012	75			1	0	0,70	0,7 1,15	0,8	0,8	0,08	1,97	0,41 0h 25'	
23/06/2012	76			1	0	0,70	0,7 1,15	0,8	0,8	0,08	1,97	0,41 0h 25'	
24/06/2012	77			1	1,3	1,0	0,70	0,7 1,15	0,8	-0,2	0,08	1,97	0,41 0h 25'
25/06/2012	78			1	0	0,70	0,7 1,15	0,8	0,8	0,08	1,97	0,41 0h 25'	
26/06/2012	79		36	8,5	0	0,70	6,0 1,15	6,8	6,8	0,08	1,97	3,47 3h 28'	
27/06/2012	80			8,5	0	0,70	6,0 1,15	6,8	6,8	0,08	1,97	3,47 3h 28'	
28/06/2012	81	1	53	9	0	0,70	6,3 1,15	7,2	7,2	0,08	1,97	3,68 3h 41'	
29/06/2012	82			9	0	0,70	6,3 1,15	7,2	7,2	0,08	1,97	3,68 3h 41'	
30/06/2012	83			9	0	0,70	6,3 1,15	7,2	7,2	0,08	1,97	3,68 3h 41'	
01/07/2012	84			9	0	0,70	6,3 1,15	7,2	7,2	0,08	1,97	3,68 3h 41'	
02/07/2012	85		36	6	0	0,70	4,2 1,15	4,8	4,8	0,08	1,97	2,45 2h 27'	
03/07/2012	86	1	42	8,6	0	0,70	6,0 1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51 3h 31'	
04/07/2012	87			8,6	0	0,70	6,0 1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51 3h 31'	
05/07/2012	88			8,6	0	0,70	6,0 1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51 3h 31'	
06/07/2012	89	1	26	8,6	0	0,70	6,0 1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51 3h 31'	
07/07/2012	90			8,6	0	0,70	6,0 1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51 3h 31'	
08/07/2012	91			8,6	0	0,70	6,0 1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51 3h 31'	
09/07/2012	92	1	26	9,5	0	0,70	6,7 1,15	7,6	7,6	0,08	1,97	3,88 3h 53'	
10/07/2012	93			9,5	0	0,70	6,7 1,15	7,6	7,6	0,08	1,97	3,88 3h 53'	

11/07/2012	94	1	19	9,6	0	0	0,70	6,7	1,15	7,7	7,7	0,08	1,97	3,92	3h 55'
12/07/2012	95			9,6	0	0	0,70	6,7	1,15	7,7	7,7	0,08	1,97	3,92	3h 55'
13/07/2012	96			9,6	0	0	0,70	6,7	1,15	7,7	7,7	0,08	1,97	3,92	3h 55'
14/07/2012	97	1	29	10,5	0	0	0,70	7,4	1,15	8,5	8,5	0,08	1,97	4,29	4h 17'
15/07/2012	98			10,5	0	0	0,70	7,4	1,15	8,5	8,5	0,08	1,97	4,29	4h 17'
16/07/2012	99	1	21	8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'
17/07/2012	100			8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'
18/07/2012	101			8,6	0	0	0,70	6,0	1,15	6,9	6,9	0,08	1,97	3,51	3h 31'
19/07/2012	102	1	26	7,3	0	0	0,70	5,1	1,15	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
20/07/2012	103			7,3	0	0	0,70	5,1	1,15	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
21/07/2012	104			7,3	0	0	0,70	5,1	1,15	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
22/07/2012	105			7,3	0	0	0,70	5,1	1,15	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
23/07/2012	106	1	29	7	0	0	0,70	4,9	1,15	5,6	5,6	0,08	1,97	2,86	2h 52'
24/07/2012	107			7	0	0	0,70	4,9	1,15	5,6	5,6	0,08	1,97	2,86	2h 52'
25/07/2012	108	1	14	14,5	0	0	0,70	10,2	1,15	11,7	11,7	0,08	1,97	5,93	5h 56'
26/07/2012	109			14,5	0	0	0,70	10,2	1,15	11,7	11,7	0,08	1,97	5,93	5h 56'
27/07/2012	110	1	29	6,3	0	0	0,70	4,4	1,15	5,1	5,1	0,08	1,97	2,57	2h 34'
28/07/2012	111			6,3	0	0	0,70	4,4	1,15	5,1	5,1	0,08	1,97	2,57	2h 34'
29/07/2012	112			6,3	0	0	0,70	4,4	1,15	5,1	5,1	0,08	1,97	2,57	2h 34'
30/07/2012	113	1	19	8	0	0	0,70	5,6	1,15	6,4	6,4	0,08	1,97	3,27	3h 16'
31/07/2012	114			8	0	0	0,70	5,6	1,15	6,4	6,4	0,08	1,97	3,27	3h 16'
01/08/2012	115	1	16	14,5	0	0	0,70	10,2	1,15	11,7	11,7	0,08	1,97	5,93	5h 56'
02/08/2012	116			14,5	0	0	0,70	10,2	1,12	11,4	11,4	0,08	1,97	5,77	5h 46'
03/08/2012	117	1	29	8,4	0	0	0,70	5,9	1,09	6,4	6,4	0,08	1,97	3,25	3h 15'
04/08/2012	118			8,4	0	0	0,70	5,9	1,06	6,2	6,2	0,08	1,97	3,16	3h 10'
05/08/2012	119			8,4	0	0	0,70	5,9	1,03	6,1	6,1	0,08	1,97	3,07	3h 4'
06/08/2012	120			8,4	0	0	0,70	5,9	1	5,9	5,9	0,08	1,97	2,98	2h 59'
07/08/2012	121			8,4	0	0	0,70	5,9	0,97	5,7	5,7	0,08	1,97	2,90	2h 54'
08/08/2012	122	1	42	9	0	0	0,70	6,3	0,94	5,9	5,9	0,08	1,97	3,01	3h 1'
09/08/2012	123			9	0	0	0,70	6,3	0,91	5,7	5,7	0,08	1,97	2,91	2h 55'
10/08/2012	124	1	18	4	0	0	0,70	2,8	0,88	2,5	2,5	0,08	1,97	1,25	1h 15'
11/08/2012	125			4	0	0	0,70	2,8	0,85	2,4	2,4	0,08	1,97	1,21	1h 13'



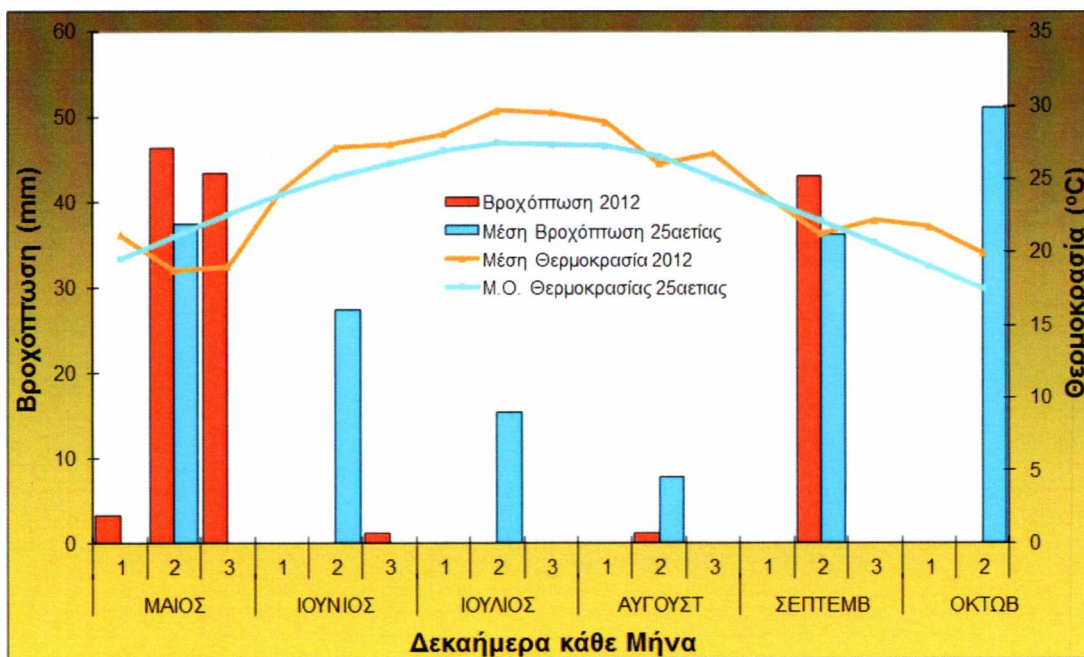
12/08/2012	126			4	0	0	0,70	2,8	0,82	2,3	2,3	0,08	1,97	1,17 1h 10'
13/08/2012	127	1	12	5,6	0	0	0,70	3,9	0,79	3,1	3,1	0,08	1,97	1,57 1h 34'
14/08/2012	128			5,6	0	0	0,70	3,9	0,76	3,0	3,0	0,08	1,97	1,51 1h 31'
15/08/2012	129			5,6	0	0	0,70	3,9	0,73	2,9	2,9	0,08	1,97	1,45 1h 27'
16/08/2012	130	1	17	7	0	0	0,70	4,9	0,7	3,4	3,4	0,08	1,97	1,74 1h 44'
17/08/2012	131			7	0	0	0,70	4,9	0,67	3,3	3,3	0,08	1,97	1,67 1h 40'
18/08/2012	132	1	14	7,5	0	0	0,70	5,3	0,64	3,4	3,4	0,08	1,97	1,71 1h 43'
19/08/2012	133			7,5	0	0	0,70	5,3	0,61	3,2	3,2	0,08	1,97	1,63 1h 38'
20/08/2012	134	1	15	20,5	0	0	0,70	14,4	0,58	8,3	8,3	0,08	1,97	4,22 4h 13'
21/08/2012	135			20,5	0	0	0,70	14,4	0,55	7,9	7,9	0,08	1,97	4,01 4h 1'
22/08/2012	136	1	41	7,4	0	0	0,70	5,2	0,52	2,7	2,7	0,08	1,97	1,37 1h 22'
23/08/2012	137			7,4	0	0	0,70	5,2	0,49	2,5	2,5	0,08	1,97	1,29 1h 17'
24/08/2012	138			7,4	0	0	0,70	5,2	0,46	2,4	2,4	0,08	1,97	1,21 1h 13'
25/08/2012	139			7,4	0	0	0,70	5,2	0,43	2,2	2,2	0,08	1,97	1,13 1h 8'
26/08/2012	140			7,4	0	0	0,70	5,2	0,4	2,1	2,1	0,08	1,97	1,05 1h 3'
27/08/2012	141	1	37				0,70		0,37			0,08	1,97	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 5.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ:

Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζονται η μέση θερμοκρασία και η ωφέλιμη βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012, καθώς και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων της τελευταίας 25ετίας. Η συνολική βροχόπτωση την περίοδο αυτή ήταν περίπου 105mm.

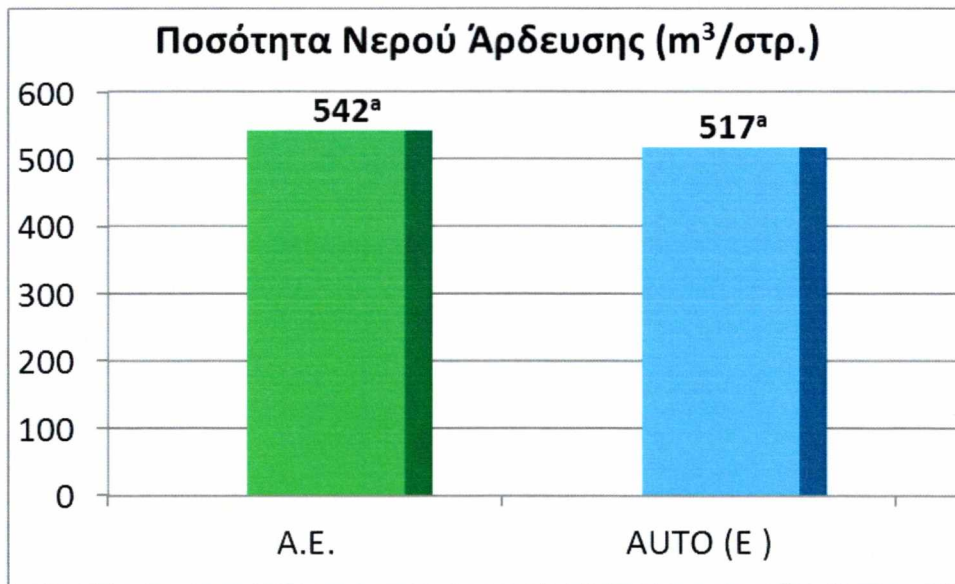


Σχήμα 5.1: Μέσοι όροι θερμοκρασίας και βροχόπτωσης Μαΐου – Αυγούστου 2012 εν συγκρίσει με των τελευταίων 25 ετών, ανά δεκαήμερο.

#### 5.2 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΆΡΔΕΥΣΗΣ:

Ο ηλίανθος είναι ένα φυτό απαιτητικό στην άρδευση προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή απόδοση. Οι μέσοι όροι που παρουσιάζονται στο

Σχήμα 5.2 είναι η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε ανά μεταχείριση με στάγδην άρδευση.



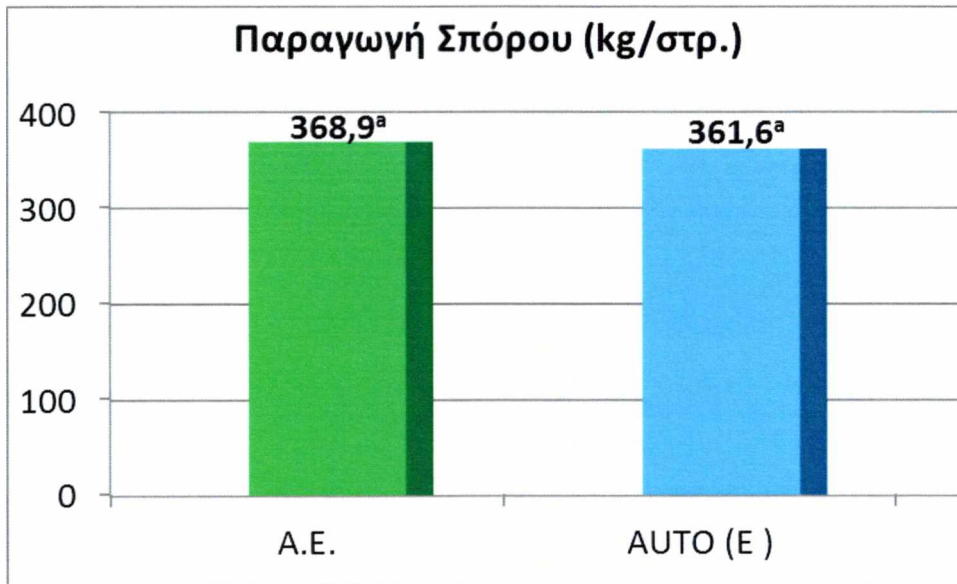
Σχήμα 5.2: Συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε ανά μεταχείριση.

Ως προς τη συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε ανά μεταχείριση δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Ελαφρώς μεγαλύτερη ποσότητα νερού εφαρμόσθηκε στη μεταχείριση που η άρδευση βασίστηκε στη μέθοδο του απλού εξατμισιμέτρου (A.E.), γεγονός που ήταν αναμενόμενο αφού θεωρείται η λιγότερο ακριβής μέθοδος προγραμματισμού της άρδευσης. Η ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε στη μεταχείριση A.E. ήταν 542m<sup>3</sup>/στρ., ενώ σε αυτή στην οποία ο προγραμματισμός της άρδευσης βασίστηκε στο αυτόματο εξατμισίμετρο (AUTO (E)) ήταν 517m<sup>3</sup>/στρ. Συνεπώς, η εξοικονόμηση νερού που παρατηρήθηκε από τη χρήση της μεταχείρισης AUTO (E) ήταν της τάξεως του 5% περίπου.

### 5.3 ΤΕΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΠΟΡΟΥ:

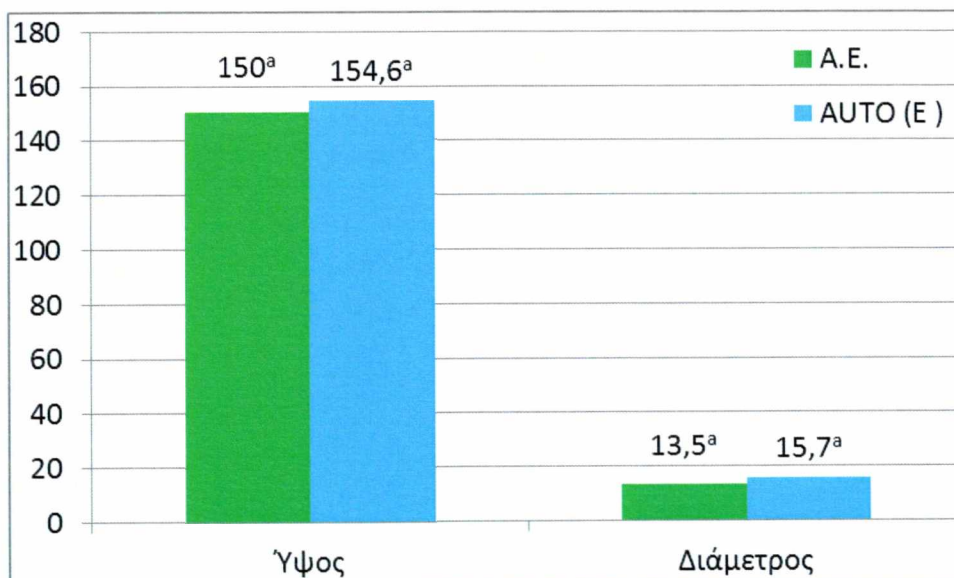
Το τελικό προϊόν της καλλιέργειας του ηλίανθου είναι ο παραγόμενος σπόρος, ο οποίος συγκομίζεται με ειδική μηχανή. Από το σπόρο θα εξαχθεί βρώσιμο ηλιέλαιο. Επιπλέον, μπορεί μετά από βιομηχανική επεξεργασία του να προκύψει υγρό βιοκαύσιμο, το βιοντίζελ. Στο Σχήμα 5.3 παρουσιάζεται η τελική παραγωγή σπόρου ανά μεταχείριση. Αν και

δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, η Α.Ε. (368,9kg/στρ.) εμφάνισε μία τάση υπεροχής ως προς τη παραγωγή σπόρου, έναντι της ΑΥΤΟ(Ε) (361,6 kg/στρ.). Το γεγονός αυτό πιθανόν οφείλεται στην ελαφρά υψηλότερη ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε στη μεταχείριση Α.Ε.



Σχήμα 5.3: Τελική παραγωγή σπόρου ανά μεταχείριση.

#### 5.4 ΎΨΟΣ ΦΥΤΩΝ & ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΕΦΑΛΩΝ:

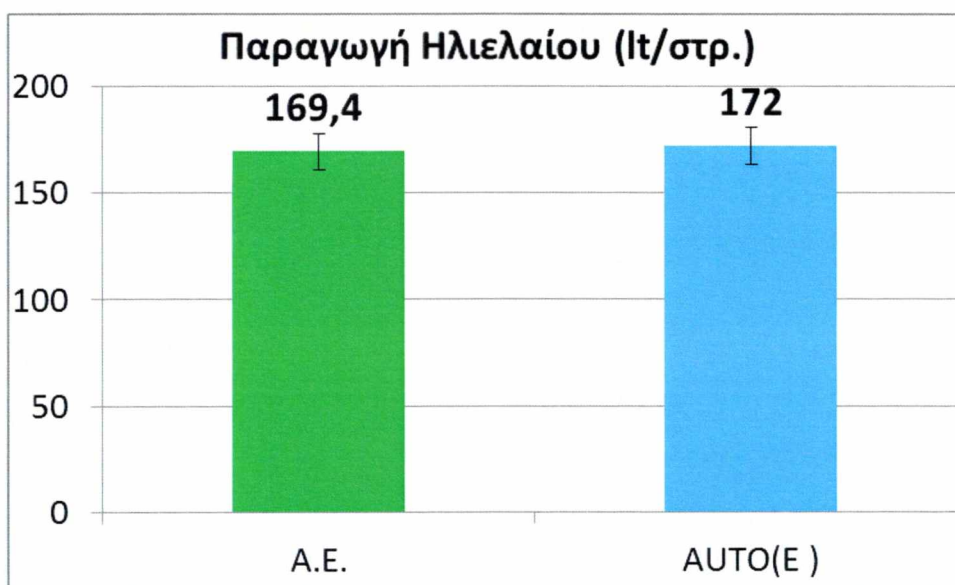


Σχήμα 5.4: Ύψος φυτών (cm) και διάμετρος κεφάλων (cm) ανά μεταχείριση.



Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών ανάπτυξης της καλλιέργειας, δηλαδή του ύψους των φυτών και της διαμέτρου των κεφαλών, ήταν εβδομαδιαίες και λαμβάνονταν από μαρκαρισμένα φυτά των δύο ενδιάμεσων σειρών κάθε πειραματικού τεμαχίου. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η αλληλεπίδραση από τα γειτονικά πειραματικά τεμάχια. Δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων τόσο ως προς το ύψος των φυτών, όσο και ως προς τη διάμετρο. Μία μικρή τάση υπεροχής τόσο ως προς το ύψος, όσο και προς τη διάμετρο παρουσίασε η μεταχείριση AUTO(E).

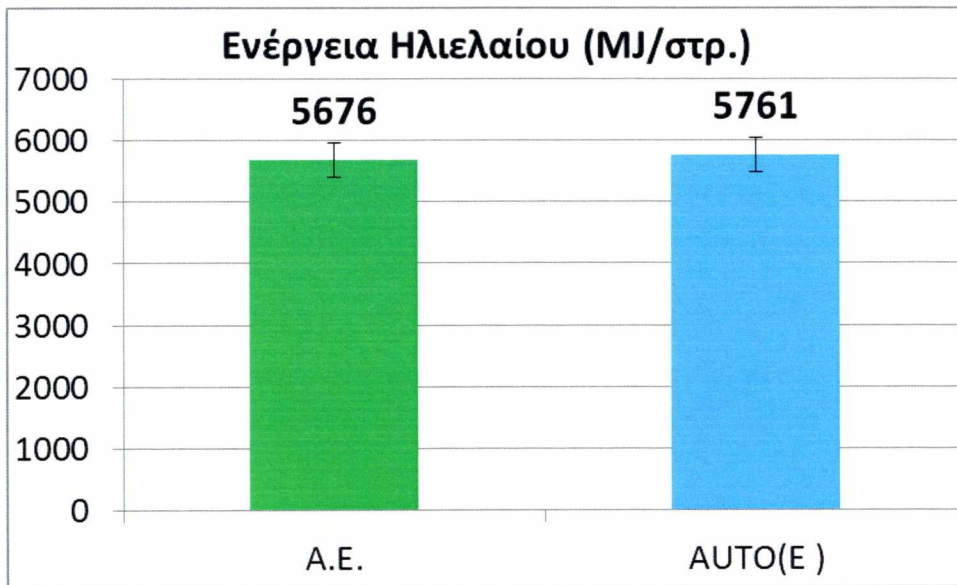
### 5.5 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ & ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ:



Σχήμα 5.5: Παραγωγή ηλιελαίου (lt/στρ.) ανά μεταχείριση.

Ως προς τη παραγωγή ηλιελαίου (lt/στρ.) δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων, αν και μια μικρή τάση υπεροχής εμφάνισε η μεταχείριση AUTO (E). Η αναλογία μεταξύ πετρελαίου και ηλιελαίου είναι 1:1,13lt, ενώ η θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου είναι 44MJ και του ηλιελαίου 33,5MJ. Λαμβάνοντας λοιπόν, υπόψη τα παραπάνω υπολογίστηκε η παραγόμενη ενέργεια από το βιοντίζελ. Στην περίπτωση αυτή, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων, αν και μια μικρή τάση υπεροχής παρουσιάζει η AUTO(E), όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.6.





Σχήμα 5.6: Παραγόμενη ενέργεια από το βιοκαύσιμο (MJ/στρ.) ανά μεταχείριση.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Για την άρδευση καλλιέργειας ηλίανθου χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι προγραμματισμού της, με κύριο στόχο τη μεγιστοποίηση της απόδοσης σε σπόρο, που αποτελεί το τελικό εμπορεύσιμο προϊόν. Οι δύο μέθοδοι προγραμματισμού της άρδευσης που μελετήθηκαν είναι αυτή του απλού εξατμισιμέτρου (Α.Ε.) και του αυτόματου εξατμισιμέτρου (ΑΥΤΟ(Ε)). Επιπλέον, λαμβάνονταν εβδομαδιαίες μετρήσεις των χαρακτηριστικών ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Με τη χρήση του αυτόματου εξατμισιμέτρου μειώνονται οι μετακινήσεις του παραγωγού από και προς το αγροτεμάχιο και συνεπώς απαιτούνται λιγότερες εργατοώρες για άρδευση. Έτσι, μειώνεται το τελικό κόστος εγκατάστασης του ειδικού εξοπλισμού που απαιτήθηκε, δηλαδή του αισθητήρα βάθους νερού, WL1, που ήταν τοποθετημένος στη λεκάνη του απλού εξατμισιμέτρου. Επίσης, το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε πρόσφερε τη δυνατότητα αξιοποίησης του υπάρχοντος εξοπλισμού, έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η χρήση του νερού, της ενέργειας και των χημικών, χωρίς επιπλέον χρηματική επιβάρυνση με επιπλέον κόστος αγοράς μηχανολογικού εξοπλισμού, συμβατό με αυτό. Όπως ήδη αναφέρθηκε, με τη χρήση του βελτιστοποιείται η χρήση του νερού, καθώς παρέχεται τόση ποσότητα νερού στη καλλιέργεια, όση ακριβώς απαιτείται, χωρίς κατασπατάληση ενέργειας για την άρδευση.

Όσον αφορά τη ποσότητα νερού που εφαρμόσθηκε για την άρδευση των δύο μεταχειρίσεων στην ΑΥΤΟ(Ε) χρησιμοποιήθηκαν 542mm, ενώ στο Α.Ε. 517mm. Παρατηρούμε ότι εφαρμόσθηκε ελαφρώς μεγαλύτερη ποσότητα νερού στη μεταχείριση Α.Ε., η οποία δεν θεωρείται ιδιαίτερα ακριβής και οι μετρήσεις καταγράφονται από τον παρατηρητή και οφείλονται στην αμεροληψία/κρίση του. Αντιθέτως, η μεταχείριση ΑΥΤΟ(Ε) θεωρείται ακριβέστερη μέθοδος μέτρησης, καθώς η δόση άρδευσης προκύπτει από τη τιμή που δίνει ο αισθητήρας. Στο γεγονός αυτό οφείλεται και η εξοικονόμηση νερού της τάξεως του 5% περίπου.

Βάσει της στατιστικής ανάλυσης μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά.

Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική ανάμεσα στις αρδευόμενες μεταχειρίσεις στις παραμέτρους ύψος φυτών και διάμετρος κεφαλών, που αποτελούν χαρακτηριστικά ανάπτυξης της καλλιέργειας. Μια μικρή τάση υπεροχής όμως παρουσιάζει η μεταχείριση AUTO(E).

Ως προς τη παραγωγή σπόρου, του τελικού δηλαδή προϊόντος που εμπορεύεται ο παραγωγός, δεν παρουσιάστηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Όμως, η ελαφρώς υψηλότερη παραγωγή σπόρου που παρατηρήθηκε στη μεταχείριση A.E. (368,9kg/στρ.) πιθανόν να οφείλεται στην ελαφρώς υψηλότερη ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε κατά την άρδευση. Εξαιτίας όμως της περιεκτικότητας (%) ηλιελαίου, η παραγωγή ηλιελαίου σε lt/στρ. και ενέργειας από βιοντίζελ σε MJ/στρ. είναι ελαφρώς υψηλότερες στη μεταχείριση AUTO(E), αν και δεν παρουσιάστηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι σε όλους τους δείκτες ανάπτυξης, δηλαδή το ύψος φυτών και τη διάμετρο των κεφαλών, υπερέχει ελαφρώς η μεταχείριση AUTO(E). Επιπλέον, εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει το φυτό του ηλίανθου προτείνεται η καλλιέργεια του στο άμεσο μέλλον στην Ελλάδα, ως εναλλακτική, ενεργειακή καλλιέργεια. Επειδή, η παρούσα έρευνα μελετά τον ηλίανθο ως ενεργειακό φυτό, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η παραγόμενη ενέργεια από το βιοκαύσιμο και γι' αυτό προτείνεται για τον προγραμματισμό της άρδευσης η μέθοδος του αυτόματου εξατμισιμέτρου, που παρουσίασε υψηλότερη ποσότητα ενέργειας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:**

1) Αλεξίου, Ι., Καλφούντζος, Δ., Κωτσόπουλος, Σ., Βύρλας, Π. και Καμπέλη, Σ., 2003. Σύγκριση της υποεπιφανειακής και της επιφανειακής στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού. 9ο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής ένωσης, σελ. : 199 – 206.

2) Βύρλας, Π., Καλφούντζος, Δ. και Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., 2003. Επίδραση του εδαφικού τύπου στην έμφραξη λόγω εισφόρησης σε υποεπιφανειακά συστήματα στάγδην άρδευσης. 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής ένωσης, σελ. 225 – 232.

3) Γαλανοπούλου – Σενδουκά, Σ., 2001. Ειδική Γεωργία Ι, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος.

4) Γικαουμάκης, Ε. 1985. Πότισμα με σταγόνες. ΙΕΒ. Θεσσαλονίκη.

5) Δημοπούλου Καλ., 2005. Επίδραση σύγχρονων συστημάτων άρδευσης στα παραγωγικά χαρακτηριστικά τεύτλου. Μεταπτυχιακή διατριβή. Βιβλιοθήκη Γεωπονικής Σχολής Νέα Ιωνία.

6) Devitt, D. and Miller, W., 1998. Subsurface Drip Irrigation of Bermudagrass with Saline Water. Applied Agricultural Res. Vol. 3, No 3, pp. 133 – 143.

7) Fares, A. and Polyakov, V., 2006. Advances in Crop Water Management Using Capacitive Water Sensors. University of Hawaii – Manoa.

8) I – Pai Wu, 1994, Low energy Subsurface Drip Irrigation (system for Pasture). Department of Animal Sc. Prepared by: Biosystems Engineering Dept. University of Hawaii.

9) Κωνσταντινίδης, Κ. 1985. Άρδευση και συστήματα αρδεύσεων. Εκδοτικός οίκος Σάκκουλα Θεσσαλονίκη.

10) Μήτσιος, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ. και Φλωράς, Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.

11) Παπαζαφειρίου Ζ., 1984. Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων. Εσδόσεις ΖΗΤΗ. Θεσσαλονίκη.

12) Παπακώστα, Δ., 2001. Σημειώσεις Ειδικής Γεωργίας Ι, Εκδόσεις Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, σελ. : 178 – 180.

13) Περιοδικό Γεωργία – Κτηνοτροφία, 1996. Διάφοροι μέθοδοι άρδευσης και αρδευτικά συστήματα. Μηχανήματα για την Γεωργία ( σελ.: 48 – 57).

- 14) Ροδιάτης Αθ., 2003. Επιφανειακή στάγδην άρδευση με εφαρμογή ίδιας ποσότητας νερού σε διαφορετικό εύρος άρδευσης, Βιβλιοθήκη Γεωπονικής Σχολής Βόλος.
- 15) Phene, C.J., 1989. Techniques for Computerized Irrigation Management. Computers and Electronics in Agriculture, 3 (1989) 189 – 208.
- 16) Phene, C.J., R. Yue, I – Pai Wu, J.E. Ayars, R.A. Schoneman, B. Meso, 1992. Distribution uniformity of subsurface drip irrigation systems. ASAE Paper No. 92 – 2569, 14 pp. St. Joseph Mich.: ASAE.
- 17) Phene, C.J., Hutmacher, R.B., Ayars, J.E., Davis, K.R., Mead, R.M., and Schoneman, R.A., 1992. Maximizing water use efficiency with subsurface drip irrigation. International summer meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 922090. St. Joseph Michigan.
- 18) Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., 1996. Συνολικές ανάγκες σε νερό καλλιεργειών του Θεσσαλικού κάμπου. Υδροτεχνικά, 6, 62 – 77.
- 19) Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Καλφούτζος, Δ. και Γούλας, Χρ., 1997. Μελέτη διατάξεων άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων. Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Εθνικού Συνεδρίου ΕΓΜΕ, Αθήνα, σελ. 271 – 280.
- 20) Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., Παπαλέκης, Δ., Δαναλάτος, Ν., Βουλτσάνης, Π. και Νάκος, Ν., 2003. Επίδραση επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης στην ανάπτυξη και παραγωγή της ενεργειακής καλλιέργειας του Ινώδους Σόργου στην Κεντρική Ελλάδα. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), 2 – 5 Απριλίου, Θεσσαλονίκη, σελ.: 183 – 190.
- 21) Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Μ., 2004. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Αρδεύσεων. Βόλος, 2004.
- 22) Σφήκας, 1984. Ειδική Γεωργία, Πανεπιστημιακές παραδόσεις.
- 23) Scherpernzeel, J. Agenda 2000: Consequences for energy crops.
- 24) Solomon, K., 1993. Subsurface drip irrigation. Product selection and performance. In: subsurface Drip Irrigation Theory, Practices and application, Jorgansen, G.S. and K. N. Norum (Eds). CATI Publication No 921001.
- 25) Solomon Kenneth H. and Jorgensen Greg. 1993. Subsurface Drip Irrigation. Center for Irrigation Tech. CATI Publication No 930405.
- 26) Εκδόσεις Ζλητη, Θεσσαλονίκη, σελ. : 172 – 174, 200.
- 27) Χρήστου Μ., Αλεξοπούλου Ε., Μαρδίκης Μ. (2006). Ενεργειακές καλλιέργειες Προοπτικές διείσδυσης στην γεωργία, Τμήμα βιομάζας Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αθήνα.



28)Χρήστου Μ., Αλεξοπούλου Ε., Μαρδίκης Μ., Ναματόβ Ε. (2005). Προοπτικές διείσδυσης των ενεργειακών καλλιεργειών στην ελληνική γεωργία. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> εθνικού συνεδρίου για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Αθήνα.

#### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- 1) <http://ikee.lib.auth.gr/record/271036/files/GRI-2015-14977.pdf>
- 2) <http://www3.syngenta.com/country/gr/el/products/seeds/sunflower/Pages/diaxeirisikalliergeias.aspx>
- 3) [https://www.google.gr/search?q=%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%98%CE%BF%CF%82&rlz=1C1VFKB\\_enGR674GR674&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi2\\_NSenrbKAhXDXhQKHRf6AQAQ\\_AUIBigB&dpr=1](https://www.google.gr/search?q=%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%98%CE%BF%CF%82&rlz=1C1VFKB_enGR674GR674&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi2_NSenrbKAhXDXhQKHRf6AQAQ_AUIBigB&dpr=1)
- 4) [https://www.google.gr/search?q=%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%98%CE%BF%CF%82&rlz=1C1VFKB\\_enGR674GR674&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi2\\_NSenrbKAhXDXhQKHRf6AQAQ\\_AUIBigB&dpr=1#tbm=isch&q=%CE%B1%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7](https://www.google.gr/search?q=%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%98%CE%BF%CF%82&rlz=1C1VFKB_enGR674GR674&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi2_NSenrbKAhXDXhQKHRf6AQAQ_AUIBigB&dpr=1#tbm=isch&q=%CE%B1%CF%81%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7)
- 5) [https://www.google.gr/search?q=%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%98%CE%BF%CF%82&rlz=1C1VFKB\\_enGR674GR674&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi2\\_NSenrbKAhXDXhQKHRf6AQAQ\\_AUIBigB&dpr=1#tbm=isch&q=%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%95%CE%A3+%CE%9A%CE%91%CE%9B%CE%9B%CE%99%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%A3](https://www.google.gr/search?q=%CE%97%CE%9B%CE%99%CE%91%CE%9D%CE%98%CE%BF%CF%82&rlz=1C1VFKB_enGR674GR674&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi2_NSenrbKAhXDXhQKHRf6AQAQ_AUIBigB&dpr=1#tbm=isch&q=%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%91%CE%9A%CE%95%CE%A3+%CE%9A%CE%91%CE%9B%CE%9B%CE%99%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%95%CE%99%CE%A3)
- 6) <http://www.agroenergy.gr/categories/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B5%CF%82>
- 7) <http://www.biofuels.gr/energy-crops/>
- 8) <http://library.certh.gr/libfiles/PDF/EKETA-CD-88-ENERGEIAKES-KALLIERGEIES-by-MYRSINH-CHRISTOU-at-BIOKAVSIMA-DIHMERIDA-3-4-NOV-2006-TEE-TKM-PP-11-Y-2006.pdf%22>

9) [https://www.google.gr/search?q=%CE%95%CE%9E%CE%91%CE%A4%CE%9C%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%A1%CE%9F&rlz=1C1VFKB\\_enGR674GR674&espv=2&biw=1366&bih=667&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwivherCn7bKAhWFchQKHVmrAvQQ\\_AUIBigB#imgrc=L8xpsh2wmAfCyM%3A](https://www.google.gr/search?q=%CE%95%CE%9E%CE%91%CE%A4%CE%9C%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%A1%CE%9F&rlz=1C1VFKB_enGR674GR674&espv=2&biw=1366&bih=667&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwivherCn7bKAhWFchQKHVmrAvQQ_AUIBigB#imgrc=L8xpsh2wmAfCyM%3A)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000134369