

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«ΑΡΔΕΥΣΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΔΟΣΗ ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ 60% ΚΑΙ ΤΟ
100% ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ»



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-
ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ

ΒΟΛΟΣ 2011

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΑΡΔΕΥΣΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΔΟΣΗ ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ 60%
ΚΑΙ ΤΟ 100% ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ»**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-
ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ**

ΒΟΛΟΣ 2011

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Μ
ΧΑΛΚΙΔΗΣ Η.
ΑΛΕΞΙΟΥ Ι.

Επιβλέπουσα
Μέλος
Μέλος



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

Αριθ. Εισ.: 9686/1
Ημερ. Εισ.: 29/06/2011
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2011
ΠΑΠ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Το θέμα δόθηκε από την καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και Πρόεδρο του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη στο πλαίσιο των προπτυχιακών σπουδών της Σχολής.

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

Επίσης, τον Λέκτορα κύριο Χαλκίδη Ηρακλή της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον κύριο Αλεξίου Ιωάννη ερευνητή ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., για τις πολύτιμες υποδείξεις τους που συνέβαλαν ουσιαστικά στην διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής, καθώς και για την συμμετοχή τους στην Τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Επίσης ευχαριστώ τον κύριο Παπανίκο Νικόλαο, μέλος Ε.Ε.Δ.Ι.Π. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την βοήθεια του σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Ευχαριστώ επίσης τους γονείς μου και τους φίλους μου για την απεριόριστη ηθική συμπαράσταση καθ' όλη την διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

ΠΑΠΑΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

ΑΡΔΕΥΣΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΔΟΣΗ ΙΣΗ ΜΕ ΤΟ 60% ΚΑΙ 100% ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

ΠΑΠΑΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής &
Αγροτικού Περιβάλλοντος

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Καθηγήτρια
Π.Θ.

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή μελετάται η επίδραση της ελλειμματικής άρδευσης στο ύψος και στη διάμετρο δίσκων στο φυτό του ηλιανθου. Για την άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεσίνου το έτος 2008, το οποίο περιελάμβανε ένα πλήρες τυχαίοποιημένο σχέδιο με 2 μεταχειρίσεις (δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 60% της εξατμισοδιαπνοης και δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 100% της εξατμισοδιαπνοης) σε 4 επαναλήψεις.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το ύψος των φυτών και την διάμετρο του δίσκου των φυτών.

Επίσης λαμβάνονταν μετρήσεις μετεωρολογικών δεδομένων (βροχόπτωση, θερμοκρασία αέρα κλπ.) από τον αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής.

Ακολούθως περιγράφεται αδρομερώς το περιεχόμενο έκαστου κεφαλαίου της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Στο **κεφάλαιο 1** γίνεται αναφορά στις βασικές έννοιες και ορισμούς καθώς και σε κάποια στοιχεία για την πραγματοποίηση του πειράματος.

Στο **κεφάλαιο 2** δίνονται στοιχεία της καλλιέργειας του ηλιάνθου. Γίνεται αναφορά στην ιστορική εξέλιξη και σημασία της καλλιέργειας, στις οικολογικές απαιτήσεις και τις τεχνικές της καλλιέργειας.

Στο **κεφάλαιο 3** εξετάζεται η υδατοκατανάλωση των καλλιεργειών. Πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή καθώς και στις μεθόδους υπολογισμού της.

Στο **κεφάλαιο 4** γίνεται μια γενική παρουσίαση των διαφόρων μεθόδων άρδευσης που υπάρχουν και εξετάζεται περαιτέρω η μέθοδος της υπόγειας στάγδην άρδευσης, η οποία χρησιμοποιήθηκε στο παρόν πείραμα.

Στο **κεφάλαιο 5** περιγράφεται η εγκατάσταση του πειράματος και γίνεται μια αναφορά στα υλικά και στις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο **κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και γίνεται η ανάλυση τους με τη χρήση στατιστικών κριτηρίων,

Στο **κεφάλαιο 7** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του πειράματος.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

Ευχαριστίες	i
Περίληψη	ii
Περιεχόμενα	iii
Βιβλιογραφία	iv

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
----------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ	5
------------------------------------	---

2.1 Ιστορία της καλλιέργειας	5
2.2 Σημασία για την Ελλάδα	6
2.3 Βοτανική περιγραφή	9
2.3.1 Γενικά	9
2.3.2 Ριζικό σύστημα	9
2.3.3 Βλαστός	10
2.3.4 Φύλλα	10
2.3.5 Ταξιανθία	11
2.3.6 Καρπός	12
2.3.7 Απόδοση των σπόρων σε λάδι	12
2.3.8 Αύξηση-Ανάπτυξη	13
2.3.9 Φυλλική επιφάνεια	16
2.3.10 Μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας με το σύστημα SunScan	17
2.4 Κλιματολογικές απαιτήσεις	18
2.4.1 Θερμοκρασία	18
2.4.2 Φώς	18
2.4.3 Έδαφος	18
2.4.4 Υγρασία	19
2.5 Τεχνική της καλλιέργειας	19
2.5.1 Προετοιμασία πριν την σπορά	19
2.5.2 Σπορά	19
2.5.3 Αραίωμα	22
2.5.4 Αμειψισπορά	22
2.5.5 Άρδευση	22
2.5.6 Λίπανση	24
2.5.7 Ζιζανιοκτονία	26
2.5.8 Συγκομιδή – Αλωνισμός	26
2.5.9 Κυριότεροι εχθροί και αντιμετώπιση τους	26
2.5.10 Μυκητολογικές ασθένειες και αντιμετώπισή τους	27
2.5.11 Φόμωση του ηλιάνθου (<i>Phomopsis helianthi</i>)	27
2.5.12 Σκωρίωση του ηλιάνθου (<i>Puccinia helianthi</i>)	28
2.5.13 Γκρίζα μούχλα (<i>Botrytis cinerea</i>)	28
2.6 Βελτίωση	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΔΑΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ 31

3.1 Γενικά.....	31
3.2 Φυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή.....	32
3.2.1 Το είδος του φυτού.....	32
3.2.2 Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος.....	32
3.2.3 Το ποσοστό καλύψεως του εδάφους από το φύλλωμα.....	32
3.2.4 Το ύψος των φυτών.....	33
3.2.5 Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος.....	33
3.2.6 Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας.....	33
3.2.7 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής.....	34
3.2.7.1 Εξάτμιση.....	34
3.3 Μέθοδοι προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής.....	35
3.3.1 Άμεσοι μέθοδοι.....	35
3.3.2 Έμμεσοι μέθοδοι.....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ..... 41

4.1 Γενικά.....	41
4.2 Επιλογή μεθόδου άρδευσης.....	41
4.3 Μέθοδοι Άρδευσης.....	42
4.3.1 Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης.....	42
4.3.1.1 Άρδευση σε λεκάνες με κατάκλιση.....	43
4.3.1.2 Άρδευση με περιορισμένη διαχυση ή των λωρίδων.....	44
4.3.1.3 Άρδευση με αυλάκια.....	44
4.3.2 Άρδευση με καταιονισμό.....	45
4.3.3 Άρδευση με σταγόνες (στάγδην άρδευση).....	46
4.4 Υπόγεια στάγδην άρδευση.....	48
4.4.1 Ιστορική εξέλιξη.....	48
4.4.2 Περιγραφή ενός συστήματος υπόγειας άρδευσης.....	50
4.4.3 Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης.....	51
4.4.4 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ..... 55

5.1 Γενικά.....	55
5.2 Χάραξη του πειραματικού αγροτεμαχίου.....	55
5.3 Εγκατάσταση της καλλιέργειας στο πειραματικό τεμάχιο.....	57
5.4 Άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου.....	57
5.5 Όργανα και μέθοδοι μετρήσεως που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.....	58
5.5.1 Εξατμισόμετρο τύπου A.....	58
5.5.2 Μέτρηση εδαφικής υγρασίας.....	59
5.6 Μετρήσεις όσον αφορά την καλλιέργεια του ηλιάνθου.....	60
5.6.1 Ύψος φυτών.....	60
5.6.2 Διάμετρος δίσκων.....	61

5.7 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων	61
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	62
---------------------------	----

6.1 Κλιματολογικά δεδομένα	62
----------------------------------	----

6.2 Εδαφική υγρασία	63
---------------------------	----

6.3 Αποτελέσματα ανάλυσης ποιοτικών χαρακτηριστικών του ηλίανθου	63
--	----

6.3.1 Ύψος φυτών	63
------------------------	----

6.3.2 Διάμετρος δίσκων	66
------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
---------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα πολυτιμότερα αγαθά το οποίο σηματοδότησε την έναρξη της ζωής στη Γη και συνδέεται άρρηκτα με την βιωσιμότητα, την πρόοδο και την ευημερία του ανθρώπινου είδους πάνω σε αυτή είναι το νερό. Ο άνθρωπος αντιλήφθηκε από τα αρχικά στάδια της εξέλιξής του τη μεγάλη του σημασία ως μέσον επιβίωσης γιατί πέρα από την κάλυψη των ατομικών αναγκών, το υγρό στοιχείο παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτικών και ζωικών οργανισμών που χρησιμεύουν στη διατροφή του καθώς και στη διατήρηση της ενέργειάς του.

Σε ένδειξη ευγνωμοσύνης για την ύπαρξή του και σεβόμενοι την δύναμή του πολλοί αρχαίοι λαοί δημιούργησαν θεότητες οι οποίες εξουσίαζαν τις ηπειρωτικές και θαλάσσιες υδάτινες μάζες, νιώθοντας έτσι την προστασία από τη μία και τις ευεργετικές του ιδιότητες από την άλλη. Με την πάροδο του χρόνου το ανθρώπινο είδος άρχισε να δαμάζει τη δύναμή του και να το χρησιμοποιεί προς όφελός του κυρίως για αρδευτικούς σκοπούς στην αρχή και στη συνέχεια και για άλλες δραστηριότητες πέρα από τις αναγκαίες για να διευκολύνει τη ζωή του.

Η πρόοδος και η ανάπτυξη ιδιαίτερα του τεχνολογικού πολιτισμού καθώς επίσης και η συνεχής αύξηση του πληθυσμού της γης ιδιαίτερα στις μέρες μας καθιστούν το νερό ως αγαθό προς εξαφάνιση. Αύξηση του πληθυσμού συνεπάγεται αύξηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και τάσεις για αύξηση της παραγωγής αγροτικών προϊόντων, με αποτέλεσμα την κατανάλωση πολύ μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού. Επίσης εντείνεται η χρήση του στη βιομηχανία για την κάλυψη των ολοένα και περισσότερων αναγκών που εμφανίζονται και τέλος μεγιστοποιείται η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται για την κάλυψη των απαιτήσεων της ατομικής και οικιακής καθαριότητας του κοινωνικού συνόλου.

Η ιδιότητα του νερού να αποκαλείται στην εποχή μας 'σπάνιο αγαθό' απορρέει κυρίως από τη μη ορθολογική χρήση των υδατικών πόρων και την έλλειψη σεβασμού προς αυτό, αφού πέρα από τη σπατάλη που γίνεται, η ρύπανση των υδάτων στις σύγχρονες κοινωνίες είναι εκτενής και άμετρη στο βωμό της προόδου και της ευημερίας. Το 80% του πλανήτη μας καλύπτεται από νερό από το οποίο το μεγαλύτερο μέρος του είναι αλμυρό (98,78%) και δεν προσφέρεται για τις περισσότερες ανθρώπινες χρήσεις. Το γλυκό νερό (1,22%) το οποίο είναι χρήσιμο και ζωτικής σημασίας για όλα σχεδόν τα επίγεια όντα, στο μεγαλύτερο ποσοστό του βρίσκεται παγιδευμένο στους πάγους των πόλων (1,95%) και μόνο ένα ισχνό ποσοστό έναντι του συνολικού, (0,0014%) μένει διαθέσιμο για την κάλυψη των αναγκών παγκοσμίως.

Το φυσικό νερό παρουσιάζει ποικιλία ποιοτικών χαρακτηριστικών (φυσικά, χημικά, βιολογικά, μικροβιολογικά) ανάλογα με τις περιεχόμενες σε αυτό ξένες προσμίξεις. Έτσι, για κάθε χρήση (ύδρευση, άρδευση, διαβίωση ψαριών κ.τ.λ.) απαιτείται μία ορισμένη διακύμανση

των ποιοτικών χαρακτηριστικών του, που καθορίζεται συνήθως από πρότυπα ποιότητας (quality standards). Μετά τη χρήση του έχει αλλοιωμένα και σημαντικά υποβαθμισμένα τα παραπάνω χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα μόλυνσης του τελικού αποδέκτη που είναι η θάλασσα, μία λίμνη, ένα ποτάμι ή το έδαφος.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς επίσης και το γεγονός ότι η χώρα μας έχει περιορισμένα υδατικά αποθέματα και βροχοπτώσεις, κρίνεται υψίστης σημασίας για την αντιμετώπιση αυτού του τόσο σοβαρού κινδύνου η σωστή και με περισσή περίσκεψη διαχείριση των ήδη υπάρχοντων πόρων νερού σε συνδυασμό με την προσπάθεια εξεύρεσης νέων. Η μείωση των πάσης φύσεως απωλειών του αρδευτικού νερού (Bos and Nugteren 1983, Μαυρουδής κ.α. 1993, Babajimopoulos et al. 1996), η αξιοποίηση μεγαλύτερου μέρους των χειμερινών απορροών με την κατασκευή φραγμάτων ή την εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού (Πουλοβασίλης & Παγώνης 1981, Καλλέργης 1985, Βαφειάδης 1995, Καραμούζης & Τερζίδης 1998), καθώς επίσης και η αξιοποίηση των νερών υποβαθμισμένης ποιότητας, όπως είναι τα νερά με αυξημένη περιεκτικότητα σε άλατα (Rhoades et al. 1992) και τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (Παπαζαφειρίου & Αντωνόπουλος 1991, Αγγελάκης & Tsobanoglou 1995, Πανώρας & Ηλίας 1997 α, β, Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη 2003, 2004, 2005), μπορούν να αποτελέσουν κάποιες βασικές ορθές πρακτικές εξοικονόμησης σημαντικών ποσοτήτων νερού.

Το μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου νερού παγκοσμίως χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών των εκάστοτε χωρών, καθώς οι ανάγκες για σίτιση γίνονται ολοένα αυξανόμενες. Υπολογίζεται ότι υπερβαίνει το 70% της συνολικής κατανάλωσης, ενώ στη χώρα μας το ποσοστό του νερού που διατίθεται για άρδευση κυμαίνεται γύρω στο 84% έναντι του 2-3% και 13% που διατίθεται για βιομηχανική και αστική χρήση αντίστοιχα (Παπαδόπουλος & Παρισόπουλος 2001). Οι πρακτικές που χρησιμοποιούνταν μέχρι προσφάτως στον τομέα των αρδεύσεων διέπονται από αλόγιστη χρήση του αρδευτικού νερού κι αυτό εξαιτίας της έλλειψης σωστού προγραμματισμού που είναι απόρροια του μη ακριβούς προσδιορισμού των αναγκών σε νερό κάθε καλλιέργειας. Είναι θεμιτό να υπολογίζεται με ακρίβεια η δόση και ο χρόνος εφαρμογής της άρδευσης, ο οποίος καθορίζεται από την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας και τις βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, καθώς και η διάρκεια άρδευσης η οποία εξαρτάται από τη διηθητικότητα του εδάφους και την αρδευτική μέθοδο που εφαρμόζεται

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή μελετάται η επίδραση της άρδευσης στο ύψος και στη διάμετρο δίσκων στο φυτό του ηλιανθου. Προκειμένου να καθοριστούν οι αρδευτικές ανάγκες της καλλιέργειας θα πρέπει αρχικά να καθοριστούν οι υδατικές απαιτήσεις των φυτών.

Σημαντικότερη παράμετρος που πρέπει να εκτιμηθεί προκειμένου να υπολογιστούν οι υδατικές απαιτήσεις και να καταρτιστεί σωστά ένα πρόγραμμα αρδεύσεως είναι η εξατμισοδιαπνοή των φυτών. Εξατμισοδιαπνοή είναι η ποσότητα νερού, που αναλώνεται με διαπνοή

από τα φυτά και με εξάτμιση από το έδαφος κάτω από ορισμένες συνθήκες. Η εξατμισοδιαπνοή μπορεί διαφορετικά να εκφραστεί και με ένα γενικότερο όρο γνωστό ως υδατοκατανάλωση. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή των φυτών μπορούν να χωριστούν σε εδαφικούς, φυτικούς και κλιματικούς.

Στους εδαφικούς περιλαμβάνεται η υδατοπερατότητα, η υφή, η δομή, το βάθος, η αλατότητα, ο αερισμός, η θερμοκρασία και η δυνατότητα στράγγισης του εδάφους.

Στους φυτικούς περιλαμβάνονται το είδος και η ποικιλία του φυτού, η πυκνότητα φύτευσης, η ηλικία και η ανάπτυξη του φυτού καθώς και το βάθος και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Οι παράγοντες αυτοί, σε συνδυασμό με τις συνθήκες περιβάλλοντος μπορούν να διαφοροποιήσουν το μέγεθος και την κατανομή της εξατμισοδιαπνοής από είδος σε είδος.

Στους κλιματικούς παράγοντες περιλαμβάνονται η ηλιοφάνεια και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, η θερμοκρασία, η υγρασία, ο άνεμος και η βροχή. Έντονη ηλιακή ακτινοβολία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας ιδιαίτερα στα εκτεθειμένα φύλλα. Υψηλή θερμοκρασία αέρος συχνά συνοδεύεται από χαμηλή σχετική υγρασία, η οποία τείνει να αυξήσει τη διαπνοή. Η διαπνοή είναι συνήθως υψηλότερη τις ανεμώδης ημέρες χωρίς όμως να αυξάνεται με την ένταση του αέρα. Η εμφάνιση μαρασμού σε ορισμένα φύλλα μετά από ισχυρούς ανέμους οφείλεται κυρίως στο συνδυασμό χαμηλής υγρασίας, υψηλής θερμοκρασίας, έντονης ηλιοφάνειας και μηχανικών τραυματισμών.

Η εξατμισοδιαπνοή εκφράζεται συνήθως ως απώλεια νερού σε χιλιοστά ανά μονάδα χρόνου. Η έκταση λαμβάνεται υπόψη όταν επιθυμούμε να υπολογίσουμε τον όγκο του απαιτούμενου νερού.

Η εξατμισοδιαπνοή ποικίλει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή. Διαφορές εντοπίζονται ακόμη και εντός μιας συγκεκριμένης έκτασης. Η εξατμισοδιαπνοή ποικίλει σημαντικά και κατά τη διάρκεια του έτους.

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής υπάρχουν πολλές μέθοδοι, οι οποίες διακρίνονται σε άμεσες και έμμεσες. Οι άμεσες μέθοδοι στηρίζονται στην απευθείας μέτρηση της μεταβολής της υγρασίας του εδάφους, η οποία εκφράζει με τρόπο άμεσο την εξατμισοδιαπνεόμενη ποσότητα νερού σε μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Ο προσδιορισμός της εδαφικής υγρασίας μπορεί να επιτευχτεί είτε με επαναληπτική λήψη εδαφικών δειγμάτων είτε με την χρήση τασιμέτρων.

Οι έμμεσες μέθοδοι στηρίζονται στην εφαρμογή εμπειρικών σχέσεων ή τύπων που αναπτύχθηκαν κάτω από ορισμένες κλιματολογικές και άλλες συνθήκες, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη όταν, λόγω ελλείψεως πειραματικών δεδομένων από άμεσες μετρήσεις, προσφεύγει κανείς στην εφαρμογή τους.

Ως δόση άρδευσης ορίζεται η ποσότητα του νερού, που απαιτείται να εφαρμοστεί σε κάθε άρδευση ώστε να καλυφτεί η εξατμισοδιαπνοή ή υδατοκατανάλωση. Η δόση άρδευσης επιδιώκεται να είναι κανονική γιατί διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος ελλειμματικής ή πλεονασματικής αρδεύσεως.

Ως εύρος άρδευσης εννοούμε το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων. Κριτήριο καθορισμού του αποτελεί ή υδατοκατανάλωση.

Διάρκεια άρδευσης ορίζεται ο χρόνος από την έναρξη μέχρι και τη λήξη κάθε άρδευσης.

Με τον όρο αρδευτική περίοδος εννοούμε το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την πρώτη έως την τελευταία εφαρμογή άρδευσης στη διάρκεια του ημερολογιακού έτους. Άρδευση εφαρμόζεται κατά την περίοδο αυτή διότι το έλλειμμα εδαφικής υγρασίας δεν μπορεί να καλυφθεί μέσω των βροχοπτώσεων.

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή προσεγγίζονται πειραματικά δυο διαφορετικές δόσεις άρδευσης στην καλλιέργεια ηλίανθου. Στην πρώτη δόση άρδευσης καλύπτεται το 60% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ενώ στη δεύτερη δόση καλύπτεται το 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

2.1 Ιστορία της καλλιέργειας

Ο ηλιανθος πήρε το όνομά του από τις λέξεις ήλιος και άνθος. Όπως υπολογίζεται το φυτό χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά γύρω στα 2.600 π.Χ. από τους ιθαγενείς της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής. Αυτοί μάζευαν τους μεγαλύτερους σπόρους του φυτού και τους ξαναφύτευαν, καταφέροντας έτσι να παράγουν μεγαλύτερους σπόρους από ότι είχε αρχικά το φυτό. Οι Αζτέκοι του Μεξικού, οι Ίνκας του Περού και οι Οτόμι λάτρευαν τις εικόνες του ηλιανθου που για αυτούς συμβόλιζαν τον Θεό Ήλιο. Οι πολεμιστές των ιθαγενών έπαιρναν μαζί τους ένα προσεκτικά δεμένο βόλο φτιαγμένο από σπόρους του φυτού για να τρώνε όταν είναι κουρασμένοι, ώστε να επανακάμπτουν γρήγορα.

Τον 16ο αιώνα ομοιώματα από χρυσάφι εμφανίστηκαν στην Ισπανία. Τότε ήταν η εποχή που το φυτό μεταφέρθηκε στην Ευρώπη, περίπου το 1514. Ο ηλιανθος καλλιεργήθηκε σε μεγάλη κλίμακα στην περιοχή της Ρωσίας για εδώδιμους σκοπούς , καθώς επίσης και για το παραγόμενο λάδι του. Εκεί με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκαν νέες ποικιλίες, οι οποίες κατάφεραν να ανεβάσουν την απόδοση σε έλαιο από 28% που ήταν στις Η.Π.Α. στο 50% περίπου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι Η.Π.Α. να επανεισάγουν το 1870 τους σπόρους από την Ρωσία και να καλλιεργήσουν στη συνέχεια τις βελτιωμένες ποικιλίες αυτές.

Οι πρώτες απόπειρες βελτίωσης του ηλιανθου ξεκίνησαν με την εξάπλωση της καλλιέργειας του ηλιανθου ως ελαιοδοτικό φυτό. Εξαιτίας των ερμαφρόδιτων ανθέων, η επίτευξη της ετέρωσης στα υβρίδια ηλιανθου έγινε εφικτή μετά την ταυτοποίηση κατάλληλων πηγών αρρενοστεριότητας. Τα υβρίδια ηλιανθου συνέβαλλαν, χωρίς αμφιβολία, στην αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής ηλιανθου από 8 σε πάνω από 14εκ. ha. Η χρήση υβριδίων είναι πιο αποτελεσματική στην αντιμετώπιση διαφόρων ασθενειών, μέσω ανθεκτικότητας και στην επίτευξη αυξημένων αποδόσεων, σε σχέση με τη χρήση ποικιλιών ή φυσικών πληθυσμών (Škorić, 1992).

Ο Soldatov (1976) έκανε μια σημαντική διαφοροποίηση στη σύνθεση του ηλιέλαιου. Ανέπτυξε έναν τύπο ηλιανθου με υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ, μέσω μιας μετάλλαξης. Εφαρμόζοντας στο σπόρο της ποικιλίας VNIIMK8931 ένα διάλυμα 0,5% DMS (dimethyl sulphate) και συλλέγοντας στην M3 γενιά σπόρους φυτών με περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ πάνω από 500g/kg. Στις επόμενες γενιές συλλέγοντας σπόρους με ακόμα μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ελαϊκό, δημιούργησε τελικά μια ποικιλία με το όνομα Pervenents με μεγάλη

περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ. Ακολούθησαν διάφορες ποικιλίες με την ίδια βάση από πολλούς ερευνητές μέχρι σήμερα (Škorić, 1992).

Σήμερα το φυτό καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο, με το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής σε ηλιάνθο να προέρχεται κυρίως από τη Ρωσία, τις Η.Π.Α. και την Ινδία, ενώ καλλιεργείται σε ικανοποιητικά ποσοστά σε χώρες όπως η Κίνα, η Τουρκία, η Ισπανία, η Γαλλία, η Ουκρανία και άλλες. Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε στα 24,2 εκατ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 195 εκατ. στρέμματα εκ των οποίων, περισσότερα από 100 εκατ. καλλιεργήθηκαν στην Ευρώπη (FAO, 2004).

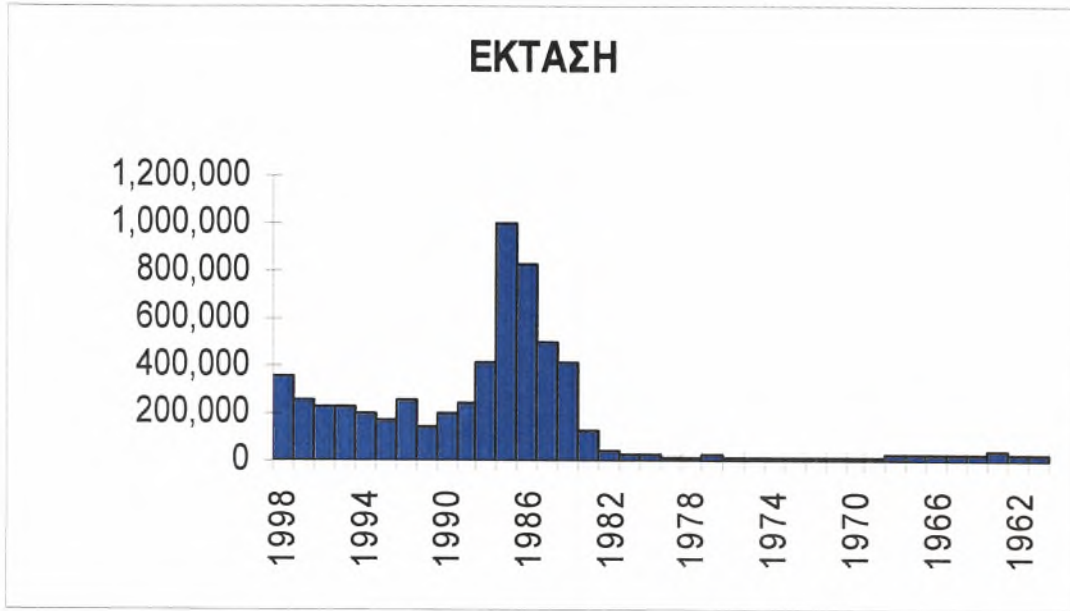
2.2 Σημασία για την Ελλάδα

Στην Ελλάδα ο ηλιάνθος καλλιεργείται σε σχετικά περιορισμένη έκταση λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική καλλιεργήσιμη έκταση και τη δυνατότητα που δίνεται στη χώρα μέσω της οδηγίας 2003/30/ΕΚ. Οι επίσημοι οργανισμοί δείχνουν ότι καλλιεργείται μια έκταση 150.000 στρεμμάτων και παράγονται 19.000 τόνοι, δίνοντας μια μέση παραγωγή 127 κιλά το στρέμμα (Πηγή: FAOSTAT, 2007). Σύμφωνα με την 2003/30/ΕΚ θα έπρεπε ήδη να προσεγγίζονται τα 1.500.000 στρέμματα. Οι περιοχές στις οποίες συναντάται η γεωργική εκμετάλλευση του φυτού αυτού, εντοπίζονται κυρίως στο βόρειο-ανατολικό τμήμα της χώρας και ειδικότερα στις περιοχές της Θράκης (Ν. Έβρου), ενώ πιο αραιά στην κεντρική και ανατολική Μακεδονία (Πίνακας 2.1).

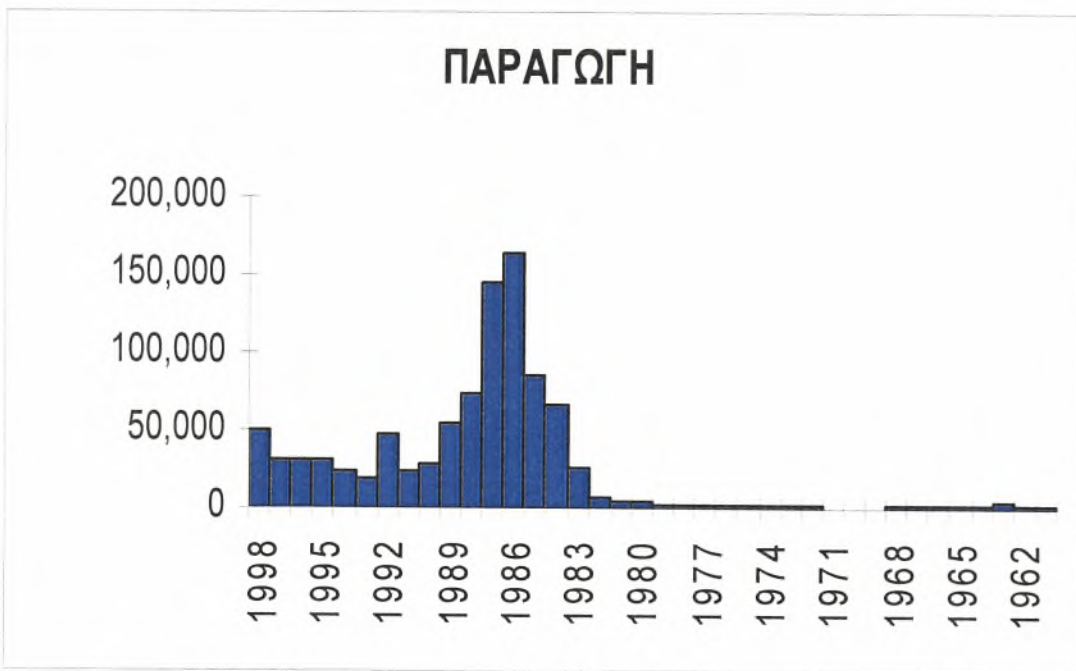
Από στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων παρατηρείται μια αυξομείωση όσον αφορά την καλλιέργεια του ηλιάνθου στον ελλαδικό χώρο (περίοδος 1961-1998). Την περίοδο 1983- 1989 υπάρχει ένα έντονο ενδιαφέρον από την πλευρά των παραγωγών το οποίο με τον καιρό φθίνει, ενώ από το 1994 και ύστερα τόσο οι καλλιεργούμενες εκτάσεις όσο και η παραγωγή ακολουθούν μια σχετικά σταθερή ανοδική πορεία.

Πίνακας 2.1. Η καλλιέργεια του ηλιάνθου στην Ελλάδα για το έτος 2007
(Πηγή: BIOS AGROSYSTEMS)

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡ.)
Ορεσιάδα	39737
Σέρρες	2000
Θεσσαλονίκη(Σωχός-Ν.Μεσήμβρια)	1316
Φλώρινα- Αμύνταιο	1539
Πτολεμαΐδα	180
Γρεβενά- Δεσκάτη	285
Καρδίτσα	30
ΣΥΝΟΛΟ	45087



Διάγραμμα 2.1. Γραφική απεικόνιση της καλλιεργούμενης έκτασης σε στρέμματα (περίοδος 1961- 1998).



Διάγραμμα 2.2. Γραφική απεικόνιση της παραγωγής σε τόνους (περίοδος 1961- 1998).

Πίνακας 2.2. Στρεμματικές εκτάσεις, παραγωγή και στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας του ηλιανθου στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1961- 1998.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ			
ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρέμματα)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τόνοι)	ΣΤΡΕΜ. ΑΠΟΔΟΣΗ (κιλά/στρ.)
1998	354.000	50.000	141
1997	260.000	30.000	115
1996	230.900	31.300	136
1995	224.000	30.000	134
1994	204.000	23.000	113
1993	175.000	19.000	109
1992	261.560	47.000	180
1991	141.000	23.320	165
1990	194.500	29.637	152
1989	250.000	54.164	217
1988	420.610	74.783	178
1987	1.003.870	146.060	145
1986	831.269	165.250	199
1985	498.745	84.752	170
1984	417.777	67.235	161
1983	128.960	26.115	203
1982	42.290	7.460	176
1981	27.560	4.040	147
1980	31.150	4.800	154
1979	14.500	2.370	163
1978	14.800	2.000	135
1977	24.900	3.135	126
1976	17.725	2.314	131
1975	16.060	2.121	132
1974	20.420	2.100	103
1973	19.640	2.134	109
1972	17.400	1.988	114
1971	10.470	988	94
1970	9.460	1.043	110
1969	8.580	1.123	131
1968	21.997	1.948	89
1967	24.084	2.411	100
1966	24.375	2.293	94
1965	27.520	1.856	67
1964	35.607	3.007	84
1963	42.328	3.733	88
1962	30.751	2.895	94
1961	27.548	2,310	84

(Πηγή: ΥΠΑΑΤ)

2.3 Βοτανική περιγραφή

2.3.1 Γενικά

Είναι δικοτυλήδονο φυτό και ανήκει στην οικογένεια Asteraceae της τάξης Compositae και στο είδος *Helianthus annuus*. Το φυτό είναι ετήσιο, χωρίς κλαδιά, ευθύγραμμο και αναπτύσσεται εύκολα. Έχει αριθμό χρωμοσωμάτων $x = 17$, $2x = 34$ και πολλαπλασιάζεται με σπέρματα (Βαρδαβάκης, 1994). Τα είδη *H. annuus* και *H. tuberosus* χρησιμοποιούνται ως είδη διατροφής, ενώ τα είδη *H. argophyllus*, *H. debilis*, *H. decapetalus*, *H. maximiliani* και *H. Salisifolius* καλλιεργούνται ως καλλωπιστικά . Οι ποικιλίες διακρίνονται αναλόγως του ύψους σε υψηλόσωμες, μετριόσωμες και χαμηλόσωμες .



Εικόνα 2.1. Ηλιάνθος.

2.3.2 Ριζικό σύστημα

Ο ηλιάνθος αναπτύσσει ένα βαθύ ριζικό σύστημα, πασσαλώδες. Το ριζικό σύστημα του ηλιάνθου προχωράει βαθιά στο χώμα και διακλαδίζεται σε πολλές πλάγιες δευτερογενείς ρίζες, οι οποίες είναι πυκνές και λεπτές και αναπτύσσονται σε βάθος περίπου 30cm. Οι πρωτογενείς ρίζες του φυτού μπορούν να φτάσουν και να ξεπεράσουν τα 2m (Sandras *et al.*, 1989).

Έρευνες έχουν δείξει ότι μπορεί να απορροφήσει μεγαλύτερη ποσότητα νερού από βαθιά στρώματα εδάφους σε σχέση με άλλα φυτά. Επομένως είναι σε θέση να αντλεί το άζωτο και την υγρασία από τα χαμηλότερα στρώματα του εδάφους, έτσι ώστε να αναπτύσσεται και σε περιοχές που χαρακτηρίζονται πολύ ξηρές για άλλες καλλιέργειες και έχουν περιορισμένες βροχοπτώσεις.

Παρουσιάζει όμως μικρή διεισδυτικότητα (Bremmer και Preston, 1990). Το φύτερωμα και η ανάπτυξη των φυτών πάνω από την επιφάνεια

του εδάφους γίνεται με την ενεργοποίηση και την επιμήκυνση του υποκοτυλίου. Το φύτευμα γίνεται εύκολα με κανονικές θερμοκρασίες και έδαφος χωρίς κρούστα (Αυγουλάς 2008). Η βλάστηση των σπόρων του ηλιάνθου επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες από 3ο έως 30ο C, είναι όμως ταχύτερη από 6ο έως 23ο C (Connor και Sandras, 1992).

2.3.3 Βλαστός

Ο βλαστός είναι ποώδης και μπορεί να φτάσει σε μήκος μέχρι και τα 3,5m (σε βρώσιμες ποικιλίες, ενώ σε ελαιούχες κυμαίνεται από 0,8-2,5m) και όπως και τα φύλλα του ηλιάνθου, καλύπτεται από σκληρά τριχίδια, τα οποία προστατεύουν το φυτό από τα φυτοφάγα ζώα. Ο ηλιάνθος έχει ένα μόνο στέλεχος, το οποίο διακλαδίζεται σπάνια (Βαρδαβάκης, 1994).



Εικόνα 2.2. Βλαστός Ηλιάνθου

2.3.4 Φύλλα

Τα φύλλα είναι αντικριστά, ωοειδή, με στρώματα που έχουν 3 κύρια νεύρα μήκους 10-30 εκ και πλάτους 5-20 εκ, ενώ τα καμηλότερα φύλλα είναι αντικριστά και καρδιόσχημα. Περιφερειακά είναι οδοντωτά ή πριονωτά και φέρουν πολλές νευρώσεις. Η έκφυση των πρώτων πέντε ζευγαριών γίνεται αντίθετα, ενώ στα επόμενα κυλινδρικά και ο αριθμός τους κυμαίνεται από 20-30 φύλλα/φυτό.



Εικόνα 2.3. Φύλλα Ηλιάνθου

2.3.5 Ταξιανθία

Ο ηλιάνθος δεν έχει ένα μόνο άνθος αλλά υπάρχουν πολλά μικρά άνθη συγκεντρωμένα μαζί σε ένα, που είναι γνωστό ως κεφαλή. Η κεφαλή του κεντρικού άνθους έχει διάμετρο 10-40cm, ενώ τα άνθη στα πλαϊνά κλαδιά είναι μικρότερα. Οι καλλιεργούμενες μορφές διακρίνονται από τις μεγάλες ταξιανθίες, σε ποικιλίες από γιγαντιαίους τύπους των 2m και ψηλότερα με ταξιανθίες μήκους 50cm, μέχρι τύπους νάνου που φθάνουν το 1m. Τα τυπικά ελαιοπαραγωγικά φυτά φθάνουν περίπου το 1,5m σε ύψος, με 25cm capitula, και έχουν αχαιμία μαύρα, λευκά ή ριγωτά.

Η ταξιανθία των ελαιούχων ποικιλιών ηλιάνθου περιέχει από 700 έως 4.000 άνθη, και των ποικιλιών που προορίζονται για πασατέμπο περιέχουν έως 8000 πάντα σε συνάρτηση με τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασία), τις καλλιεργητικές φροντίδες (νερό, λίπασμα) και την καλλιεργούμενη ποικιλία.

Τα άνθη της διατάσσονται σε ομόκεντρα τόξα και η άνθηση αρχίζει από τα περιφερειακά άνθη και συνεχίζεται προς το κέντρο της ταξιανθίας. Καθημερινά ανοίγουν από 1 έως 4 σειρές και η περίοδος αυτή διαρκεί από 7 έως 17 ημέρες αναλόγως των θερμοκρασιών. Οι χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνουν την περίοδο της ανθοφορίας, ενώ οι πολύ υψηλές την επιταχύνουν.

Εξωτερικά της κεφαλής υπάρχει μια σειρά ελαφρώς πράσινων μικροσκοπικών φύλλων. Δίπλα σ' αυτά βρίσκονται τα ακτινωτά άνθη, τα οποία είναι συνήθως κίτρινα, άγωνα και έχουν σκοπό την προσέλκυση των εντόμων. Τα άνθη στο κέντρο της κεφαλής λέγονται δίσκοι, είναι μικρότερα και αρκετά διαφορετικά σε σχήμα και χρώμα. Οι δίσκοι αποτελούνται από μία αυλακωτή στεφάνη με πέντε λοβούς, που αντιπροσωπεύει πέντε θρυαλλίδες πετάλων. Κάτω από τη στεφάνη υπάρχει η χαμηλότερη ωοθήκη. Από την άλλη πλευρά, πάνω από την ωοθήκη υπάρχουν δύο μικρά pappi (τεχνική ονομασία). Σε πολλά άλλα φυτά αυτά χρησιμεύουν για τη σωστή κατανομή του καρπού. Στον ηλιάνθο το pappus δεν έχει προφανή λειτουργία ή αυτή μειώνεται όσο ωριμάζει ο καρπός. Τα δισκοειδή άνθη είναι τέλεια, τοποθετημένα ελικοειδώς στην κεφαλή, είναι σταυρεπικονιαζόμενα και προσαρμόζονται καλά στην γονιμοποίηση που γίνεται με τη βοήθεια των εντόμων.



Εικόνα 2.4. Ταξιανθία ηλιάνθου

2.3.6 Καρπός

Ο καρπός είναι αχαινίο, έχει χρώμα μαύρο, σταχτί ή γκρι, κηλιδωτό μέχρι άσπρο. Το σχήμα του είναι επίμηκες και μοιάζει με ρόμβο. Το μέγεθος του σπόρου κυμαίνεται σε μεγάλα όρια και οι σπόροι αποτελούν το μισό βάρος του ξηρού δίσκου. Το βάρος των 1000 σπόρων κυμαίνεται από 40 έως 100g. Οι σπόροι των ποικιλιών για λάδι συνήθως είναι πιο μικροί, πιο στρογγυλοί και συμπαγείς (Αυγουλάς 2008).

Ο καρπός του ηλιάνθου συνήθως καλείται «σπόρος» Κατά μέσο όρο 100kg σπόρων δίνουν 40kg φλοιούς και 60kg ψίχα. Η αποφλοιώση των σπόρων γίνεται με το πέρασμα των σπόρων ανάμεσα σε δίσκους που περιστρέφονται κατ' αντίθετη φορά.

Η μεταξύ του απόσταση ρυθμίζεται έτσι ώστε να σπάζει μόνο ο φλοιός. Ακολουθεί διαχωρισμός με κοσκίνισμα. Η κατεργασία των σπόρων γίνεται με πίεση σε πιεστήρια, όπου η απόδοση των αποφλοιωμένων σπόρων φτάνει το 38% κατά βάρος ή με εκχύλιση, όπου η απόδοση των σπόρων φτάνει το 44-45% κατά βάρος (Μπαλατσούρας, 1995).



Εικόνα 2.5. Καρπός Ηλιάνθου.

2.3.7 Απόδοση των σπόρων σε λάδι

Η απόδοση των σπόρων σε λάδι κυμαίνεται 30-50%, Η κατεργασία των σπόρων γίνεται με πίεση σε πιεστήρια, όπου η απόδοση των αποφλοιωμένων σπόρων φτάνει το 38% κατά βάρος ή με εκχύλιση, όπου η απόδοση των σπόρων φτάνει το 44-45% κατά βάρος.

Τα ελαιούχα φυτά είναι η βασική πηγή λιπαρών για την ανθρωπότητα. Ο ηλιάνθος μαζί με την σόγια, το βαμβάκι και την ελαιοκράμβη αποτελούν το 85% της παγκόσμιας παραγωγής λαδιού. Η αναλογία των λιπαρών οξέων που περιέχονται στο ηλιέλαιο είναι 65% λινολεϊκό οξύ (πολυακόρεστα λιπαρά), 20-25% ολεϊκό οξύ (μονοακόρεστα λιπαρά) και 10-15% κορεσμένα λιπαρά.. Υπό θερμές

συνθήκες η περιεκτικότητα σε ολεϊκό είναι υψηλότερη και σε λινολεϊκό χαμηλότερη, ενώ κεκορεσμένα οξέα, παλμιτικό και στεατικό, σπάνια υπερβαίνουν το 12%. Ο high-oleic ηλιάνθος είναι τύπος γενετικού υλικού που προήλθε από προγράμματα βελτίωσης, κάτι που ήδη είχε ξεκινήσει από τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Το λάδι που προέρχεται από high – oleic ηλιάνθο περιέχει πολύ μεγαλύτερο ποσοστό ολεϊκού οξέος 85% ενώ το περιεχόμενο του λινολεϊκού είναι μειωμένο στο 10% και τα κορεσμένα λιπαρά επίσης μειωμένα. Οι χρήσεις των λαδιών που προέρχονται από high – oleic υβρίδια ηλιάνθου είναι πολλές και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες ενώ η ζήτησή τους είναι διαρκώς αυξανόμενη.

Τα συγκεκριμένα λάδια είναι πολύ ελκυστικότερα λόγω της πολύ καλής ισορροπίας λιπαρών που έχουν. Διευκολύνουν τον μεταβολισμό της χοληστερόλης και έχουν λιγότερα trans – ισομερή λιπαρά οξέα, τα οποία είναι συνδεδεμένα με αυξημένη πιθανότητα καρδιαγγειακών παθήσεων. Επίσης έχουν μειωμένο ποσοστό κορεσμένων λιπαρών και είναι πλούσια σε βιταμίνη Ε, η οποία είναι φυσικό αντιοξειδωτικό. Οι ιδιότητες αυτές τα καθιστούν υγιεινότερα λάδια για την ανθρώπινη διατροφή. Έτσι το ηλιέλαιο που παράγεται με ψυχρή πίεση, αλλά όχι του εμπορίου, κατεβάζει τη χοληστερίνη και προστατεύει από την αρτηριοσκλήρυνση.

Το άνθος περιέχει ένα φλαβονικό γλυκοσίδιο την κουρσιμετρίνη, που συνοδεύεται από μία δεκάδα ακόμη χημικών ενώσεων, μεταξύ των οποίων είναι η ιστιδίνη. Οι σπόροι περιέχουν εκτός από έλαιο, πρωτεΐνες, κυτταρίνη, τανίνη, λεκιθίνες, μεθειονίνη, ασβέστιο, μαγνήσιο, σίδηρο, κάλιο, φώσφορο, σελήνιο, ψευδάργυρο βιταμίνες Α, Β, C, Ε, Κ, νιασίνη κ.α.

Οι άψητοι σπόροι του φυτού είναι θρεπτικοί, έχουν λίγες θερμίδες και ηρεμούν το νευρικό σύστημα. Προστατεύουν από τον σχηματισμό πέτρας στα νεφρά και τη χολή. Ακόμη βοηθούν τη λειτουργία του προστάτη και γενικά του πεπτικού, του ουροποιητικού και του αναπαραγωγικού συστήματος, ενώ προλαμβάνουν και ανακουφίζουν από τη ρευματοειδή αρθρίτιδα και βελτιώνουν την όραση. Επιπλέον βοηθούν στην απόχρεμψη, στο βήχα, το κρυολόγημα και τις ασθένειες των βρόγχων.

2.3.8 Αύξηση-Ανάπτυξη

Ο συνολικός χρόνος για την ανάπτυξη του φυτού του ηλιάνθου και ο χρόνος μεταξύ των διάφορων φάσεων ανάπτυξης, εξαρτάται από το γενετικό υπόβαθρο του φυτού και τις συνθήκες κατά την καλλιεργητική περίοδο. Για να προσδιοριστεί το στάδιο ανάπτυξης σε μια φυτεία ηλιάνθου, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος ανάπτυξης μεγάλου αριθμού φυτών. Αυτή η μέθοδος διαβάθμισης χρησιμοποιείται και για μεμονωμένα φυτά αλλά και για την ταξινόμηση μίας μόνης κεφαλής σε διακλαδωμένο φυτό ηλιάνθου.

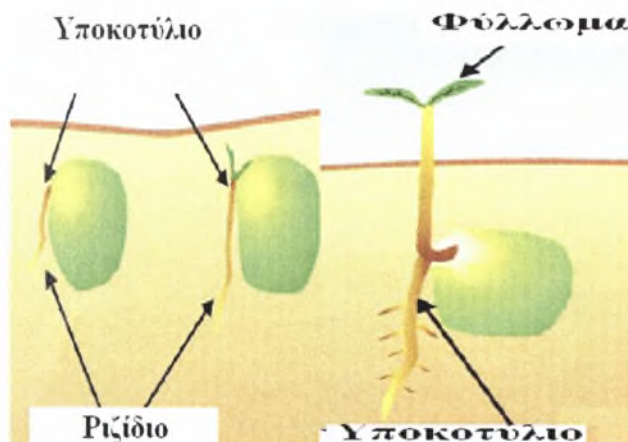
Ο ηλιάνθος έχει σχετικά μικρή περίοδο ανάπτυξης. Γενικά απαιτούνται 100-150 ημέρες από την σπορά μέχρι την ωρίμανση, σε συνάρτηση με το υβρίδιο, την καλλιέργεια και τη χρήση

(σποροπαραγωγή, αποθήκευση για ζωοτροφή). Τα φυτά είναι ανθεκτικά στην ξηρασία, εκτός της περιόδου ανθοφορίας. Κατά μέσο όρο απαιτούνται 6–10 ημέρες από τη σπορά έως το φύτερωμα, 30–40 ημέρες από το φύτερωμα έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 20–30 ημέρες από την εμφάνιση ταξιανθίας έως την έναρξη της ανθοφορίας, 7–12 ημέρες από την έναρξη έως την λήξη της ανθοφορίας και τέλος άλλες 30 ημέρες από τη λήξη της ανθοφορίας έως τη φυσιολογική ωρίμανση.

Κατά τη φυσιολογική ωρίμανση το πίσω μέρος των ταξιανθιών αποκτά χρώμα καστανό-κίτρινο με υγρασία περίπου 60–70%, ενώ οι σπόροι έχουν υγρασία 30–40%. Σε αυτό το στάδιο οι σπόροι έχουν τη μέγιστη τιμή σε ξηρό βάρος και τη μέγιστη περιεκτικότητα σε λάδι και αναλογία λινολεϊκού οξέος.

Ο βιολογικός κύκλος των φυτών του ηλιάνθου χωρίζεται σε διάφορα στάδια τα οποία ανταποκρίνονται σε μορφολογικές μεταβολές του φυτού και οι οποίες γίνονται εύκολα διακριτές. Το στάδιο στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργεια καθορίζεται από το στάδιο που βρίσκεται το 50% των φυτών της (Ξανθόπουλος, 1993). Υπάρχουν πολλοί τρόποι να διαχωριστούν τα στάδια ανάπτυξης. Ένα από τα πιο διαδεδομένα καθορίζει πέντε κύρια στάδια (Arnaud, 1986): Το καθένα από τα κύρια αυτά στάδια χωρίζεται σε επιμέρους στάδια, που προσδιορίζονται από δύο κωδικούς.

Φύτερωμα 1). Σπόρος, 2). ο σπόρος είναι ακόμα ξηρός, 3). τέλος της απορρόφησης νερού από το σπόρο, 4). έναρξη εξόδου του ριζιδίου, 5). το μήκος του βλαστιδίου είναι το μισό του σπόρου, 6). το βλαστίδιο είναι διπλάσιο σε μήκος από το σπόρο, 7). εμφάνιση κοτυληδόνων, 8). εμφάνιση των πρώτων φύλλων.



Εικόνα 2.6. Φύτερωμα Ηλιάνθου.

Βλαστικό στάδιο 1). 1ο ζευγάρι αντίθετων φύλλων έχει μήκος 4cm, 2). το 1ο ζευγάρι αντίθετων φύλλων διακρίνεται καλά, 3). το 2ο ζευγάρι αντίθετων φύλλων έχει μήκος 4cm, 4). το 2ο ζευγάρι αντίθετων φύλλων διακρίνεται καλά, 5). το 5ο φύλλο έχει μήκος 4cm, 6). το νιοστό φύλλο έχει μήκος 4cm



Εικόνα 2.7. Βλαστικό στάδιο.

Εμφάνιση ανθικής καταβολής 1.) εμφάνιση της ανθικής καταβολής (star stage) ανάμεσα στα φύλλα, 2). διάμετρος της ταξιανθίας 0,5-2cm, 3). η ταξιανθία έχει ξεχωρίσει από τα φύλλα και έχει διάμετρο 3-5cm, 4). διάμετρος ταξιανθίας 5-8cm, 5). η ταξιανθία είναι ακόμα κλειστή και τα περιφερειακά άνθη μόλις διακρίνονται



Εικόνα 2.8. Εμφάνιση ανθικής καταβολής

Άνθιση 1). τα περιφερειακά άνθη διακρίνονται καλά, 2). οι πρώτοι τρεις κύκλοι γόνιμων ανθέων έχουν ανοίξει, 3). οι επόμενοι τρεις κύκλοι ανθέων έχουν ανοίξει, 4). οι πρώτοι τρεις κύκλοι γόνιμων ανθέων έχουν γονιμοποιηθεί, οι επόμενοι τρεις έχουν ακόμη το στίγμα ανοικτό και οι τρεις που ακολουθούν μόλις ανοίγουν, 6). όλα τα άνθη, έχουν ανοίξει τα περιφερειακά άνθη έχουν μαραθεί.

Ωρίμανση 1). τα περιφερειακά άνθη έχουν πέσει, ενώ ακόμα η πίσω πλευρά της ταξιανθίας είναι πράσινη, 2). η πίσω πλευρά της ταξιανθίας αρχίζει να κιτρινίζει, οι σπόροι έχουν υγρασία 50% και η υπόλοιπη κεφαλή 80%, η πίσω πλευρά της κεφαλής και τα βράκτια έχουν κιτρινίσει, η υγρασία των σπόρων είναι γύρω στο 40% και τα κάτω έχουν ξεραθεί, 3). η πίσω πλευρά της κεφαλής είναι κίτρινη, τα βράκτια αρχίζουν να γίνονται καστανά και η υγρασία των σπόρων μειώνεται στο 30%, 4). τα βράκτια της κεφαλής έχουν γίνει κατά 75% καστανά, η υγρασία των σπόρων περίπου 20-25% και τα 2/3 των κατώτερων φύλλων έχει ξηραθεί, 5).όλο το πίσω μέρος της κεφαλής έχει γίνει καστανό, η υγρασία κυμαίνεται στο 15% και όλα σχεδόν τα φύλλα έχουν ξεραθεί, 6). όλα τα μέρη του φυτού έχουν γίνει καστανά και η υγρασία των σπόρων κυμαίνεται στο 10%.

2.3.9 Φυλλική επιφάνεια

Για την μελέτη της φυλλικής επιφάνειας υπολογίστηκε ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας LAI (leaf area index) Ο δείκτης LAI έχει μεγάλη σπουδαιότητα για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και την

παραγωγή φωτοσυνθετικών προϊόντων στο φυτό. Όπως παρουσιάζεται ο δείκτης LAI αυξάνει μέχρι περίπου τα μισά του βιολογικού κύκλου ενώ στην συνέχεια παρουσιάζει μείωση. Τα υβρίδια φαίνεται να αποκτούν τον μέγιστο LAI στο στάδιο της πλήρους άνθισης (75 ημέρες από τη σπορά).

Σύμφωνα με τους Curina και Vasiljevic (1974) τα υβρίδια του ηλιάνθου προκειμένου να έχουν βελτιωμένες αποδόσεις, πρέπει να αναπτύσσουν την μέγιστη φυλλική επιφάνεια στο συντομότερο χρονικό διάστημα και να την διατηρούν όσο το δυνατό περισσότερο. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας εκφράζει την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας, πράγμα το οποίο έγκειται στο γεγονός ότι ο προσδιορισμός του ποσοστού αφομοίωσης νερού και θρεπτικών στοιχείων σε ένα φύλλο απαιτεί την ακριβή μέτρηση της επιφάνειάς του. Η μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας γίνεται με τη χρήση οργάνου που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

2.3.10 Μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας με το σύστημα SunScan

Με βάση την έμμεση μέθοδο μέτρησης της ακτινοβολίας έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα μέτρησης του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Breda, 2003). Ένα από αυτά τα συστήματα είναι το SunScan canopy analysis system (της Delta-T Devices Ltd), το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις του LAI για τις ανάγκες αυτής της έρευνας.

Το SunScan μετρά τη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία με μήκος κύματος από 400-700 nm, πάνω και κάτω από το φύλλωμα της καλλιέργειας. Από τις μετρήσεις της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας υπολογίζεται ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας με χρήση του νόμου του Beer.

Κατά τους Potter et al. (1996) η χρήση του συστήματος SunScan πρέπει να γίνεται κατά τις μεσημβρινές ώρες όταν η γωνία κλίσης του ήλιου έχει μικρές τιμές. Ενώ πρέπει να αποφεύγονται μετρήσεις σε ώρες της ημέρας που η γωνία κλίσης είναι μεγαλύτερη από 60 μοίρες.

Το SunScan analysis system αποτελείται από τον ανιχνευτή SunScan, τον αισθητήρα BFS (Beam Fraction Sensor) και το τερματικό συλλογής δεδομένων. Ο ανιχνευτής SunScan είναι ένα φορητό όργανο μέτρησης της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας κάτω από το φύλλωμα των φυτών. Ο αισθητήρας BFS χρησιμοποιείται για την ταυτόχρονη μέτρηση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας πάνω από το φύλλωμα και για το διαχωρισμό της σε άμεση και διαχεόμενη. Το τερματικό συλλογής δεδομένων είναι ένας μικροεπεξεργαστής, όπου καταγράφονται οι μετρήσεις του ανιχνευτή SunScan και του αισθητήρα BFS και υπολογίζεται αυτόματα η τιμή του LAI.

Το σύστημα SunScan παρουσιάζει έναντι των άλλων έμμεσων μεθόδων το πλεονέκτημα ότι οι μετρήσεις που γίνονται μ' αυτό, είναι ανεξάρτητες από την κατάσταση του ουρανού όσον αφορά τη νέφωση και δεν επηρεάζονται από τις παροδικές νεφώσεις.

Ενώ άλλα συστήματα απαιτούν σταθερή κατάσταση του ουρανού για μεγάλο διάστημα της ημέρας (Wilhelm et al., 2000). Το πλεονέκτημα

αυτό του συστήματος SunScan οφείλεται στην ταυτόχρονη μέτρηση της ακτινοβολίας πάνω και κάτω από το φύλλωμα της καλλιέργειας.

Οι μετρήσεις του LAI πραγματοποιούνταν κάθε μήνα περίπου, με κάποιες αποκλίσεις των διαστημάτων μεταξύ δυο διαδοχικών μετρήσεων που οφείλονταν κυρίως σε αντικειμενικούς λόγους π.χ. πολύ υγρό έδαφος λόγω άρδευσης ή βροχοπτώσης. Όλες οι παρατηρήσεις πραγματοποιούνταν πάντα στις ίδιες θέσεις που είχαν καθοριστεί κατά την πρώτη μέτρηση. Σε κάθε θέση η έκταση ήταν ίση με 1,5 m² (όσο το μήκος του ανικνευτή) παράλληλα προς τις γραμμές σποράς επί την απόσταση τριών γραμμών της καλλιέργειας (3 x 0,5 m). Η έκταση αυτή καλύπτονταν με 12 μετρήσεις, ο μέσος όρος των οποίων καταγράφονταν ως τιμή του LAI για τη συγκεκριμένη θέση.

2.4 Κλιματολογικές απαιτήσεις

2.4.1 Θερμοκρασία

Η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης του ηλιάνθου ποικίλει αναλόγως του γενότυπου από 4 έως 8°C. Οι σπόροι βλαστάνουν σε θερμοκρασίες 4° C, ενώ σε θερμοκρασίες αέρος 15° C έχουμε το ταχύτερο φύτρωμα (3–4 ημέρες). Τα νεαρά φυτά (στάδιο κοτυληδόνας) είναι ανθεκτικά στο ψύχος (-5°C), ενώ η αντοχή αυτή μειώνεται σταδιακά έως το στάδιο των 6–7 φύλλων, όπου οι χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στο φυτό.

Η βέλτιστη θερμοκρασία ημέρας για την ανάπτυξη του φυτού είναι 25–33° C, ενώ σε χαμηλότερα επίπεδα θερμοκρασιών (π.χ. 20°C) η ανάπτυξη του φυτού επιμηκύνεται. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. > 35°C) η ανάπτυξη επιταχύνεται με αναπόφευκτη τη μείωση της απόδοσης. Σημαντική επίδραση επίσης στην παραγωγικότητα του ηλιάνθου έχουν και οι θερμοκρασίες της νύχτας, καθώς σε υψηλές νυκτερινές θερμοκρασίες (> 25° C) η αναπνοή αυξάνεται δραματικά με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Συνοψίζοντας, υψηλές αποδόσεις ηλιάνθου επιτυγχάνονται κάτω από θερμοκρασίες ημέρας 25–30°C και νύχτας 15–20°C.

2.4.2 Φως

Η καλλιέργεια αυτή είναι πολύ απαιτητική σε φως. Σε εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας >550 W/m² ο ηλιάνθος δεσμεύει από την ατμόσφαιρα περί τα 5,5 kg διοξειδίου του άνθρακα ανά στρέμμα φύλλου ανά ώρα, ρυθμός πολύ υψηλός για ένα C3 φυτό. Οι άριστες θερμοκρασίες για τη φωτοσύνθεση είναι περί τους 30 °C. Ο ηλιάνθος δεν αντιδρά συνήθως στο φωτοπεριοδισμό (ουδέτερο φυτό), διότι ανθίζει σε μεγάλο μήκος ημέρας.

2.4.3 Έδαφος

Ο ηλιάνθος μπορεί να ευδοκιμήσει σε όλων των ειδών τα εδάφη, με τα βαθιά και καλά στραγγιζόμενα να δίνουν τα καλύτερα

αποτελέσματα. Αναπτύσσεται το ίδιο καλά τόσο σε ελαφρώς όξινο, όσο και σε αλκαλικό έδαφος (pH = 5,6- 8,2), ενώ η άριστη τιμή του pH για την ανάπτυξη του κυμαίνεται από 6 έως 7,2. Σε φτωκά εδάφη στα οποία επικρατούν ξηρές συνθήκες, το νερό κατά τη διάρκεια της άνοιξης είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Σε γόνιμα εδάφη πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική ποσότητα αζώτου γιατί υπάρχει κίνδυνος πλαγιάσματος των φυτών. Σε γενικές γραμμές η καλλιέργεια του ηλιάνθου μπορεί να αξιοποιήσει μη αρδευόμενα και χαμηλής γονιμότητας εδάφη, δίνοντας ικανοποιητικές αποδόσεις, οι οποίες βελτιώνονται ακόμη περισσότερο όταν υπάρχει δυνατότητα άρδευσης.

2.4.4 Υγρασία

Στο στάδιο του φυτρώματος είναι απαραίτητη η υγρασία του εδάφους για ομοιόμορφο και άριστο φύτευμα. Το κρίσιμο στάδιο αναγκών της καλλιέργειας σε νερό είναι η περίοδος της ανθοφορίας.

2.5 Τεχνική της καλλιέργειας

2.5.1 Προετοιμασία πριν την σπορά

Κατά κανόνα η προετοιμασία του αγρού αρχίζει το φθινόπωρο με ένα όργωμα (25–35 εκατοστά) για να παρακωθούν τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας και να αυξηθεί ο αερισμός και η συγκράτηση της υγρασίας. Σε περιπτώσεις που τα εδάφη είναι ελαφρά (αμμώδη) και επικλινή, όποτε υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης, το όργωμα μπορεί να γίνει νωρίς την άνοιξη. Λίγες ημέρες πριν την σπορά πραγματοποιείται η προετοιμασία του αγρού με 1-2 περάσματα με καλλιεργητή ή δισκοσβάρνα.

2.5.2 Σπορά

Η σπορά γίνεται νωρίς την άνοιξη και όταν η θερμοκρασία εδάφους σταθεροποιηθεί στους 80C. Με την πρώιμη σπορά αυξάνονται οι στρεμματικές αποδόσεις και η περιεκτικότητα του σπόρου σε έλαιο. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στο φυτό να αξιοποιήσει τις βροχές το Μάιο και Ιούνιο, μια που το κρίσιμο στάδιο για την παραγωγή του ηλιάνθου είναι το τελείωμα της ανθοφορίας. Η κατάλληλη εποχή σποράς είναι το διάστημα μεταξύ 20 Μαρτίου και 20 Απριλίου, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να γίνει μέχρι και το πρώτο δεκαήμερο του Μαΐου.

Η σπορά γίνεται γραμμικά με πνευματικές μηχανές ή και με το χέρι σε αυλάκια, όταν η έκταση που θα καλλιεργηθεί είναι περιορισμένη. Οι αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των γραμμών είναι 75cm και επί της γραμμής σποράς 20-22cm για γόνιμα και αρδευόμενα εδάφη, ενώ σε πιο φτωκά και αδύνατα εδάφη όπου επικρατούν ξηρές συνθήκες η απόσταση επί της γραμμής γίνεται 25cm. Τα επιθυμητά επίπεδα του αριθμού των φυτών ανά στρέμμα για μια καλλιέργεια ηλιάνθου κυμαίνονται μεταξύ 4500- 5000 για ξηρικές καλλιέργειες και

5500- 6000 για ποτιστικές. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται μια ποσότητα σπόρου περίπου 350-500 gr / στρ., δηλαδή ένας σάκος 150.000 σπόρων όπωσ πωλείται στο εμπόριο καλύπτει περίπου 22-28 στρέμματα.



Εικόνα 2.9. Σπορά με πνευματική μηχανή γραμμικών καλλιεργειών.

Η πυκνότητα των φυτών επηρεάζει το μέγεθος του σπόρου και της κεφαλής. Σε χαμηλότερες πυκνότητες αυξάνει το μέγεθος. Οι ελαιδοτικές ποικιλίες σπέρνονται πυκνότερα από τις μη ελαιδοτικές, διότι δεν ενδιαφέρει το μέγεθος του σπόρου αλλά η απόδοση σε σπόρο που επηρεάζεται από τον αριθμό των φυτών ανά μονάδα επιφάνειας, τον αριθμό σπόρων ανά κεφαλή και το μέσο βάρος του σπόρου. Ο ηλιανθος όμως έχει τη δυνατότητα να εξισορροπεί τον μειωμένο αριθμό φυτών με αύξηση του μεγέθους των κεφαλών και του βάρους του σπόρου (Andrade 1995).

Ο μέσος αριθμός φυτών ανά στρέμμα κυμαίνεται από 5000-6000. Μείωση του αριθμού των φυτών σε ποσοστό 10-15% δεν επηρεάζει σημαντικά τις αποδόσεις (Ξανθόπουλος 1993).

Σε πειράματα ξηρικού ηλιανθου στην νότια Πορτογαλία, διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των σπόρων ανά κεφαλή καθώς και το μέσο βάρος του σπόρου μειωνόταν σημαντικά με την αύξηση της πυκνότητας (από 1.700 σε 4.600 φυτά/στρ). Η χαμηλή πυκνότητα μείωσε σημαντικά την διάρκεια ζωής των φύλλων. Ιδανική πυκνότητα για τις μεσογειακές συνθήκες θεωρούνται τα 3.500 φυτά/στρ, διότι δίδει τις μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρο, αντισταθμίζοντας τον μικρότερο αριθμό σπόρων με

την αύξηση του βάρους του (Barros et al. 2003). Οι Ferreira, Abreu (2001) διαπίστωσαν μεγαλύτερο LAI (2,5-3,0 m² m⁻²) στις υψηλότερες πυκνότητες (11.400 φυτά/στρ), από τις χαμηλότερες (1,6-2,0 m² m⁻² με 4.000 φυτά/στρ) και μεγαλύτερη συνολική βιομάζα (1,0 t/στρ έναντι 0,66 t/στρ), ενώ ο αριθμός των φύλλων, ο συντελεστής πρόσληψης του φωτός από τη φυλλοστοιβάδα και η αποτελεσματικότητα u₉₆₄ της ακτινοβολίας δεν επηρεάστηκαν από την πυκνότητα των φυτών. Το Πανεπιστήμιο της Β. Ντακότα (ΗΠΑ) αναφέρει πυκνότητες σποράς από 3.700-6.100 φυτά/στρ ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, τις βροχοπτώσεις και τις τελικές αποδόσεις, και μικρότερες πυκνότητες σε εδάφη με μικρότερη υδατοϊκανότητα και ανεπαρκείς βροχοπτώσεις. Δυστυχώς δεν υπάρχουν καθόλου πειραματικά δεδομένα στην Ελλάδα που να αφορούν στην πυκνότητα των φυτών.

Η καθυστέρηση της σποράς επισπεύδει την ανάπτυξη λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών (Cirilo, Andrade 1994, Bange et al. 1997). Συντόμηση του σταδίου αύξησης μειώνει το ποσοστό της δεσμευόμενης ακτινοβολίας και επομένως και την τελική βιομάζα (De la Vega, Hall 2002a,b), ενώ πρωιμότερες σπορές δίδουν σημαντική αύξηση στη διάρκεια ζωής των φύλλων (Barros et al. 2003) και στον αριθμό των φύλλων (Ferreira, Abreu 2001).

Παρατηρήθηκε ότι συγκριτικά πρωιμότερες σπορές από Μάιο σε Μάρτιο (D' Amato, Giordano 1992), από Απρίλιο σε Μάρτιο (Fragella et al. 2002) και από Μάρτιο σε Φεβρουάριο (Sarno et al. 1992, Barros et al. 2003) προκάλεσαν αύξηση των αποδόσεων, ενώ από Ιούλιο σε Ιούνιο δεν παρατηρήθηκαν διαφορές, ίσως λόγω των βροχοπτώσεων του Φθινοπώρου (στάδιο γεμίσματος του σπόρου) (Cilardi et al. 1990). Οι Cilardi et al. (1990) και Fragella et al. (2002) παρατήρησαν μείωση στην συγκέντρωση του ελαϊκού και αντίστροφα αύξηση του λινολεϊκού καθώς καθυστερούσαν οι ημέρες γεμίσματος του

σπόρου. Οι Roberston, Green (1981) κατέληξαν ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε ελαϊκό οξύ επιτυγχάνονται με σπορές Απριλίου και οι χαμηλότερες σε πιο όψιμες σπορές. Όλοι οι συγγραφείς συμφωνούν ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε ελαϊκό οξύ προκύπτουν όταν οι μέσες θερμοκρασίες στο στάδιο γεμίσματος του σπόρου είναι υψηλές και αντιστρόφως.

Ο ηλίανθος μπορεί να σπαρθεί όταν η θερμοκρασία εδάφους φθάσει τους 8οC. Για τις περισσότερες περιοχές της πεδινής Ελλάδας η θερμοκρασία αυτή εξασφαλίζεται περί τα μέσα Μαρτίου. Κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου, εάν το εύρος θερμοκρασιών κυμαίνεται από 24-26οC την ημέρα έως 18-20οC τη νύχτα θα παραχθούν οι μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρο (Ξανθόπουλος 1993).

Σε πειράματα της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης στη Σίνδο Θεσσαλονίκης τα έτη 2002-2003, φάνηκε ότι η καθυστέρηση της σποράς από τον Μάιο στον Ιούνιο και η ελλειμματική άρδευση προκάλεσαν χαμηλότερες αποδόσεις (κατά 6,5%), μικρότερο βάρος 1000 σπόρων (κατά 6,2%) και χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λάδι (κατά 23%) (Σκαράκης 2002, 2003).

Σε πειράματα που έγιναν από το 1985-1987 στη Σίνδο από το Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών με τις ποικιλίες ελεύθερης επικονίασης GK-70 και δύο συνθετικές ποικιλίες αυτής, φάνηκε ότι οι θερμοκρασίες την περίοδο γεμίσματος του σπόρου επηρέασαν το ποσοστό των δύο λιπαρών οξέων και την μεταξύ τους σχέση (ελαϊκό / λινελαϊκό), που κυμάνθηκε από 0,64 -0,69 (χαμηλές θερμοκρασίες) έως 1,02 σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Συγκεκριμένα η περιεκτικότητα του ελαϊκού οξέος κυμάνθηκε από 34,0-36,5% και του λινελαϊκού από 51,5-55,0%, όταν το άθροισμα GDD κυμάνθηκε από 535-582 οC-d , ενώ τα ποσοστά άλλαξαν σε 43,0-46,0% για το ελαϊκό οξύ και 42,5-46,0% για το λινελαϊκό, όταν το άθροισμα GDD έφθασε το 652οC-d (Ξανθόπουλος, Δοϊτσίνης 1989). Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά της διεθνούς βιβλιογραφίας, όπου αναφέρεται ότι οι υψηλές θερμοκρασίες δίνουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ και μικρότερη σε λινελαϊκό (νότιες χώρες), ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες τα ποσοστά διαμορφώνονται αντίστροφα (βόρειες χώρες).

Τα ελληνικά πειραματικά δεδομένα όμως είναι ελάχιστα, πράγμα που δηλώνει την ανάγκη περαιτέρω εκτεταμένης έρευνας.

2.5.3 Αραιώμα

Εξαιτίας του ότι μετά το φύτευμα οι γραμμές φύτευσης είναι πολύ πυκνές, συνίσταται αραιώμα των σειρών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ο επιθυμητός αριθμός των φυτών που πρέπει να υπάρχουν στην καλλιεργούμενη έκταση, ώστε να δοθούν οι μέγιστες αποδόσεις όσον αφορά την παραγωγή. Για το αραιώμα αποφεύγεται συνήθως η χρήση χημικών σκευασμάτων και γίνεται με το χέρι ως επιπλέον καλλιεργητική φροντίδα.

2.5.4 Αμειψισπορά

Ο ηλιάνθος έχει τη δυνατότητα να ακολουθήσει ποικιλία καλλιεργειών στο σύστημα αμειψισποράς. Στον ελλαδικό χώρο η ιδιότητα της καλλιέργειας του ηλιάνθου να αναπτύσσεται σε οποιοδήποτε είδος εδάφους, καθιστά αμειψισπορά του με τα σιτηρά και τα όσπρια πολύ διαδεδομένη, λόγω του ότι αποτελούν κύριες καλλιέργειες σε πολλές περιοχές και αναπτύσσονται υπό τις ίδιες συνθήκες.

2.5.5 Άρδευση

Για την άρδευση του ηλιάνθου χρησιμοποιούνται συνήθως ο καταιονισμός και η άρδευση με σταγόνες. Συνήθως γίνονται 3- 5 αρδεύσεις συνολικά με την πρώτη να πραγματοποιείται στο στάδιο του φυτρώματος, όπου είναι απαραίτητο η υγρασία του εδάφους να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα για ομοιόμορφο και άριστο φύτευμα. Το κρίσιμο στάδιο αναγκών της καλλιέργειας σε νερό είναι η περίοδος της ανθοφορίας, όπου και τότε χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή.

Ανάλογα την περιοχή ο ηλιάνθος απαιτεί άρδευση κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας. Η περίοδος αυτή ξεκινά από το σχηματισμό της ταξιανθίας έως την πτώση των περιφερειακών κίτρινων ανθέων και το καμπούριασμα της κεφαλής. Η ποσότητα του αρδευτικού νερού κυμαίνεται από 200 έως 450mm και εξαρτάται από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, την εποχή σοπράς και την ποικιλία.

Αναφέρεται ότι ηλιάνθος καταναλώνει μεγάλες ποσότητες νερού για τη σύνθεση ενός γραμμαρίου ξηρής ουσίας σε σχέση με άλλα φυτά, και αυτό αποδίδεται στο μεγάλο αριθμό και μέγεθος των στοματιών και στη μικρότερη αντίσταση που προβάλλουν στην κίνηση του νερού, έτσι ώστε κάτω από ίδιες λοιπές συνθήκες, η διαπνοή του ηλιάνθου είναι αυξημένη από την διαπνοή άλλων ανοιξιάτικων φυτών. Σε περιόδους όμως ξηρασίας το φυτό εξασφαλίζει υδατική ισορροπία μειώνοντας την επιφάνεια των φύλλων όταν η έλλειψη υγρασίας συμβεί στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, ή απορρίπτοντας αριθμό φύλλων, όταν η έλλειψη υγρασίας παρατηρηθεί κατά το στάδιο της άνθισης. Οι λειτουργίες αυτές το καθιστούν ανθεκτικό στην ξηρασία. Σε συνθήκες έλλειψης νερού, μια καλλιέργεια ηλιάνθου αφήνει πολύ λιγότερη υγρασία στο έδαφος από ότι το σιτάρι ή η σόγια.

Κάτω από συνθήκες άρδευσης οι αποδόσεις αυξάνονται κατά 35%. Κατά το στάδιο της άνθισης και της φυσιολογικής ωρίμανσης, το νερό είναι σημαντικός παράγων και επηρεάζει το σχηματισμό και το γέμισμα των σπόρων, καθώς και την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Όπου η διαθεσιμότητα του νερού είναι περιορισμένη, εάν η άρδευση εφαρμοστεί σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης, μπορεί να αυξήσει σημαντικά τις αποδόσεις σε σπόρο (Stone et al. 1996). Κατάλληλη εποχή για άρδευση είναι μια εβδομάδα πριν την άνθιση έως και δύο εβδομάδες μετά την λήξη της (Ξανθόπουλος 1992), ή κατά την διάρκεια εμφάνισης των ανθικών καταβολών-άνθισης-γεμίσματος του σπόρου (Osman et al. 1975, Karaata 1991), ή εμφάνισης των ανθικών καταβολών-αρχής άνθισης-τέλους άνθισης (Unger 1983). Έρευνα στο Πανεπιστήμιο της Β. Ντακότα έδειξε ότι οι αποδόσεις επηρεάζονται περισσότερο από την έλλειψη νερού κατά το στάδιο της άνθισης και λιγότερο κατά το περίοδο της αύξησης (από το φύτευμα μέχρι πριν u964 την εμφάνιση των ανθικών καταβολών).

Μείωση της άρδευσης κατά 20% στην περίοδο από το φύτευμα μέχρι πριν την εμφάνιση των ανθικών καταβολών προκάλεσε μείωση των αποδόσεων μόνο κατά 5%, ενώ μείωση της άρδευσης κατά 20% στην μετά ανθοφορία περίοδο προκάλεσε μείωση των αποδόσεων κατά 50%. Οι αποδόσεις κυμαίνονται από 224 kg/στρ σε ικανοποιητικές συνθήκες υγρασίας και γονιμότητας εδάφους μέχρι 550 kg/στρ σε άριστες συνθήκες.

Οι Fragella et al. (2002) διαπίστωσαν ότι η άρδευση έδωσε αύξηση 77% στις αποδόσεις λόγω της αύξησης του βάρους και του αριθμού των σπόρων και υψηλότερες αποδόσεις σε λάδι.

Οι Joel et al. (1997) παρατήρησαν μείωση της μετατρεπομένης σε βιομάζα ακτινοβολίας κατά 30% και πτώση του LAI κατά 85% στην περίπτωση έλλειψης νερού με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης βιομάζας κατά 60%. Η πλήρης ή σε μικρότερα ποσοστά άρδευση αλλά

στα κρίσιμα στάδια της ανάπτυξης (ανθικών καταβολών –άνθισης - γεμίσματος του σπόρου) αυξάνει σημαντικά το ύψος των φυτών, τη διάμετρο κεφαλής, το βάρος 1000 σπόρων και την απόδοση σε βλαστούς και σε σπόρους (Talha, Osman 1974, Murriel 1975, Karami 1977, Demiroren 1978, Andhale, Kaldhlor 1978, Jana et al. 1982, Turner, Rawson 1982, Unger 1982, Harman et al. 1982, Karaata 1991, Tan et al. 2000, Goksoy et al. 2004).

Οι Goksoy et al. (2004) βρήκαν ότι οι τμηματικές αρδεύσεις στα διαφορετικά στάδια δεν επηρέασαν σημαντικά την περιεκτικότητα σε λάδι, σε αντίθεση με τους Murriel (1975), Jana et al. (1982), Tan et al. (2000), Fragella et al. (2002), που διαπίστωσαν θετική επίδραση των αρδεύσεων στην περιεκτικότητα σε λάδι. Ο Karaata (1991) δεν διαπίστωσε σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε λάδι με την αύξηση της ποσότητας του εφαρμοζόμενου νερού αλλά με την εφαρμογή της άρδευσης στο στάδιο της άνθισης και του γεμίσματος του σπόρου, ενώ οι Talha, Osman (1974), Jana et al. (1982), Kadayifci, Yildirim (2000), και Goksoy et al. (2004) βρήκαν αύξηση των αποδόσεων σε λάδι με την αύξηση της ποσότητας του εφαρμοζόμενου νερού. Οι αποδόσεις σε σπόρο μπορούν να αυξηθούν μέχρι και 85,4%, και σε λάδι μέχρι και 88% με πλήρεις αρδεύσεις στα στάδια ανθικών καταβολών-άνθισης-γεμίσματος του σπόρου (Goksoy et al. 2004). Οι Talha, Osman (1974) παρατήρησαν αύξηση του ρυθμού ελαϊκού / λινελαϊκού οξέος στις σταθερές ποικιλίες και σε υψηλούς ελαιοδοτικούς γενότυπους στην περίπτωση έλλειψης νερού και ειδικότερα στο στάδιο του γεμίσματος του σπόρου (Fragella et al. 2000, 2002, Baldini et al. 2000, 2002). Ο Unger (1982) βρήκε ότι υπάρχει θετική σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ και της άρδευσης στο βλαστικό στάδιο, ενώ οι Salera, Baldini (1998) παρατήρησαν ότι η άρδευση δεν επηρέασε την περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ.

Μια μόνο περίπτωση από την ελληνική έρευνα μπορεί να αναφερθεί για την άρδευση του ηλιάνθου και συγκεκριμένα από την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης στη Σίνδο Θεσσαλονίκης κατά τα έτη 2002-2003, όπου φάνηκε ότι η καθυστέρηση της σποράς από τον Μάιο στον Ιούνιο και η ελλειμματική άρδευση προκάλεσαν χαμηλότερες αποδόσεις κατά 6,5%, μικρότερο βάρος 1000 σπόρων κατά 6,2% και χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λάδι κατά 23% (Σκαράκης 2002, 2003). Εξ αυτού φαίνεται η μεγάλη ανάγκη για μελέτη των απαιτήσεων και της επίδρασης της άρδευσης στις αποδόσεις και την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι.

2.5.6 Λίπανση

Τα θρεπτικά στοιχεία που δίνονται με την λίπανση , είναι κυρίως το άζωτο που βοηθάει στην ανάπτυξη του ηλιάνθου και ο φώσφορος που επηρεάζει την παραγωγή και την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Λίπανση με κάλιο απαιτείται σε εδάφη όπου βρίσκεται σε έλλειψη και κυρίως σε ελαφριά. Επιστημονικά δεδομένα που βασίζονται σε εκτενή πειραματισμό σε χώρες όπου ο ηλιάνθος καλλιεργείται σε πολύ μεγάλη έκταση αναφέρουν ότι, μία μέση παραγωγή 250 κιλών ανά στρέμμα

απομακρύνει από το έδαφος 9 μονάδες αζώτου, 5 μονάδες φωσφόρου, 20 μονάδες καλίου, 4 μονάδες μαγνησίου και 12 μονάδες ασβεστίου.

Σύμφωνα με την πρακτική που εφαρμόζεται στις ελληνικές συνθήκες μία ισορροπημένη βασική λίπανση με 8 μονάδες αζώτου, φωσφόρου και καλίου προσφέρει επαρκή θρέψη στα φυτά. Σε γόνιμα εδάφη πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική λίπανση με άζωτο, γιατί υπάρχει κίνδυνος πλαγιάσματος των φυτών.

Το άζωτο (N) είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες λίπανσης που επιδρά στην απόδοση και την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι και πρωτεΐνη. Οι Joel et al. (1997) παρατήρησαν μείωση της αφομοίωσης κατά 35% και πτώση του LAI κατά 45% στην περίπτωση έλλειψης N με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης βιομάζας κατά 49%. Οι Scheiner et al. (2002) διαπίστωσαν ότι η N-λίπανση αύξησε τον αριθμό των σπόρων ανά κεφαλή αλλά δεν επηρέασε το ατομικό βάρος του σπόρου. Οι Steer, Seiler (1990) διαπίστωσαν ότι η επίδραση της N-λίπανσης είναι μικρή και εξαρτάται από την εποχή εφαρμογής, ενώ οι Hussein et al. (1980) και Merrien, Milan (1992) αναφέρουν τη μείωση των αποδόσεων σε λάδι. Οι τελευταίοι αναφέρουν επίσης ότι η μειωμένη περιεκτικότητα σε λάδι είναι αντιστρόφως ανάλογη με την περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη λόγω της N-λίπανσης. Οι Blamey, Charman (1981) διαπίστωσαν ότι αντίθετα από την N-λίπανση, η προσθήκη P αύξησε την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Η ελληνική έρευνα έχει να παρουσιάσει μόνο τα πειράματα του Ινστιτούτου Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών Σίνδου, που πραγματοποιήθηκαν τα έτη 1988-1990, με την ποικιλία “Καβησός”, η οποία δέχτηκε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα N-λίπανσης (0 - 5 - 10 - 15 kg/στρ) και τέσσερα διαφορετικά επίπεδα K-λίπανσης (0 - 10 - 20 - 30 kg/στρ), και όπου φάνηκε ότι η N-λίπανση έδωσε σημαντικά μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρο έως και 29,47%, με χαμηλά επίπεδα N (5 kg/στρ), αλλά μη σημαντικές διαφορές για υψηλότερα επίπεδα (10 ή 15 kg/στρ) (Ξανθόπουλος, Δοϊτσίνης 1994).

Λίγα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις αποδόσεις των ποικιλιών υπάρχουν κάτω από Ελληνικές συνθήκες. Σε πειράματα της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης στη Σίνδο Θεσσαλονίκης τα έτη 2002-2003 φάνηκε ότι μεταξύ των δοκιμασμένων ποικιλιών (ISANTHOS, SUPERSUN, TURBO, TOURNESOL, SUPERAL, MEDALLON και GOLDEN WORLD) τις υψηλότερες αποδόσεις σε σπόρο έδωσαν η GOLDEN WORLD (463 kg/στρ) και η ISANTHOS (452 kg/στρ), ενώ για την περιεκτικότητά τους σε λάδι διακρίθηκαν η SUPERSUN (41,99%) και η GOLDEN WORLD (37,97%), με σπορά Μαΐου, μέση πυκνότητα 4.740 φυτά/στρ, άριστη λίπανση αλλά ελλειμματική άρδευση (μία άρδευση στα νεαρά φυτά) (Σκαράκης 2002, 2003).

Από την διεθνή βιβλιογραφία φαίνεται ότι οι απόψεις είναι πολλές φορές αντικρουόμενες, ενώ τα ελληνικά δεδομένα είναι ανεπαρκή. Αυτό υπαγορεύει την ανάγκη για περισσότερη έρευνα της επίδρασης των καλλιεργητικών τεχνικών και της προσαρμοστικότητας των ποικιλιών πάνω στις αποδόσεις σε σπόρο και στην περιεκτικότητα και σύνθεση του ηλιέλαιου και μάλιστα κάτω από συγκεκριμένες εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής καλλιέργειας, προκειμένου να καταλήξουμε σε

πιο ασφαλή συμπεράσματα για την δυνατότητα της καλλιέργειας του ηλιάνθου στην Ελλάδα σε εμπορική κλίμακα με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμου με θετικό ενεργειακό ισοζύγιο (εκροών / εισροών) και οικονομικό όφελος.

2.5.7 Ζιζανιοκτονία

Ο έλεγχος των ζιζανίων γίνεται με μηχανικά μέσα και με τη χρήση ζιζανιοκτόνων σκευασμάτων. Για την καταπολέμηση των στενόφυλλων και αρκετών πλατύφυλλων ζιζανίων μπορεί να εφαρμοστεί trifluralin* (200 cc/στρ.) προσπαρτικά με ενσωμάτωση στα 5-8 εκ.. Μετασπαρτικά πριν το φύτευμα μπορεί να εφαρμοστεί Prometryne (250-350 cc/στρ.) για την καταπολέμηση των πλατύφυλλων ζιζανίων. Πότισμα η βροχή βοηθούν στην καλή ενσωμάτωση του ζιζανιοκτόνου. Η καλλιέργεια παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στα ορμονικά ζιζανιοκτόνα.

2.5.8 Συγκομιδή - Αλωνισμός

Χρησιμοποιούνται οι συμβατικές αλωνιστικές μηχανές σταριού - καλαμποκιού με την προσθήκη μαχαιριού κατάλληλου για τον αλωνισμό του ηλιάνθου. Η συγκομιδή - αλωνισμός , πρακτικά γίνεται όταν τουλάχιστον τα 2/3 των φύλλων από τη βάση έχουν ξηραθεί και το κάτω μέρος του κεφαλιού έχει αλλάξει χρώμα προς το καστανοκίτρινο. Συνιστάται να μην περιμένουμε να ξηραθεί υπερβολικά ο σπόρος αλλά να ξεκινήσουμε το αλώνι σε 12% υγρασία για να μειώσουμε το ρίσκο των απωλειών με το τίναγμα.

2.5.9 Κυριότεροι εχθροί και αντιμετώπιση τους

Οι εχθροί της καλλιέργειας του ηλιάνθου είναι έντομα, παράσιτα και τα πτηνά με κυριότερα τα σπουργίτια. Ιδιαίτερο πρόβλημα για τον ηλιάνθο αποτελεί το παράσιτο της οροβάγχης (*Orobanche cumana*, *Orobanche ramosa*), το οποίο αντιμετωπίζεται με τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών.

- Σκώρος του ηλιάνθου (*Homoeosoma Electellum*)

Το πιο καταστροφικό έντομο είναι ο Σκώρος του ηλιάνθου (*Homoeosoma Electellum*), ο οποίος βρίσκεται σε όλες τις περιοχές όπου αναπτύσσεται είτε ο καλλιεργούμενος, είτε ο άγριος ηλιάνθος. Οι αγροί που βρίσκονται σε στάδιο ανθοφορίας μετά την πρώτη εμφάνιση των ενήλικων σκόρων, έχουν μικρή πιθανότητα εκτεταμένης ζημιάς παρά την παρουσία σκόρων σε οριακούς αριθμούς.

Οι νεαρές κάμπιες του σκόρου ηλιάνθου τρέφονται κυρίως με τα ανθήλια και τη γύρη. Οι πιο ηλικιωμένες σκάβουν σήραγγες μέσα στους ανώριμους σπόρους και σε άλλα μέρη της κεφαλής. Μία μόνη κάμπια μπορεί να τρέφεται από 3-12 σπόρους. Οι κάμπιες υφαίνουν μεταξωτές κλωστές που δένονται με τα ανθήλια σε μαρασμό και δίνουν στην κεφαλή εμφάνιση ευτελή. Οι σοβαρές μολύνσεις από τις κάμπιες

μπορούν να προκαλέσουν απώλειες σε ύψος 30 έως 60 %, και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να καταστραφεί ολόκληρη η κεφαλή.

Η χρήση ανθεκτικών υβριδίων ηλιάνθου και η καλή καλλιεργητική αντιμετώπιση όπως είναι η έγκαιρη φύτευση, σημαίνει λιγότερες μολύνσεις. Για την αντιμετώπιση του εντόμου υπάρχουν αρκετά εντομοκτόνα με carbaryl, carbofuran, chlorpyrifos, methyl parathion και methidathion ως ενεργά συστατικά.

Άλλοι επισημασμένοι εχθροί της καλλιέργειας είναι η τίπουλη (*Tirpula paludosa*), η μελίγκρα (*Aphis fabae*) και κάποιες κάμπιες εντόμων του είδους *Agriotes ustulatus*, *Agriotes sputator* και *Agriotes obscurus*. Ο σιδηροσκώληκας επίσης κάποιες χρονιές προκαλεί σημαντικές απώλειες φυτών. Όλα τα παραπάνω αντιμετωπίζονται επαρκώς με τη χρήση εντομοκτόνων και την επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών και υβριδίων.

Ο ηλιάνθος λόγω της ευχερούς πρόσβασης και της υψηλής θρεπτικής αξίας του σπόρου του, είναι ιδιαίτερα ευάλωτος σε ζημιές από πουλιά. Τα πουλιά καταβροχθίζουν τους σπόρους στην κεφαλή. Οι σπόροι εκτίθενται και η μεγάλη κεφαλή λειτουργεί ως φωλιά στη διάρκεια της διατροφής.

2.5.10 Μυκητολογικές ασθένειες και αντιμετώπισή τους

Η καλλιέργεια του ηλιάνθου εφόσον οι συνθήκες καθίστανται ιδανικές, μπορεί να αποτελέσει ξενιστή για διάφορα είδη μυκήτων, οι περισσότεροι εκ των οποίων προσβάλλουν κυρίως τις κεφαλές. Αν και οι ασθένειες αυτές συνήθως δεν αποτελούν πρόβλημα για τον ελλαδικό χώρο, είναι θεμιτό να γίνει μια σύντομη παράθεση τους όσον αφορά τα συμπτώματα που προκαλούν και τους τρόπους αντιμετώπισης.

2.5.11. Φόμωση του ηλιάνθου ή καρκίνος του μίσχου (*Phomopsis helianthi*)

Προσβάλλει μόνο τον ηλιάνθο και αποτελεί σοβαρή ασθένεια. Η ασθένεια είναι σοβαρότερη υπό συνθήκες παρατεταμένης υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας. Προκαλεί μεγάλες απώλειες στην παραγωγή, όπως επίσης και στο περιεχόμενο του σπόρου σε λάδι, το βάρος του και το μέγεθος της κεφαλής. Το κυριότερο όμως πρόβλημα που προκαλεί, είναι η αποδυνάμωση των κοτσανιών που σπάζουν. Μικρά νεκρωτικά στίγματα περιβαλλόμενα από χλωρωτική περιφέρεια εμφανίζονται στα όρια του φύλλου και διαδίδονται στα κύρια νεύρα του.

Τα στίγματα εμφανίζονται στα κάτω ή τα μεσαία φύλλα, συνήθως μετά την ανθοφορία. Τα προσβεβλημένα φύλλα ξεραινόνται ταχύτατα, αλλά παραμένουν πάνω στους μίσχους τους, ενώ ο μύκητας αναπτύσσεται απ' αυτούς τους μίσχους προς το κοτσάνι. Οι βλάβες στο κοτσάνι επικεντρώνονται πάντα στις μασχάλες, αρχίζουν με μικρά, καφετιά, βαθουλωτά στίγματα που γρήγορα μεγαλώνουν και γίνονται στρογγυλά ή ελλειπτικά και συνήθως περικυκλώνουν το κοτσάνι. Το κεντρικό μέρος του στίγματος γίνεται γκριζό ενώ οι άκρες του είναι σκούρες.

Τα μέτρα αποτελεσματικής αντιμετώπισης της *Phomopsis helianthi* είναι η επιλογή ανθεκτικών στη νόσο υβριδίων, η εναλλαγή καλλιεργειών, και η καταστροφή μολυσμένων υπολειμμάτων ηλιάνθου το φθινόπωρο. Η πυκνότητα του πληθυσμού, σε λιγότερο από 5.000 φυτά/στρ. και το μειωμένο ποσοστό των λιπασμάτων με άζωτο, είναι απαραίτητα μέτρα για τη μείωση της συχνότητας της ασθένειας. Για να επιτευχθεί η άριστη δυνατή αντιμετώπιση της, η εφαρμογή μυκητοκτόνου θα πρέπει να αρχίσει πριν την εμφάνιση των συμπτωμάτων. Συνιστάται ένα πρόγραμμα δύο ψεκασμών, εκ των οποίων ο πρώτος στο στάδιο του μπουμπουκιού και ο δεύτερος την εποχή της άνθισης. Τα μυκητοκτόνα με βάση το benomyl είναι τα πλέον αποτελεσματικά κατά της ασθένειας αυτής.

2.5.12 Σκωρίαση του ηλιάνθου (*Puccinia helianthi*)

Έχει εμφανιστεί τόσο σε καλλιεργημένο όσο και σε άγριο ηλιάνθο, σε όλες τις περιοχές όπου αυτός καλλιεργείται. Μπορεί να μειώσει την παραγωγή, το ελαιώδες περιεχόμενο και το μέγεθος του σπόρου, καθώς επίσης το βάρος και την αναλογία βάρους πυρήνα-φλοιού. Οι καλλιέργειες ευπαθών υβριδίων γενικά υφίστανται σοβαρότερες ζημιές από τη σκωρίαση, από ότι οι πιο πρώιμες καλλιέργειες. Τα πρώτα συμπτώματα της ασθένειας συνήθως παρατηρούνται, κατά την περίοδο της άνθισης, ή αμέσως μετά. Φλύκταινες χρώματος κανελί εμφανίζονται πρώτα στα κάτω φύλλα, ύστερα στα πάνω, τέλος σε μίσχους, μισοκίδια και στο πίσω μέρος της κεφαλής του άνθους.

Ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος για να αποφευχθούν οι απώλειες από τη σκωρίαση είναι η χρήση ανθεκτικών υβριδίων. Θα πρέπει να αποφευχθεί η φύτευση μεγάλων ποσοτήτων ευπαθών υβριδίων σε μία περιοχή. Υψηλή ποσότητα αζώτου στα λιπάσματα και πυκνότητα φυτών ενισχύουν τη σοβαρότητα της ασθένειας, για αυτό τέτοιες πρακτικές πρέπει να ελαχιστοποιούνται. Η ασθένεια περιορίζεται και από την πρώιμη σπορά. Τελευταία εναλλακτική λύση πρέπει να θεωρείται η χρήση μυκητοκτόνων, η εφαρμογή των οποίων πρέπει να γίνεται όταν η σκωρίαση εμφανίζεται νωρίς στα πλαίσια της αναπτυξιακής περιόδου.

2.5.13 Γκριζα μούχλα (*Botrytis cinerea*)

Στον ηλιάνθο ο μύκητας αυτός προκαλεί γκριζα μούχλα στην κεφαλή. Προσβάλλει την κεφαλή του άνθους και το στέλεχος, ενώ τα φύλλα αρχίζουν να ξεραίνονται από έξω προς τα μέσα. Τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως όταν ωριμάζει η κεφαλή, ως καφέ στίγματα πάνω της. Τα στίγματα αυτά μπορεί να καλύπτονται από γκριζούς λεπτούς σαν πούδρα σπόρους του μύκητα, που δίνουν στην κεφαλή εμφάνιση σκονισμένη.

Απαραίτητη είναι η αντιμετώπιση σε επίπεδο σπόρου, για να προληφθεί η σήψη της ρίζας. Η χημική αντιμετώπιση καθίσταται δύσκολη λόγω της αντίστασης που παρουσιάζει η ασθένεια σε συγκεκριμένες δραστικές ουσίες. Η έρευνα για φυσικούς ανταγωνιστές μικροοργανισμούς έχει καταλήξει στο ότι τα *Trichoderma harzianum*

παρέχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα και μπορεί σε συνδυασμό με συμβατική χημική θεραπεία, να προβούν αποτελεσματικά.

2.6 Βελτίωση

Λόγω της μεγάλης σημασίας που έχουν τα παραγόμενα από τον ηλιάνθο προϊόντα τόσο στη διατροφή του ανθρώπου, όσο και στη βιομηχανία, η δημιουργία βελτιωμένων φυτών, έγινε στόχος πολλών επιστημόνων και εταιριών. Η αύξηση της παραγωγής και της απόδοσης, η μεγαλύτερη περιεκτικότητα των σπόρων σε λάδι, η αντοχή σε ασθένειες, η ύπαρξη ισχυρού ριζικού συστήματος, η καλή εφαρμογή των φυτών σε μη αρδευόμενα εδάφη και η προσαρμογή τους σε όλους τους τύπους εδαφών, είναι κάποιες από τις επιθυμητές ιδιότητες του ηλιάνθου, τις οποίες οι γενετιστές φρόντισαν να βελτιώσουν.

Η πρώτη συστηματική προσπάθεια βελτίωσης έγινε από τους Ρώσους με τη μέθοδο της μαζικής επιλογής με την οποία δημιουργήθηκαν βελτιωμένες ποικιλίες – πληθυσμοί. Ακολούθησαν άλλες μέθοδοι επιλογής φαινοτυπικής αλλά και με έλεγχο απογόνων που συνέβαλαν στην αύξηση των αποδόσεων της περιεκτικότητας σε λάδι και της ανθεκτικότητας σε ασθένειες.

Ακολούθησε η δημιουργία καθαρών σειρών με τη χρησιμοποίηση της αυτογονιμοποίησης (μετά το 1922) με στόχο την ανθεκτικότητα στις ασθένειες. Με την ανακάλυψη της ετέρωσης οι καθαρές σειρές χρησιμοποιήθηκαν στη δημιουργία συνθετικών ποικιλιών και πρόσφατα στη δημιουργία υβριδίων.

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970 οι καλλιεργούμενες ποικιλίες ήταν κατά κανόνα συνθετικές ποικιλίες με μεγάλο αριθμό συνθετικών γενοτύπων και επομένως ικανοποιητική προσαρμοστικότητα.

Η δημιουργία υβριδίων έγινε δυνατή με την ανακάλυψη της αρρενοστειρότητας. Στην αρχή (1934) ανακαλύφθηκε γενετική αρρενοστειρότητα την οποία οι βελτιωτές προσπάθησαν χρησιμοποιήσουν στη δεκαετία του 1960 για παραγωγή υβριδίων σε εμπορική κλίμακα αλλά χωρίς ικανοποιητικά αποτελέσματα. Την ίδια περίπου εποχή ανακαλύφθηκε η κυτοπλασματική αρρενοστειρότητα η οποία επέτρεψε την παραγωγή υβριδίων σε εμπορική κλίμακα. Η χρήση των υβριδίων έχει επικρατήσει σήμερα στις περισσότερες χώρες γιατί έχουν πιο υψηλή και σταθερή απόδοση, πιο ομοιόμορφη ανάπτυξη και είναι πιο ανθεκτικά στις ασθένειες.

Ως πηγές κυτοπλασματικής αρρενοστειρότητας χρησιμοποιούνται τα άγρια είδη *H.petiolaris* και *H.bolanderi* που διασταυρώνονται εύκολα με τον καλλιεργούμενο ηλιάνθο. Ο γονέας που χρησιμοποιείται ως πατέρας στην παραγωγή υβριδίου πρέπει να έχει γονίδια επαναφοράς της γονιμότητας της γύρης και είναι συνήθως διακλαδιζόμενη ποικιλία ώστε να εξασφαλίζεται γύρη για μεγαλύτερο διάστημα.

Εταιρίες που ασχολούνται χρόνια με τη βελτίωση φυτών και ιδιαίτερα του ηλιάνθου παρουσιάζουν τόσο στην παγκόσμια όσο και στην ελληνική αγορά διάφορες νέες ποικιλίες και υβρίδια με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Ορισμένα από αυτά είναι τα Sunluca, Sanbro, Oleko, NK Califa και NK Sanay τα οποία παράγονται από την εταιρία Syngenta,

τα PR64A70 (RM 44), PR64E83 (RM 43), PR64E83 (RM 48), PR63A90 (RM 40) και PR64E71 (RM 46) της Pioneer, τα Coban, Cledesol, Aurasol της Bios. Πέραν τούτου και η ελληνική βιομηχανία έχει να επιδείξει ανάλογα υβρίδια και ποικιλίες, όπως είναι τα Favorit και Heliasol της εταιρίας ΥΨΙΛΟΝ και το Leila της ΕΛΛΑΓΡΕΤ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΔΑΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

3.1 Γενικά

Στην αναπτυγμένη γεωργία, οι απώλειες της παραγωγής λόγω μη σωστής θρέψης ή φυτο-υγείας έχουν μειωθεί σημαντικά, ενώ αυτές που έχουν σχέση με την διαθεσιμότητα του νερού άρδευσης συνεχίζουν να είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες που προκαλούνται από όλες τις άλλες αιτίες συνολικά. Γι αυτό τα τελευταία χρόνια γίνονται σημαντικές προσπάθειες προκειμένου να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του νερού άρδευσης μέσω καλύτερης διαχείρισης. Εξαιτίας της έλλειψης σχεδιασμού της άρδευσης (πότε και πόσο νερό να βάλουμε), οι αγρότες αρδεύουν εμπειρικά και για να αισθάνονται ασφαλείς τείνουν να αυξάνουν την ποσότητα του νερού άρδευσης, ιδιαίτερα όταν το κόστος του είναι χαμηλό. Σαν αποτέλεσμα 20% περίπου του εφαρμοζόμενου νερού χάνεται, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται ανταγωνισμοί και διαμάχες με άλλους τομείς κατανάλωσης (ύδρευση, βιομηχανία, τουρισμός). Για να μπορέσουμε να ξεφύγουμε από την εμπειρική άρδευση, ώστε να γίνει η όσον το δυνατόν ορθολογικότερη χρήση του νερού για άρδευση, πρέπει να μπούμε στην λογική του επιστημονικού και ακριβή υπολογισμού των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό. Έτσι πρέπει να γίνουν υπολογισμοί και τα αποτελέσματά τους εφαρμοσθούν στην πράξη.

Αντικειμενικός σκοπός της αρδεύσεως είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της αποδόσεως τους σε συνδυασμό με υψηλή ποιότητα προϊόντων. Ένα σε ανάπτυξη φυτό παίρνει με τις ρίζες του νερό μαζί με τα διαλυμένα σ' αυτό θρεπτικά στοιχεία που, μετά από μια διαδρομή μέσα από τους φυτικούς ιστούς, καταλήγει στα φύλλα. Από εκεί όταν τα στόματα των φύλλων είναι ανοικτά, το νερό κινείται παραπέρα με τη μορφή υδρατμών προς την περιβάλλουσα το φύλλωμα ατμόσφαιρα. Νερό επίσης χάνεται από το χωράφι με τη διαδικασία της εξατμίσεως από την επιφάνεια του εδάφους όταν αυτή είναι υγρή. Τέλος μετά από βροχή ή άρδευση με καταιονισμό το νερό που συγκρατείται από τα υπέργεια μέρη του φυτού εξατμίζεται και αυτό προς την ατμόσφαιρα. Το νερό που απομακρύνεται από το χωράφι με όλες αυτές τις διαδικασίες αναφέρεται σαν εξατμισοδιαπνοή.

Η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής είναι ένα από τα βασικά στοιχεία που, μαζί με την ωφέλιμη υγρασία, αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για το σωστό προγραμματισμό των αρδεύσεων. Το τελικό μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των φυτών και τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα που περιβάλλει το φύλλωμα τους.

3.2 Φυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

3.2.1 Το είδος του φυτού

Τα φυτικά είδη διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά την εποχή που αναπτύσσονται, το βάθος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος, την πυκνότητα και έκταση του φυλλώματος, το ύψος και όταν αυτά καλλιεργούνται ομαδικά, τον τρόπο σποράς και τις μεταξύ τους αποστάσεις. Οι διαφορές αυτές σε συνδυασμό με τις συνθήκες του περιβάλλοντος μπορεί να διαφοροποιήσουν το μέγεθος και την κατανομή της εξατμισοδιαπνοής από είδος σε είδος. Λόγω της σοβαρότητάς του, το θέμα αυτό αποτέλεσε αντικείμενο πολύχρονης εντατικής έρευνας. Βασισμένος στα πορίσματα αυτής της έρευνας, ο Penman έκανε τις ακόλουθες δύο γενικές διαπιστώσεις:

- ❖ Καλλιέργειες που διαμορφώνουν το φύλλωμά τους σε χαμηλά επίπεδα, με παραπλήσια χαρακτηριστικά, που καλύπτουν πρακτικά όλη την επιφάνεια του εδάφους, που αναπτύσσονται σε χωράφια με επαρκή υγρασία σε όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, έχουν την ίδια εξατμισοδιαπνοή ανεξάρτητα απ' το φυτικό είδος που ανήκουν και τα χαρακτηριστικά του εδάφους στο οποίο καλλιεργούνται.
- ❖ Στην περίπτωση αυτή, το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τις επικρατούσες συνθήκες της ατμόσφαιρας στην περιοχή του φυλλώματος και μόνο απ' αυτές. Εκτεταμένες μεταγενέστερες μελέτες που έγιναν σε πολλά μέρη του κόσμου επιβεβαιώνουν, με μικρές μόνο παρεκκλίσεις, την ορθότητα των διαπιστώσεων αυτών.

3.2.2 Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος

Η ανακλαστικότητα (albedo) του φυλλώματος, αλλά και του εδάφους καθορίζει το ύψος της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τις επιφάνειες που τη δέχονται και επηρεάζει κατά ανάλογο τρόπο το ύψος τα εξατμισοδιαπνοής. Η ανακλαστικότητα επηρεάζεται από το χρώμα και την τραχύτητα της επιφάνειας που δέχεται την ακτινοβολία. Εκτεταμένες παρατηρήσεις που έγιναν από τους Monthieth και Haise et al. έδειξαν ότι για τις περισσότερες πυκνά φυτεμένες καλλιέργειες το albedo κυμαίνεται από 20-30% και για το γυμνό έδαφος, ανάλογα με τη σύστασή του και την περιεχόμενη υγρασία, από 11-23%. Παρατηρήσεις σε μεμονωμένα φυτά έδειξαν ότι σαν συνέπεια της διαφορετικής ανακλαστικότητάς τους, η εξατμισοδιαπνοή επηρεάστηκε σε ποσοστό μέχρι 25%. Όταν τα φυτά αυτά καλλιεργήθηκαν σε πυκνή διάταξη, η διαφορά περιορίστηκε στο ελάχιστο.

3.2.3 Το ποσοστό καλύψεως του εδάφους από το φύλλωμα

Το ποσοστό του εδάφους που καλύπτεται από το φύλλωμα των καλλιεργειών ασκεί σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση της εξατμισοδιαπνοής. Προηγούμενα αναφέρθηκε ότι η ανακλαστικότητα

του γυμνού εδάφους γενικά είναι μικρότερη από αυτή του φυλλώματος. Αυτό σημαίνει ότι το έδαφος απορροφά μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που είναι διαθέσιμο για εξάτμιση. Με βάση την ανακλαστικότητα και μόνο, αν η επιφάνεια του εδάφους είναι υγρή, η εξατμισοδιαπνοή θα είναι μεγαλύτερη όσο μικρότερο είναι το ποσοστό καλύψεως από τα φύλλα της επιφάνειας του εδάφους.

3.2.4 Το ύψος των φυτών

Γενικά από τα δεδομένα που υπάρχουν δεν φαίνεται ότι η εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται από το ύψος των φυτών μιας καλλιέργειας. Σε πειράματα όμως που έγιναν σε θερμοκήπια, πράγματι παρατηρήθηκε ότι ψηλά φυτά παρουσίασαν πιο έντονη διαπνοή από χαμηλά. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι τα ψηλά μεμονωμένα φυτά, πέρα από την άμεση, δέχονται περισσότερη έμμεση ανοδική ακτινοβολία από το έδαφος που χρησιμοποιείται για διαπνοή. Στην περίπτωση αυτή όμως όχι μεμονωμένων φυτών αλλά καλλιεργειών που καλύπτουν όλη την επιφάνεια του εδάφους δεν υπάρχει διαφοροποίηση στην ακτινοβολία κάθε προελεύσεως που δέχονται με συνέπεια να μη παρατηρείται διαφοροποίηση στην εξατμισοδιαπνοή.

3.2.5 Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος

Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή κατά έμμεσο, σε σχέση με το επίπεδο της εδαφικής υγρασίας και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Σε υγρά εδάφη με ανοικτή δομή όπου τα φυτά έχουν άφθονη υγρασία στην διάθεση τους, φυτά με αβαθές και αραιό ριζικό σύστημα μπορούν να αντλούν το ίδιο εύκολα τις απαραίτητες ποσότητες νερού για την ικανοποίηση της μέγιστης εξατμισοδιαπνοής τους όπως και τα φυτά με βαθιές και πυκνές ρίζες. Σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα και συνεκτικά εδάφη, φυτά με βαθύ και πυκνό ριζικό σύστημα εκμεταλλεύονται εύκολα όλη την εδαφική υγρασία σε αντίθεση με φυτά που έχουν επιπόλαιο και αραιό ριζικό σύστημα με συνέπεια τα πρώτα να παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή από τα δεύτερα.

3.2.6 Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας

Ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής δεν είναι καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Η εξατμισοδιαπνοή αυξάνει με γρήγορο ρυθμό από το φύτευμα μέχρι την πλήρη ανάπτυξη της καλλιέργειας, διατηρείται σταθερή για ένα χρονικό διάστημα και μετά ελαττώνεται. Η ταχεία αύξηση κατά την περίοδο αναπτύξεως οφείλεται κατά κύριο λόγο στην μεταβολή του ποσοστού φυτοκαλύψεως του εδάφους που ξεκινάει από μηδέν και φτάνει στο 100%. Η ελάττωση στα τελευταία στάδια της βλαστικής περιόδου οφείλεται σε φυσιολογικές διαφοροποιήσεις των φυτών.

- *Μεθοδολογία υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής*

Αντικειμενικός σκοπός της άρδευσης είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργειών με το απαραίτητο νερό για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοσή τους. Η ποσοτική εκτίμηση του νερού αυτού αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για τη σωστή εφαρμογή και τον προγραμματισμό των αρδεύσεων, όπως επίσης και για τη μελέτη και σχεδιασμό των αρδευτικών δικτύων (Παπαζαφειρίου, 1999).

Για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας χρησιμοποιείται η μέθοδος του φυτικού συντελεστή που απαιτεί τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς και του φυτικού συντελεστή (Doorenbos and Pruitt, 1977, Allen et al., 1998, Παπαζαφειρίου, 1999) ενώ λαμβάνεται υπόψη η διαθεσιμότητα της εδαφικής υγρασίας στο βάθος του ριζοστρώματος και η εξάτμιση από την εδαφική επιφάνεια. Με βάση την παραπάνω μεθοδολογία, ο υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών υπολογίζεται σε τρία βήματα:

α) Αρχικά υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς (ETo).

β) Ακολούθως, μέσω της ETo και του φυτικού συντελεστή της καλλιέργειας υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (ETc).

γ) Τέλος, υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας υπό πραγματικές συνθήκες (Allen et al., 1998) οι οποίες αποκλίνουν από τις ιδεατές αφού υπεισέρχονται παράγοντες όπως η έλλειψη εδαφικής υγρασίας, μικρή γονιμότητα εδάφους, τοξικότητα αλάτων, ασθένειες, προσβολές από έντομα, κακή στράγγιση, παρουσία σκληρών ή αδιαπέρατων εδαφικών οριζόντιων στο βάθος του ριζοστρώματος, καθώς και η παρουσία αλάτων (ETc ACT).

3.2.7 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής

Ένας καλλιεργούμενος αγρός χάνει νερό με τη διαδικασία της διαπνοής από τα φυτά και της εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους. Ακόμη, μετά από βροχή ή άρδευση με καταιονισμό, το νερό που συγκρατείται από το υπέργειο μέρος των φυτών εξατμίζεται προς την ατμόσφαιρα. Αθροιστικά, το νερό που χάνεται από έναν καλλιεργημένο αγρό με διαπνοή από τα φυτά, εξάτμιση από το έδαφος και εξάτμιση από το φύλλωμα, όταν αυτό είναι υγρό, αναφέρεται σαν εξατμισοδιαπνοή (Evapotranspiration, ET) και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των φυτών και του εδάφους, τη διαθέσιμη ενέργεια και τις συνθήκες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα (Παπαζαφειρίου, 1999).

3.2.7.1. Εξάτμιση

Εξάτμιση, E, (evaporation) είναι η διαδικασία κατά την οποία το νερό μετατρέπεται σε υδρατμούς και απομακρύνεται από μια επιφάνεια. Το νερό εξατμίζεται από μια ποικιλία επιφανειών, όπως οι λίμνες, οι ποταμοί, τα εδάφη και η υγρή βλάστηση. Για να μεταβληθεί η

κατάσταση των μορίων του νερού από την υγρή στην αέρια φάση απαιτείται ενέργεια. Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία και σε μικρότερη έκταση η θερμοκρασία του αέρα, παρέχουν αυτήν την ενέργεια. Η κατευθυντήρια δύναμη για την αφαίρεση των υδρατμών από την επιφάνεια εξάτμισης είναι η διαφορά μεταξύ της πίεσης υδρατμών στην επιφάνεια εξάτμισης και αυτής της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας. Καθώς διεξάγεται η εξάτμιση, ο περιβάλλον αέρας γίνεται βαθμιαία κορεσμένος και η διαδικασία επιβραδύνεται και μπορεί να διακοπεί εάν ο κορεσμένο αέρας δεν μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα. Η αντικατάσταση του κορεσμένου αέρα με ξηρότερο εξαρτάται πολύ από την ταχύτητα του ανέμου. Ως εκ τούτου, η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία του και η ταχύτητα του ανέμου είναι κλιματικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη κατά την μελέτη της διαδικασίας εξάτμισης.

Όταν η επιφάνεια εξάτμισης είναι η επιφάνεια του εδάφους, ο βαθμός σκίασης του θόλου του φυτού και η ποσότητα του νερού που είναι διαθέσιμη στην εδαφική επιφάνεια είναι παράγοντες που επηρεάζουν την διαδικασία της εξάτμισης. Συχνές βροχές, άρδευση και νερό που μεταφέρεται προς τα πάνω σε ένα έδαφος από την υπόγεια στάθμη, υγραίνουν την εδαφική επιφάνεια. Όπου το έδαφος είναι σε θέση να παρέχει το νερό αρκετά γρήγορα για να ικανοποιήσει τη ζήτηση εξάτμισης, η εξάτμιση από αυτό καθορίζεται μόνο από τις μετεωρολογικές συνθήκες (Allen et al., 1998).

Εντούτοις, αν το χρονικό διάστημα μεταξύ των βροχών ή/και των αρδεύσεων είναι μεγάλο και η συνεισφορά της υπόγειας στάθμης μηδενική, η περιεκτικότητα σε νερό στο επιφανειακό έδαφος μειώνεται και η εδαφική επιφάνεια ξηραίνεται. Κάτω από αυτές τις περιστάσεις, η περιορισμένη διαθεσιμότητα του νερού ασκεί μian ελεγχόμενη επίδραση στην εξάτμιση: ελλείπει οποιουδήποτε ανεφοδιασμού της εδαφικής επιφάνειας με νερό, η εξάτμιση μειώνεται γρήγορα και μπορεί να πάψει σχεδόν εντελώς μέσα σε μερικές ημέρες (Allen et al., 1998).



3.3 Μέθοδοι προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής

3.3.1 Άμεσοι μέθοδοι

❖ Μέτρηση της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα:

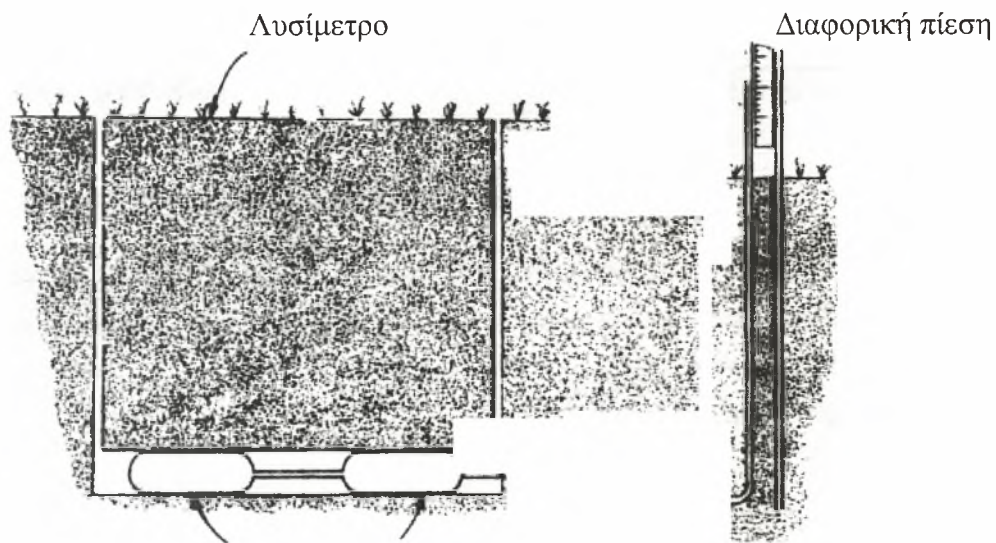
Η παρακολούθηση της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τους τρόπους και μεθόδους προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας δηλ. με απ' ευθείας προσδιορισμό της εδαφικής υγρασίας των εδαφικών δειγμάτων στο εργαστήριο ή τα τασίμετρα, πορώδη σώματα ή τη συσκευή Νετρονίων.

Κύρια μειονεκτήματα της μεθόδου είναι α) η δυσκολία στο διαχωρισμό της ποσότητας που καταναλώθηκε από τα φυτά και αυτής που απομακρύνθηκε από τη ζώνη του ριζοστρώματος λόγω βαθιάς διηθήσεως και β) η δυσκολία επιλογής αντιπροσωπευτικών θέσεων λήψεως δειγμάτων.

❖ Μέθοδος των Λυσιμέτρων:

Η μέθοδος αυτή κάνει χρήση μιας εγκαταστάσεως που λέγεται λυσίμετρο η οποία παρέχει τη δυνατότητα της μετρήσεως της εκροής λόγω βαθιάς

διηθήσεως καθώς και της απ' ευθείας μετρήσεως της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας. Το κύριο σώμα του λυσιμέτρου είναι ένα μεγάλο, κατά προτίμηση κυλινδρικό δοχείο, από μέταλλο ή ενισχυμένο πλαστικό που, τοποθετείται μέσα στο έδαφος έτσι που το ελεύθερο άκρο του να ταυτίζεται με την επιφάνεια του. Το δοχείο είναι γεμάτο με χώμα και καλλιεργείται με τα φυτά των οποίων πρόκειται να υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή. Το βάθος του δοχείου πρέπει να είναι αρκετό ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί ανεμπόδιστα το ριζικό σύστημα της καλλιέργειας και να έχει αρκετή επιφάνεια, όχι μικρότερη από 4 m². Η εξατμισοδιαπνοή προκύπτει από το ισοζύγιο νερού στο λυσίμετρο. Ανάλογα με τον τρόπο εκτίμησης της διαφοράς της περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας διακρίνονται τρεις τύποι λυσιμέτρων α) υδραυλικό β) ζυγιστικό και γ) ισοσταθμιστικό.



Ασκοί Ελαστικού

Εικόνα 3.1. Ένα τυπικό Λυσίμετρο (Λυσίμετρο υδραυλικού τύπου)

❖ Άλλες μέθοδοι

Άλλες άμεσες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής είναι η μέθοδος του ισοζυγίου του νερού μιας λεκάνης με μετρήσεις των υδρολογικών της στοιχείων. Δηλαδή η εξατμισοδιαπνοή εκτιμάται με τη μέτρηση των βροχοπτώσεων της εισροής και της εκροής μέσω των υδατορευμάτων καθώς και της μεταβολής της στάθμης του υπόγειου νερού. Όπως είναι φανερό μια τέτοια μέθοδος δεν δίνει τη ζητούμενη ακρίβεια γι' αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στην προκαταρκτική φάση της μελέτης ενός αρδευτικού έργου. Αν υπάρχουν και άλλες άμεσες μέθοδοι εκτιμήσεως της εξατμισοδιαπνοής αυτές δεν είναι πρόσφορες για τη χρησιμοποίησή τους κατά τη μελέτη και τη λειτουργία των αρδευτικών έργων.

3.3.2 Έμμεσες μέθοδοι

Οι έμμεσες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής κατατάσσονται σε θεωρητικές,

ημιθεωρητικές και εμπειρικές. Κοινό τους χαρακτηριστικό είναι ότι προσπαθούν να προσδιορίσουν την εξατμισοδιαπνοή χρησιμοποιώντας κλιματικά δεδομένα. Η θεωρητική ανάλυση των θεωρητικών μεθόδων είναι συνήθως αρκετά αξιόλογη και αρκετά περίπλοκη για να παρουσιαστεί σ' αυτό το τεύχος. Συνήθως οι θεωρητικές μέθοδοι δίνουν εκτιμήσεις της εξατμισοδιαπνοής μικρών χρονικών διαστημάτων (π.χ. διάστημα 1 hr) με στοιχεία που λίγοι σχετικά μετεωρολογικοί σταθμοί στον κόσμο μπορούν να προσφέρουν. Σχετικά με το σχεδιασμό και τη λειτουργία των αρδευτικών έργων αυτό που ενδιαφέρει άμεσα είναι η πρόγνωση της εξατμισοδιαπνοής σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (π.χ. ανά 10 ημέρες, ανά 15 ημέρες ή ανά μήνα) με τη χρησιμοποίηση όσο το δυνατόν λιγότερων κλιματικών δεδομένων αφού η συγκέντρωση στοιχείων για μια υπό μελέτη έκταση διαρκεί συνήθως πολύ μικρό διάστημα και σε ελάχιστες περιπτώσεις προϋπάρχουν αξιόλογα κλιματικά δεδομένα σειράς ετών. Έτσι από τις θεωρητικές απλοποιήσεις προκύψαν οι ημιθεωρητικές. Τέλος η εύκολη συσχέτιση της εξατμισοδιαπνοής με βασικά κλιματικά δεδομένα, που μπορούν να βρεθούν σε κάθε περιοχή (π.χ. η θερμοκρασία), ήταν η κύρια αιτία της δημιουργίας πολλών εμπειρικών τύπων - μεθόδων-προγνώσεως της εξατμισοδιαπνοής. Από ένα μεγάλο αριθμό ημιθεωρητικών και εμπειρικών μεθόδων εδώ θα αναπτυχθεί το λογιστικό μέρος των λεγόμενων "ορθολογικών μεθόδων" που περιλαμβάνουν την αεροδυναμική, τη μέθοδο ακτινοβολίας και τη μέθοδο συνδυασμού. Επίσης από τις εμπειρικές η χρησιμοποιούμενη σε πολλά μέρη του κόσμου (και στην Ελλάδα) μέθοδος Blaney- Criddle συγκεντρώνει ενδιαφέρον μια που προβλέπεται ότι θα χρησιμοποιείται για τις μελέτες αρδευτικών έργων και στα επόμενα χρόνια. Όλες οι παραπάνω μέθοδοι αντιμετωπίζονται σύμφωνα με τις νέες απόψεις στο θέμα (Doorenbos & Pruitt, 1977).

❖ Μέθοδος μεταφοράς της μάζας ή αεροδυναμική μέθοδος

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αρχή ότι η αιτία της εξατμισοδιαπνοής είναι η τυρβώδης κίνηση του αέρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και η υφιστάμενη κλίση της πιέσεως των υδρατμών. Η μέθοδος αυτή θεωρεί ότι με την κίνηση του αέρα η ύπαρξη αρνητικής κλίσεως συγκεντρώσεως των υδρατμών (ή της μερικής πιέσεως των υδρατμών) διατηρείται και έτσι εξασφαλίζεται η συνέχιση της ανοδικής μετακινήσεως του νερού από το έδαφος προς την ατμόσφαιρα. Οι περισσότερες από τις εξισώσεις που έχουν προταθεί έχουν την ακόλουθη γενική μορφή:

$$PET = c(a+bu)(ea-ed)$$

όπου:

PET: είναι η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς

a,b,c: είναι σταθερές που προσδιορίζονται εμπειρικά

ea-ed: είναι το έλλειμμα κορεσμού του αέρα πάνω από την & υγρή επιφάνεια για την αντίστοιχη θερμοκρασία

υ: είναι η ταχύτητα του ανέμου σε ένα ορισμένο ύψος πάνω από την επιφάνεια (συνήθως παίρνεται η ταχύτητα σε ύψος 2 m).

Σοβαρό μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί το γεγονός ότι οι σταθερές a, b και c μεταβάλλονται με το χρόνο και τόπο (ακόμα και μέσα στην ίδια περιοχή).

❖ Μέθοδος του ισοζυγίου της ενέργειας ή μέθοδος ακτινοβολίας

Η μέθοδος του ισοζυγίου της ενέργειας στην επιφάνεια του εδάφους ή μέθοδος της ακτινοβολίας στηρίζεται στην αρχή ότι η κύρια αιτία της εξατμισοδιαπνοής είναι η καθαρή ενέργεια που προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια της γης υπό μορφή ακτινοβολίας.

Επειδή η σχέση του ισοζυγίου της ενέργειας στην επιφάνεια του εδάφους περικλείει ποσότητες που μειρώνται σχετικά δύσκολα, δίνεται η απλοποιημένη μέθοδος της ακτινοβολίας με την ακόλουθη σχέση:

$$PET=W \cdot RS \text{ (mm/ημέρα)}$$

όπου:

RS: είναι η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στη γήινη επιφάνεια εκφρασμένη σε ισοδύναμη εξάτμιση, mm/ημέρα. Για τη μετατροπή της ενέργειας σε ισοδύναμη εξάτμιση χρησιμοποιείται η σχέση $1 \text{ cal/cm}^2 = 1/59 \text{ mm}$.

K: είναι ο όρος που εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το υψόμετρο.

W: ισούται με $W = \Delta / (\Delta + \gamma)$ όπου Δ είναι η κλίση της καμπύλης πιέσεως των κορεσμένων υδρατμών για τη μέση θερμοκρασία αέρος στην περίοδο που εξετάζουμε και γ είναι η ψυχρομετρική σταθερά.

❖ Μέθοδος Penman ή μέθοδος συνδυασμού

Ο συνδυασμός των δύο μεθόδων της ακτινοβολίας και της αεροδυναμικής αποτελεί τη βάση της θεωρίας του Penman ή της μεθόδου συνδυασμού. Θεωρείται δηλαδή ότι για την εξήγηση του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής εκτός του συστήματος ανεφοδιασμού και της επάρκειας νερού για εξάτμιση χρειάζεται:

- i. μια διαθέσιμη ενέργεια για τη μετατροπή του νερού σε υδρατμό, που στην προκείμενη περίπτωση προέρχεται από την καθαρή ακτινοβολία, όπως προκύπτει από την εξίσωση του ισοζυγίου της ενέργειας στην επιφανειακή ζώνη εδάφους.
- ii. ένας μηχανισμός διατηρήσεως της αρνητικής κλίσεως συγκεντρώσεως των υδρατμών που στην προκείμενη περίπτωση προέρχεται από την κίνηση του αέρα.

Αρχικά η μέθοδος εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό της εξατμίσεως από ανοικτές επιφάνειες νερού (π.χ. λίμνες). Εδώ η μέθοδος Penman είναι προσαρμοσμένη για να χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς. Η μέθοδος δίνει γενικά καλύτερα αποτελέσματα από όλες τις έμμεσες μεθόδους και ισχύει με την κατάλληλη προσαρμογή σε οποιοσδήποτε συνθήκες.

Για τον υπολογισμό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής η εξίσωση Penman γράφεται:

$$PET = W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)$$

όπου:

PET: είναι η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς mm/ημέρα)

W: είναι ο ίδιος όρος όπως προηγούμενα

R_n: είναι η καθαρή ακτινοβολία εκφρασμένη σε ισοδύναμη εξάτμιση (mm/ημέρα)

e_a-e_d: είναι το έλλειμμα κορεσμού (mbar) για τη μέση θερμοκρασία του αέρα

f(u): είναι μια συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου (αδιάστατη) Η συνάρτησα f(u) εκφράζεται συνήθως ως γραμμική συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου σε ύψος 2m, u₂ (km/24ωρο) γνωστής στη διεθνή βιβλιογραφία ως wind travel.

❖ Εμπειρικές Μέθοδοι - Μέθοδος Blaney-Criddle

Από τις πιο διαδεδομένες εμπειρικές μεθόδους είναι και αυτή που προτάθηκε από τους Blaney-Criddle (1950) και χρησιμοποιείται για μελέτες αρδευτικών έργων σε πολλές χώρες μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Η εξίσωση των Blaney-Criddle για μηνιαίο διάστημα γράφεται:

$$f = p \cdot (0.46T + 8)$$

όπου:

f: είναι ο κλιματικός παράγοντας σε mm/ημέρα

p: είναι το μέσο ημερήσιο ποσοστό της συνολικής ετήσιας διάρκειας των ωρών ημέρας. Δίνεται ως συνάρτηση του μήνα και του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής,

T: είναι η μέση θερμοκρασία του μήνα σε °C.

Για τον υπολογισμό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής της κάθε καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς διάφοροι φυτικοί συντελεστές οι οποίοι έχουν εντελώς τοπικό χαρακτήρα μια που επηρεάζονται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής που δεν περιγράφονται από τις παραμέτρους της εξισώσεων Blaney-Criddle. Έτσι οι φυτικοί συντελεστές που υπολογίστηκαν για μια ορισμένη περιοχή δεν πρέπει να μεταφέρονται και να χρησιμοποιούνται σε άλλες περιοχές.

❖ Μέθοδος της λεκάνης

Η λεκάνη εξατμίσεως αποτελεί ένα από τα βασικά όργανα των αγροτομετεωρολογικών σταθμών. Συχνές και προσεκτικές μετρήσεις της εξάτμισης από τη λεκάνη (με ταυτόχρονη προστασία της από τα πουλιά μπορεί να δώσει σειρά από αξιόπιστα δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας αναφοράς σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$PET = Kp \cdot Ep$$

όπου:

E: είναι η εξάτμιση από τη λεκάνη (mm / ημέρα),

Kp: είναι ένας αδιάστατος συντελεστής της λεκάνης.

Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο τύποι λεκανών, η λεκάνη τύπου A (U.S Class A Pan) και η λεκάνη του Colorado (Colorado Sunken Pan) . Η λεκάνη τύπου A έχει διάμετρο 121 cm, βάθος 25.5cm και κατασκευάζεται από γαλβανισμένο χάλυβα. Τοποθετείται σε ξύλινη βάση και οριζοντιώνεται σε ύψος 15cm πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Η επιφάνεια του νερού παραμένει από 5 έως 7.5 cm κάτω από το χείλος της λεκάνης. Οι μετρήσεις στο βάθος του νερού στη λεκάνη γίνονται με σταθμήμετρο με ακίδα και σύστημα βερνιέρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

4.1 Γενικά

Η προσπάθεια για την επίτευξη μικρότερου κόστους και μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας κατά την εφαρμογή του νερού στις αρδεύσεις, είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλών και ποικίλων μεθόδων άρδευσης.

Μέθοδοι άρδευσης ονομάζονται οι διάφοροι τρόποι εφαρμογής του αρδευτικού νερού στο έδαφος.

Οι μέθοδοι αυτοί εξαρτώνται από τις εδαφικές, κλιματικές και υδρολογικές συνθήκες, την τοπογραφική διαμόρφωση της επιφάνειας του εδάφους, το είδος της καλλιέργειας, την ποιότητα του αρδευτικού νερού και γενικά από την γεωργοτεχνική ανάπτυξη στον τομέα των αρδεύσεων.

Για να είναι επιτυχής μία άρδευση πρέπει:

- ❖ Να εφοδιάζει το χωράφι με τόσο νερό ώστε η υγρασία στη ζώνη του ριζοστρώματος να φθάσει στην υδατοϊκανότητα, δηλαδή να εφοδιάσει το έδαφος με νερό ίσο με την ωφέλιμη υγρασία.
- ❖ Να περιορίσει στο ελάχιστο τις επιφανειακές απώλειες από την επιφανειακή απορροή, ώστε η αποδοτικότητα εφαρμογής να φθάνει τη μονάδα.
- ❖ Να εφαρμόζεται το νερό ομοιόμορφα στην επιφάνεια του αγρού επί όσο χρόνο χρειάζεται για να διηθηθεί στο έδαφος ποσότητα ίση με την ωφέλιμη υγρασία έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσουμε την βαθιά διήθηση.

Οι μέθοδοι άρδευσης διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του νερού, σε επιφανειακές μεθόδους (κατάκλιση, λωρίδες, αυλάκια), καταιονισμό (τεχνητή βροχή) και στάγδην άρδευση (πρόσφατα, και υπόγεια στάγδην άρδευση) (Σακελλαρίου, 2003, Παπαζαφειρίου, 1984).

4.2 Επιλογή μεθόδου άρδευσης

Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της μεθόδου άρδευσης, είναι η παροχή και η ποιότητα του νερού, το κλίμα, το έδαφος, το είδος της καλλιέργειας, το κόστος της μεθόδου και η ικανότητα του καλλιεργητή να διαχειρίζεται το σύστημα άρδευσης.

4.3 Μέθοδοι Άρδευσης

4.3.1 Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης

Οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης είναι: η μέθοδος των λεκανών με κατάκλιση, η μέθοδος της περιορισμένης διάχυσης ή των λωρίδων και η μέθοδος των αυλακιών. Και οι τρεις αυτοί μέθοδοι έχουν κοινά σημεία, η γνώση των οποίων βοηθάει στην καλύτερη εφαρμογή της άρδευσης.

Το νερό εφαρμόζεται στο ψηλότερο σημείο του χωραφιού. Από εκεί αφού πρώτα μια ποσότητα αυτού διηθηθεί, το υπόλοιπο ρέει προς τα χαμηλότερα σημεία, με μειωμένη παροχή εξαιτίας της συνεχούς διήθησης.

Με αυτόν όμως τον τρόπο δημιουργείται το πρόβλημα της ανομοιομορφίας άρδευσης. Αυτό δε συμβαίνει γιατί η ποσότητα του νερού που διηθείται στα υψηλότερα τμήματα του εδάφους είναι μεγαλύτερη από αυτήν που διηθείται στα χαμηλότερα αφού περισσότερο χρόνο μένει το νερό στα πρώτα τμήματα. Παρόλο που το πρόβλημα αυτό υπάρχει, υπάρχει και η δυνατότητα να περιορίσουμε την ομοιομορφία και να εξασφαλίσουμε τις κατάλληλες συνθήκες για πιο ομοιομορφή άρδευση.

Υπάρχουν τρεις βασικοί ρυθμιστικοί παράγοντες, που επηρεάζουν την ομοιομορφία εφαρμογής νερού στις επιφανειακές μεθόδους. Οι παράγοντες αυτοί είναι: Η παροχή αρδεύσεως, αρδευόμενη κάθε φορά έκταση, και η διηθητικότητα του εδάφους.

Στην περίπτωση των λεκανών κατάκλισης οι τρεις αυτοί ρυθμιστικοί παράγοντες παραμένουν μοναδικοί. Στις λωρίδες και στα αυλάκια, εκτός απ' τους παραπάνω παράγοντες, υπάρχουν κι άλλοι. Αυτοί είναι: Η κλίση του εδάφους, η ταχύτητα και η πυκνότητα της καλλιέργειας, που επηρεάζουν την ομοιομορφία της άρδευσης σε μεγάλο βαθμό.

Ο καλύτερος συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων συνεπάγεται με την καλύτερη δυνατή ομοιομορφία. Απόλυτη ομοιομορφία εφαρμογής του νερού στο χωράφι επιτυγχάνεται, όταν το νερό παραμείνει τον ίδιο χρόνο σε όλα τα σημεία του εδάφους.

Το νερό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την άρδευση των φυτών θα το πάρουμε από ένα ποτάμι, μια τεχνητή ή φυσική λίμνη, κ.α. Η μεταφορά του νερού από το σημείο υδροληψίας στο ψηλότερο σημείο του χωραφιού και από εκεί μέσα στο χωράφι γίνεται με τη βοήθεια αρδευτικού δικτύου.

Το αρδευτικό δίκτυο περιλαμβάνει το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο εφαρμογής. Το δίκτυο μεταφοράς περιλαμβάνει ένα σύστημα ανοικτών αγωγών, διώρυγες, το οποίο μεταφέρει νερό από το ποτάμι, τη λίμνη, ή το κανάλι, στις διώρυγες εφαρμογής από τις οποίες γίνεται απευθείας εφαρμογή του νερού στο χωράφι.

4.3.1.1 Άρδευση σε λεκάνες με κατάκλιση

Η άρδευση με κατάκλιση αποτελεί τον πιο απλό τρόπο επιφανειακής άρδευσης. Το χωράφι στη μέθοδο αυτή χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα με χωμάτινα αναχώματα. Σχηματίζονται δηλαδή σχεδόν οριζόντιες λεκάνες, στις οποίες αποχετεύεται το νερό. Το έδαφος καλύπτεται με ένα στρώμα νερού ποικίλου πάχους, ανάλογα με την περίπτωση. Το νερό αυτό, αφήνεται για ένα χρονικό διάστημα πάνω στην επιφάνεια του εδάφους τόσο όσο χρειάζεται, για να διηθηθεί και να φτάσει στο επιθυμητό βάθος του εδάφους.

Η μέθοδος αυτή διαφέρει, από αυτές των λωρίδων και των αυλακιών όπου το νερό ρέει στην επιφάνεια του εδάφους σε όλη τη διάρκεια της αρδεύσεως, με παροχή ανάλογη με τη διηθητικότητα του χωραφιού και την κλίση του εδάφους και η διήθηση γίνεται κατά την διάρκεια της ροής.

Στην άρδευση με λεκάνες η μέγιστη υψομετρική διαφορά μεταξύ ακραίων σημείων των λεκανών δεν πρέπει να έχει μεγάλη διαφορά, αυτό πάντα ανάλογα με την έκταση της λεκάνης ώστε να έχουμε σχεδόν το ίδιο πάχος νερού σε όλα τα σημεία και επομένως ομοιόμορφη διήθηση.

Οι διαστάσεις των λεκανών είναι ανάλογες με την κλίση του εδάφους και τη διηθητικότητα. Στα ελαφρά εδάφη οι λεκάνες έχουν διαστάσεις από λίγα τετραγωνικά μέτρα, μέχρι μισό στρέμμα. Στα συνεκτικά εδάφη μπορεί να φτάσουν και τα δυο στρέμματα, όταν φυσικά το επιτρέπει η κλίση.

Ο όγκος του νερού που θα εφαρμοστεί στη λεκάνη είναι ανάλογος με το είδος του φυτού και τις ανάγκες του σε νερό. Πρέπει επίσης σ' αυτόν τον όγκο να προστεθούν οι απώλειες που οφείλονται στη βαθειά διήθηση και την εξάτμιση. Το νερό παρέχεται με τη βοήθεια αυλακών και πλαστικών σωλήνων οι οποίες μεταφέρουν διαδοχικά το νερό σε κάθε λεκάνη. Οι λεκάνες ανάλογα με το μέγεθος τους και το σχήμα τους διαιρούνται σε δυο κατηγορίες. Στις ορθογωνικές και τις λεκάνες και τις ισοΰψεις του εδάφους.

- ❖ Ορθογωνικές λεκάνες. Τα αναχώματα σχηματίζουν μεταξύ τους ορθές γωνίες. Συνήθως οι λεκάνες αυτές έχουν μικρό μέγεθος ιδιαίτερα όταν τα εδάφη είναι πολύ διαπερατά, ώστε να «γεμίζουν» γρήγορα με νερό. Αυτό όμως συνεπάγεται με συνεχή απασχόληση προσωπικού, πολύπλοκο σύστημα διανομής και υψηλό κόστος. Μεγάλες λεκάνες μπορούμε να κατασκευάσουμε όταν η επιφάνεια του εδάφους είναι σχεδόν οριζόντια και το έδαφος είναι λίγο διαπερατό.
- ❖ Λεκάνες κατά τις ισοΰψεις του εδάφους. Οι λεκάνες αυτές σχηματίζονται με αναχώματα τα οποία ακολουθούν τις ισοΰψεις του εδάφους. Η δε απόσταση των αναχωμάτων μεταξύ τους πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η υψομετρική διαφορά να μην είναι μεγαλύτερη από 5 – 6 cm. Ήταν άλλωστε ο μόνος τρόπος άρδευσης των επικλινών εδαφών.

Πλεονεκτήματα

Η μέθοδος των λεκανών μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές περιπτώσεις. Βασικό πλεονέκτημα είναι ότι οι δαπάνες πρώτης εγκατάστασης και η συντήρηση των κατασκευών είναι μικρές εφόσον το έδαφος είναι αρκετά επίπεδο. Αλλιώς θα πρέπει να κατασκευαστούν περισσότερα αναχώματα και με μεγαλύτερο ύψος. Στην αρδεύσεως δέντρων με ατομικές λεκάνες οι απώλειες είναι πολύ μικρές και εξουδετερώνεται η ανάγκη για αυστηρή επίβλεψη. Σε περίπτωση που τα νερά περιέχουν ίλυ, η οποία είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη σε εδάφη αμμώδη ή χαλικώδη, η μέθοδος με κατάκλιση επιτρέπει την εναπόθεσή της στην επιφάνεια του χωραφιού. Πολλές φορές χρησιμοποιείται για την προστασία των μικρών φυτών από τις παγωνιές της άνοιξης.

Μειονεκτήματα

Η περιεκτικότητα των νερών κατάκλισης σε ίλυ πολλές φορές μπορεί να αποτελεί και μειονέκτημα, γιατί φράζοντας τους πόρους του εδάφους έχει δυσμενή επίδραση στο πορώδες και τη διηθητικότητα του. Μεταβάλλονται έτσι οι φυσικές ιδιότητες και στα συνεκτικά εδάφη η υδροπερατότητα μπορεί να γίνει ακόμα μικρότερη.

Δεν ενδείκνυται η εφαρμογή της μεθόδου σε συνεκτικά εδάφη, γιατί η στράγγιση είναι πολύ δύσκολη. Γενικά, η μέθοδος έχει περιορισμένη εφαρμογή κι αυτό, γιατί, απαιτεί μεγάλη παροχή νερού, πολύπλοκο σύστημα διανομής και εντατική απασχόληση προσωπικού.

Εφαρμόζεται κυρίως για την άρδευση ορυζώνων, αφού το ρύζι δεν αναπτύσσεται παρά μόνο στο νερό. Χρησιμοποιείται επίσης και για την άρδευση οπωρώνων και για τις χειμερινές αρδεύσεις αμπελώνων.

4.3.1.2 Άρδευση με περιορισμένη διάχυση ή των λωρίδων

Με τη μέθοδο αυτή της περιορισμένης διάχυσης, το νερό εφαρμόζεται σε εδαφικές λωρίδες που περικλείονται ανάμεσα σε δυο παράλληλα αναχώματα κατά τη φορά της μέγιστης κλίσης. Τυπικά οι λωρίδες δεν έχουν εγκάρσια κλίση είναι συνήθως μηδενική αλλά κλίση μόνο προς τη διεύθυνση της ροής του νερού.

Στην περιορισμένη διάχυση το νερό παροχετεύεται στη λωρίδα στο πάνω μέρος από το αρδευτικό αυλάκι και αφήνεται να ωθηθεί προς τα κάτω ως συνέπεια της κλίσης.

4.3.1.3 Άρδευση με αυλάκια

Με τη μέθοδο αυτή το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι κατά την κίνηση του μέσα σε αυλάκια που κατασκευάζονται μεταξύ των γραμμών των καλλιεργούμενων φυτών. Τα αρδευτικά αυλάκια μπορούν να κατασκευαστούν ακολουθώντας την κλίση του εδάφους και τις ισοϋψείς του εδάφους με κάποια μικρή κλίση, για να μπορεί το νερό να ρέει μέσα σε αυτά με μικρές ταχύτητες ώστε να μην προκαλείται διάβρωση τους.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- ❖ Αργόρυθμη άρδευση
- ❖ Σκληρή δουλειά η οποία απαιτεί πολλά χέρια
- ❖ Δύσκολη αν όχι αδύνατη χωρίς συνέπειες η μετακίνηση κάθετα προς τα αυλάκια
- ❖ Αυξημένες απώλειες νερού λόγω της βαθειάς διηθήσεως, ιδίως όταν το μήκος των αυλακίων είναι μεγάλο.
- ❖ Απαιτούνται μεγάλες ποσότητες νερού
- ❖ Για το πλεόνασμα νερού απαιτείται στραγγιστικό δίκτυο

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- ❖ Μικρές δαπάνες τις προετοιμασίας εδάφους
- ❖ Δυνατότητα εκτέλεσης αγροτικών εργασιών μεταξύ των αυλακίων
- ❖ Μπορούμε να αρδεύσουμε φυτά που καλλιεργούνται σε πυκνές σειρές
- ❖ Αποφεύγουμε τη διαβροχή του φυλλώματος των φυτών, πράγμα το οποίο αποτρέπει την εμφάνιση ορισμένων ασθενειών.

4.3.2 Άρδευση με καταιονισμό

Στον καταιονισμό το νερό εφαρμόζεται σε όλη την επιφάνεια του αγρού σαν τεχνητή απομίμηση της βροχής που διηθείται στο έδαφος κατακόρυφα υπό ακόρεστες συνθήκες ροής. Αν το σύστημα σχεδιαστεί σωστά, η κατανομή του νερού πάνω στο χωράφι γίνεται ομοιόμορφα, χωρίς λίμνασμα και επιφανειακή απορροή.

Ο καταιονισμός προσαρμόζεται για άρδευση σχεδόν όλων των εμπορεύσιμων καλλιεργειών, κάτω από μεγάλη ποικιλία εδαφικών συνθηκών. Ιδιαίτερα η μέθοδος συνίσταται όταν η διαθέσιμη παροχή αρδεύσεως είναι σχετικά μικρή και όταν το έδαφος είναι πολύ διαπερατό, ανομοιόμορφο, αβαθές, με υψηλή υπόγεια στάθμη, μεγάλη κλίση και ανώμαλη τοπογραφία

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου άρδευσης με καταιονισμό είναι:

- ❖ Επιτρέπει την άρδευση εκτάσεων ανώμαλης επιφάνειας με ελάττωση στο ελάχιστο τις εργασίες ισοπέδωσής χωρίς να διαταράσσεται το επιφανειακό έδαφος στα αβαθή εδάφη.
- ❖ Εφαρμόζεται σε αμμώδη ή πολύ υδατοπερατά εδάφη και έτσι αποφεύγονται οι απώλειες λόγω βαθειάς διήθησης και η δημιουργία προβλημάτων στραγγίσεις.
- ❖ Αξιοποιούνται μικρές παροχές που με την επιφανειακή ήταν αδύνατο να αξιοποιηθούν.
- ❖ Έχουμε οικονομία νερού σε σχέση με την επιφανειακή
- ❖ Δεν καταστρέφεται καλλιεργήσιμη έκταση
- ❖ Το νερό πέφτει με τη μορφή φυσικής βροχής και κατά την διαδρομή του με μικρά σταγονίδια στον ατμοσφαιρικό αέρα

θερμαίνονται και παραλαμβάνουν άζωτο και οξυγόνο και το μεταφέρουν στο έδαφος.

- ❖ Δεν καταστρέφεται ή δομή του εδάφους
- ❖ Αποφεύγονται οι εστίες ζιζανίων που δημιουργούνται στις όχθες των διωρύγων και τάφρων των αρδευτικών δικτύων που αποτελούν και εστίες μόλυνσης για τους διπλανούς αγρούς.
- ❖ Έχουμε ελάττωση των εργατικών χεριών σε σχέση πάντα με την επιφανειακή που θέλει συνεχή παρακολούθηση η πορεία του αρδευτικού νερού.
- ❖ Με τη μέθοδο αυτή έχουμε μείωση των καλλιεργητικών δαπανών

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου άρδευσης με καταιονισμό είναι:

- ❖ Μεγάλες δαπάνες λειτουργίας, αυτές αναφέρονται κυρίως στα καύσιμα ή ηλεκτρικό ρεύμα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της μεθόδου.
- ❖ Η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις που η παροχή του αρδευτικού νερού δεν είναι συνεχής.
- ❖ Το δίκτυο πολλές φορές παρουσιάζει μηχανικές ανωμαλίες π.χ. περιστροφικοί εκτοξευτήρες να σταματούν σε μια θέση
- ❖ Η άρδευση με καταιονισμό είναι προβληματική σε ανεμόπληκτες περιοχές
- ❖ Δεν εφαρμόζεται όταν το νερό είναι υψηλής αλατότητας προς αποφυγή εγκαυμάτων των καλλιεργειών και ταχεία φθορά των εκτοξευτών

4.3.3 Άρδευση με σταγόνες (στάγδην άρδευση)

Το πότισμα γίνεται μέσω σωληνωτού ποτίσματος που ο σταλακτοφόρος σωλήνας δικτυώνεται σε όλη την στην επιφάνεια. Οι ενσωματωμένοι σταλάκτες έχουν απόσταση μεταξύ τους από 0.25 έως 0.40 μέτρα και οι γραμμές των σωλήνων απέχουν από 0.30 έως 0.50 μέτρα. Οι σταλακτοφόροι είναι επιφανειακοί (επιφανειακή στάγδην άρδευση) ή υπόγειοι (υπόγεια στάγδην άρδευση).

Με τη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό χορηγείται φιλτραρισμένο και ευθείαν στις ρίζες των φυτών με ένα προκαθορισμένο ρυθμό, σε μικρές ποσότητες και σε μικρά χρονικά διαστήματα, με τη μορφή σταγόνων.

Τα χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτή είναι:

- ❖ Μικρή παροχή, συνήθως κατώτερη των 12/h
- ❖ Μερική διαβροχή του εδάφους
- ❖ Μεγάλη συχνότητα και διάρκεια της άρδευσης
- ❖ Υψηλό ποσοστό υγρασίας στο έδαφος και συνεπώς χαμηλή εδαφική τάση
- ❖ Κίνηση του νερού στο έδαφος σε δύο ή τρεις διευθύνσεις σε συγκρίσεις με τις άλλες μεθόδους.

Πλεονεκτήματα στάγδην άρδευσης

- ❖ Είναι δυνατή η εκμετάλλευση πηγών μικρής παροχής με άλλες μεθόδους είναι δύσκολο να αξιοποιηθούν
- ❖ Επιτυγχάνεται οικονομία νερού γύρω στο 25% έναντι της μεθόδου με καταιονισμό και 50% των επιφανειακών μεθόδων άρδευσης
- ❖ Η μικρή πίεση λειτουργίας και οι μικρές παροχές απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την άρδευση μιας έκτασης
- ❖ Επιτυγχάνεται υψηλός έλεγχος νερού γιατί είναι δυνατόν να χορηγηθούν στα φυτά με ακρίβεια οι αναγκαίες ποσότητες αρδευτικού νερού
- ❖ Τα απαιτούμενα για τη λειτουργία του συγκροτήματος εργατικά είναι ελάχιστα και σχεδόν μηδενίζονται με τη χρήση αυτοματισμών
- ❖ Λόγω της περιορισμένης διαβροχής του εδάφους είναι δυνατή η απρόσκοπτη εκτέλεση των άλλων αναγκαίων καλλιεργητικών εργασιών
- ❖ Τα λιπάσματα είναι δυνατόν να χορηγηθούν με το αρδευτικό νερό οπότε επιτυγχάνεται και οικονομία λιπάσματος
- ❖ Είναι κατάλληλη για την άρδευση επικλινών και αβαθών εδαφών
- ❖ Δυνατότητα αξιοποίησης αλατούχων νερών
- ❖ Δεν επηρεάζεται από τον άνεμο

Μειονεκτήματα στάγδην άρδευσης

- ❖ Οι εμφράξεις της μικρής διαμέτρου στομιών των σταλλακτήρων από τα αιωρούμενα στερεά υλικά, τις πρασινάδες ή τα διαλυμένα σ αυτά άλατα
- ❖ Τρωκτικά και έντομα είναι δυνατό να προκαλέσουν ζημιές σε ορισμένα εξαρτήματα του δικτύου.
- ❖ Απαιτεί σχετικά υψηλό επίπεδο γνώσεων για σωστό χειρισμό και τη συντήρηση του δικτύου
- ❖ Το υψηλό κόστος εγκατάστασας του δικτύου έναντι των άλλων μεθόδων αρδεύσεως.
- ❖ Επειδή η διαβροχή του εδάφους είναι περιορισμένη είναι ανάγκη να προσεχθεί ιδιαίτερα το ποσοστό διαβροχής ανάλογα με το έδαφος και την καλλιέργεια
- ❖ Κίνδυνος συγκέντρωσης αλάτων στο έδαφος περιμετρικά της υγρής και ξερής φάσης του εδάφους

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή η άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Για τον λόγο αυτό θα ήταν σκόπιμο να μελετηθεί περαιτέρω η μέθοδος της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

4.4 Υπόγεια στάγδην άρδευση

4.4.1 Ιστορική εξέλιξη

Ανήκει στην κατηγορία εκείνη των αρδευτικών μεθόδων που ονομάζονται τοπικές, λόγω του ότι το νερό χορηγείται απευθείας στη ζώνη του εδάφους όπου υπάρχει η μεγαλύτερη δραστηριότητα από πλευράς των ριζών και όχι σε όλη την έκταση που καταλαμβάνει η καλλιέργεια.

Αποτελεί την πλέον σύγχρονη και αποδοτική μέθοδο αφού εφαρμόζονται μικρές ποσότητες νερού μέσα στο έδαφος και στο σημείο εκείνο που το φυτό μπορεί να κάνει την καλύτερη δυνατή εκμετάλλευσή του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ειδικών σταλακτήρων, οι οποίοι βρίσκονται κατά μήκος πλαστικών αγωγών επί της γραμμής των φυτών. Η πρακτική αυτή αποδίδει υψηλή παραγωγικότητα της καλλιέργειας με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση νερού και μάλιστα χωρίς να υπάρχουν προβλήματα λόγω έκπλυσης ή απορροής (Sakellariou- Makrantonaki et al., 2001, 2002, 2003).

Από ιστορικής άποψης οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν με την ευρύτερη έννοια τις ευεργετικές επιδράσεις της άρδευσης με μικρές παροχές ήταν κάποιοι παραγωγοί στη Γερμανία το 1860. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούσαν για άρδευση ένα σύστημα πηλοσωλήνων με ανοικτούς αρμούς, το οποίο τους εξυπηρετούσε ταυτόχρονα και για στραγγιστικούς σκοπούς (Σακελλαρίου 2003). Η στάγδην άρδευση εφαρμόστηκε αρχικά σε καλλιέργειες λαχανικών, οπωρώνες και αμπέλια, αλλά στις μέρες μας η χρήση της έχει επεκταθεί στις περισσότερες των γραμμικών καλλιεργειών (Τερζίδης & Παπαζαφειρίου, 1997).

Η υπόγεια στάγδην άρδευση άρχισε να παίρνει σάρκα και οστά όταν το 1930 ένας Ισραηλινός μηχανικός, ο Symch Blas παρατήρησε δίπλα σε μια κάνουλα που είχε διαρροή ότι η ανάπτυξη των φυτών ήταν μεγαλύτερη. Την παρατήρηση αυτή έφερε προς βελτίωση τόσο ο ίδιος όσο και άλλες κατασκευαστικές εταιρίες και ειδικά μετά την εμφάνιση των πλαστικών σωλήνων (PE, PVC), το κόστος μειώθηκε σημαντικά και η νέα αυτή μέθοδος αναπτύχθηκε και έγινε πιο προσιτή στο ευρύ κοινό.

Η τεχνική αυτή έτυχε ευρείας αποδοχής ιδιαίτερα στη Μεγάλη Βρετανία και στις Η.Π.Α. όπου χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια οπωροφόρων, λαχανικών, βαμβακιού και αμπέλου, κυρίως σε περιοχές που διαθέτουν περιορισμένο αρδευτικό νερό με μεγάλη επιτυχία. Επίσης πειράματα που έχουν γίνει σε πολλές χώρες δείχνουν την υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των λοιπών μεθόδων, όσον αφορά την απόδοση των καλλιεργειών, την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας και την αξιοποίηση του νερού από τα φυτά.

Εργασία που έγινε στα νησιά Χαβάη των Η.Π.Α., έδειξε ότι η κατανάλωση ενέργειας σε αντλία που χρησιμοποιήθηκε για την παροχή νερού με τη μέθοδο της υπόγειας στάγδην άρδευσης, μειώθηκε 30- 90% σε σχέση με αυτή που απαιτείται για άρδευση με καταιονισμό σε αντίστοιχη καλλιεργούμενη έκταση (I Pai Wu, 1994). Ο Ruskin (2000) αναφέρει επίσης ότι, σε εδάφη μέσης και βαριάς υφής η κίνηση του νερού οφείλεται κατά κύριο λόγο στις τριχοειδείς δυνάμεις. Αυτό έχει ως

αποτέλεσμα το νερό μέσω της μεθόδου αυτής να μπορεί να εφαρμόζεται σε μικρά ποσά και με μεγάλη συχνότητα.

Ο Solomon, (1993) αναφέρεται στο πλεονέκτημα της υπόγειας στάγδην άρδευσης στον τομέα της λίπανσης, αφού σύμφωνα με τη μελέτη τα λιπάσματα που διοχετεύονται στο φυτό κατά τη διάρκεια της άρδευσης μέσα από το σύστημα, διοχετεύονται απευθείας στο ριζόστρωμα των φυτών. Ακόμη κατά την εφαρμογή της υπόγειας στάγδην άρδευσης τα πρώτα 15- 20cm από την επιφάνεια του εδάφους περιέχουν λιγότερη υγρασία όταν οι σταλάκτες βρίσκονται σε βάθος 45cm, με συνέπεια να περιορίζεται η εξάτμιση του νερού από το έδαφος.

Σε καλλιέργεια τομάτας η εφαρμογή της τεχνικής αυτής έδειξε αύξηση του όγκου παραγωγής. Έτσι σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των παραδοσιακών καλλιεργητικών και ενεργειακών δαπανών που απορρέουν από την χρήση της υπόγειας άρδευσης, υπήρξε αύξηση του εισοδήματος σε σύγκριση με τον καταιονισμό ως αρδευτική πρακτική.

Οι Zoldoske et al. (1995) συμπεραίνουν ότι η παραγωγή σε καλλιέργεια αμπέλου με τη μέθοδο της υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι κατά πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με την εφαρμογή στην ίδια καλλιέργεια επιφανειακής άρδευσης με σταγόνες. Αξίζει να σημειωθεί μάλιστα, ότι η βελτίωση όσον αφορά την παραγωγή επιτεύχθηκε με μειωμένες δόσεις αρδευτικού νερού σε ποσοστό 20% της ημερήσιας εξάτμισοδιαπνοής. Οι ίδιοι ερευνητές (Zoldoske et al., 1995) έδειξαν επίσης τις ευεργετικές επιδράσεις και τα σημαντικά οφέλη που είχε η χρήση της υπόγειας εφαρμογής με σταγόνες στην άρδευση του κλοοτάπητα.

Ανάλογα αποτελέσματα είχαν έρευνες που διεξήχθησαν και στο Ισραήλ, το οποίο είναι μια χώρα που βοήθησε σημαντικά στην ανάπτυξη και βελτίωση της μεθόδου αυτής. Οι Shani κ.α. απέδειξαν ότι η υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, έχει σημαντική επίδραση στην παροχή κάθε σταλάκτη. Θεαματική επιτυχία είχε επίσης η εφαρμογή της μεθόδου σε υποβαθμισμένα εδάφη λόγω αλατότητας, όπως συνήθως συμβαίνει σε άγονες περιοχές. Εκεί όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, τα εδάφη αμμώδη και η σχετική πίεση μικρή, η ανάπτυξη των καλλιεργειών παρουσίασε μεγάλη βελτίωση με τη χρήση της υπόγειας στάγδην άρδευσης.

Στον ελλαδικό χώρο σε πειράματα που έγιναν σε ζαχαρότευτλα, διαπιστώθηκε ότι η εδαφική υγρασία αυξάνει μετά το βάθος των 30cm και ότι εφαρμόζοντας το 80% της δόσης άρδευσης είναι δυνατό να επιτευχθεί εξοικονόμηση νερού, χωρίς να υπάρχει μείωση της παραγωγής (Σακελλαρίου, 2000, 2001, 2002). Ακόμη σε μελέτη άρδευσης καλλιέργειας ινώδους σόργου με επιφανειακή και υπόγεια στάγδην άρδευση, διαπιστώθηκε η υπεροχή της υπόγειας έναντι της επιφανειακής με μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης και σημαντικά μεγαλύτερη απόδοση σε ξηρή βιομάζα (Σακελλαρίου κ.α., 2003).

4.4.2 Περιγραφή ενός συστήματος υπόγειας άρδευσης

Τα συστήματα άρδευσης με σταγόνες υπόγεια και επιφανειακά αποτελούνται από τρία σκέλη που συνίστανται στην μονάδα ελέγχου ή κεφαλή, τα δίκτυα μεταφοράς και στα δίκτυα εφαρμογής του αρδευτικού νερού. Οι διαφορές που εντοπίζονται μεταξύ τους έγκειται στο συστηματικότερο καθαρισμό αυτών της υπόγειας με καθαρό νερό, την τοποθέτηση κάποιων βαλβίδων εκτόνωσης στα υψηλότερα υψομετρικά σημεία του συστήματος και στη χρήση λίπανσης της καλλιέργειας σε περίπτωση όπου το έδαφος στο ύψος των ριζών παρουσιάζει προβλήματα θρέψης (Phene et al., 1983). Ακόμη απαιτείται η χρήση ριζοαπωθητικών ουσιών για την αποφυγή εμφράξεων και καταστροφής του δικτύου, λόγω της πλευρικής κυρίως αύξησης του ριζικού συστήματος των φυτών.

Μία μονάδα ελέγχου ή κεφαλή αποτελείται από ένα υδρόμετρο, το οποίο καταγράφει τις ποσότητες του αρδευτικού νερού που χρησιμοποιείται. Επίσης περιέχει μηχανισμούς (υδροκυκλώνας) και σύστημα φίλτρων για τον καθαρισμό του νερού από ανεπιθύμητα υλικά, αφού η μονάδα ελέγχου συνδέεται άμεσα με την υδροληψία και αποτελεί την είσοδο για το αρδευτικό μέσο στο σύστημα. Σε περίπτωση που ο παραγωγός θέλει να εφαρμόσει λίπανση ή φυτοπροστατευτικά σκευάσματα μέσω του συστήματος (Σακελλαρίου κ.α., 2003), η κεφαλή είναι δυνατό να περιέχει δοχείο λίπανσης. Η φυτοπροστασία εφαρμόζεται συνήθως από το ίδιο δοχείο. Επιπλέον το όλο σύστημα μπορεί να αυτοματοποιηθεί με την προσθήκη στη μονάδα ελέγχου ενός προγραμματιστή.

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από σύστημα κύριων και δευτερευόντων αγωγών οι οποίοι είναι πλαστικοί (πολυαιθυλένιο, PVC) ή από γαλβανισμένο ατσάλι. Ο ρόλος των κύριων αγωγών είναι η μεταφορά του νερού από την υδροληψία στους δευτερεύοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους το διοχετεύουν στο δίκτυο εφαρμογής. Αυτό συνίσταται από μικρότερης εσωτερικής διαμέτρου (12- 32mm) αγωγούς από πολυαιθυλένιο ή εύκαμπιο PVC.

Οι σταλάκτες το κόστος των οποίων αποτελεί το 1/3 του συνολικού (Σακελλαρίου κ.α., 2003), κατασκευάζονται από πολυπροπυλένιο ή άλλο σκληρό πλαστικό και διοχετεύουν το νερό στο έδαφος υπό μορφή σταγόνας. Η παροχή τους κυμαίνεται από 1- 10 lt/h σε πίεση 0,2- 2 Atm. Στο εμπόριο μπορεί κάποιος να συναντήσει διάφορους τύπους σταλακτών με ποικίλα χαρακτηριστικά. Οι περισσότερο διαδεδομένοι είναι οι αυτορρυθμιζόμενοι οι οποίοι είναι κατά κανόνα και αυτοκαθαριζόμενοι.

4.4.3 Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης

Η υπόγεια στάγδην άρδευση είναι μια επαναστατική και σχετικά νέα μέθοδος, η οποία έχει σημαντικές ωφέλειες τόσο στο γεωργικό τομέα, όσο και από περιβαλλοντικής άποψης. Τόσο τα πειραματικά στοιχεία όσο και η ευρεία χρήση της σε πολλές ανά τον κόσμο χώρες αποδεικνύουν ότι είναι μια πρακτική με πολλά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα σε περιοχές ξηρές και ημιξηρικές που αντιμετωπίζουν προβλήματα με τη διαχείριση του αρδευτικού νερού λόγω έλλειψης πόρων. Με αφορμή λοιπόν τα παραπάνω γίνεται μια παράθεση των πλεονεκτημάτων που απορρέουν από την επιλογή της ως αρδευτικής μεθόδου.

- ❖ Γίνεται πιο αποτελεσματική χρήση του νερού σε σχέση με τις άλλες μεθόδους, αφού αυτό εφαρμόζεται σε μικρότερες ποσότητες και με μεγαλύτερη συχνότητα.
- ❖ Μειώνονται οι υδατικές απώλειες λόγω εξάτμισης του από το έδαφος και διαπνοής του από την καλλιέργεια, λόγω του ότι χορηγείται στα φυτά το απαιτούμενο για τις ανάγκες τους νερό και όχι επιφανειακά. Παράλληλα μειώνεται η διαπνοή του από παρακείμενα ζιζάνια, γιατί η υγρή ζώνη του εδάφους περιορίζεται κατά μήκος του αγωγού εφαρμογής και όχι σε όλη την έκταση του αγροτεμαχίου.
- ❖ Το σύστημα της υπόγειας άρδευσης έχει ευρεία χρήση σε όλους τους τύπους εδαφών.
- ❖ Μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς και ειδικότερα σε αγροτεμάχια όπου το ανάγλυφό τους παρουσιάζει περίεργους σχηματισμούς ή η τοπογραφία της περιοχής είναι προβληματική, χωρίς να χρειάζονται διάφορες χωματουργικές επεμβάσεις όπως είναι η ισοπέδωση.
- ❖ Η αρνητική πίεση του νερού στο έδαφος παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, διευκολύνοντας έτσι την πρόσληψη του από τα φυτά. Οι άριστες τιμές για την αρνητική πίεση κυμαίνονται μεταξύ 0 και 3 Atm, στις οποίες η διαθέσιμη για την καλλιέργεια εδαφική υγρασία προσεγγίζει την υδατοϊκανότητα του εδάφους.
- ❖ Ρυθμίζοντας την εδαφική υγρασία στο επίπεδο της υδατοϊκανότητας, πράγμα το οποίο επιτυγχάνεται με την υπόγεια στάγδην άρδευση, τα φυτά αναπτύσσονται σε ένα ιδανικό περιβάλλον από πλευράς υγρασίας χωρίς να υποστούν υδατικό στρες.
- ❖ Επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις και αύξηση του όγκου παραγωγής, πράγμα το οποίο είναι και το ζητούμενο στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις.
- ❖ Επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή του νερού στην καλλιέργεια.
- ❖ Λόγω ομοιόμορφης κατανομής του νερού, ευνοείται η ομοιόμορφη ανάπτυξη της καλλιέργειας με αποτέλεσμα αυτή να ωριμάζει νωρίτερα. Η πρόωμη συγκομιδή σε συνδυασμό με τις υψηλές αποδόσεις που πετυχαίνονται, δίνουν ένα ικανοποιητικό εισόδημα στον παραγωγό και συγκριτικά καλύτερο από τις άλλες μεθόδους που μπορεί να εφαρμοστούν για την ίδια καλλιέργεια.

- ❖ Λόγω της μείωσης των υδατικών απωλειών από τη διήθηση και την επιφανειακή απορροή, καθώς επίσης από την εξάτμιση και τη διαπνοή, εξοικονομείται περισσότερο νερό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους κοινωφελείς σκοπούς. Αυτό συμβάλλει στην προστασία των υδατικών πόρων και αποτελεί μία ορθή περιβαλλοντική πρακτική.
- ❖ Μειώνεται το κόστος άντλησης νερού και συνεπώς η κατανάλωση ενέργειας (I Pai Wu, 1994).
- ❖ Η εγκατάστασή του είναι μόνιμη, με αποτέλεσμα να μειώνεται η χειρονακτική εργασία η οποία στις αναπτυγμένες χώρες έχει μεγάλο κόστος.
- ❖ Πλεονεκτεί στις περιοχές όπου το αρδευτικό νερό βρίσκεται σε έλλειψη ή έχει πολύ ακριβό κόστος, λόγω του ότι με τη μέθοδο αυτή εφαρμόζονται συγκεκριμένες ποσότητες νερού (Σακελλαρίου, 2003).
- ❖ Προσφέρει τη δυνατότητα λίπανσης μέσω του συστήματος, μειώνοντας έτσι το κόστος των εισροών, ενώ παράλληλα με τη μείωση της χρήσης των λιπασμάτων αποφεύγεται και η μόλυνση των υπογείων νερών με νιτρικά λόγω έκπλυσης.
- ❖ Η εφαρμογή των θρεπτικών συστατικών γίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια όσον αφορά το πεδίο και τη χορηγούμενη ποσότητα, επειδή γίνεται απευθείας στη ζώνη διαβροχής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη και πιο άμεση αφομοίωσή τους από τα φυτά (Σακελλαρίου, 2003).
- ❖ Καθιστά δυνατή τη χρήση επανεπεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση (Σακελλαρίου, 2003), γιατί μειώνει την ανθρώπινη επαφή με αυτά. Επίσης δεν υπάρχει ανάγκη για τριτοβάθμια επεξεργασία γιατί τα νερά αυτά που περιέχουν ποσότητες αζώτου και φωσφόρου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λιπαντικό μέσο.
- ❖ Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί νερό υποβαθμισμένης ποιότητας.
- ❖ Με την εφαρμογή της αποφεύγεται η διαβροχή του φυλλώματος των φυτών, η οποία είναι παράγοντας δημιουργίας πολλών μυκητολογικών ασθενειών.
- ❖ Επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ανάπτυξη των ριζών και αύξηση τους προς τα βαθύτερα στρώματα. Αυτό έχει ως συνέπεια τη καλύτερη εκμετάλλευση του εδάφους και έμμεσα τη σημαντική αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών.
- ❖ Με την εφαρμογή μικρών ποσοτήτων νερού, αποφεύγεται η συσσώρευση του στο ριζόστρωμα, με αποτέλεσμα τον καλύτερο αερισμό των ριζών και την επάρκεια του εδάφους σε οξυγόνο που συμβάλλουν στην καλύτερη ανάπτυξη των φυτών.
- ❖ Τα περισσότερα τμήματα ενός συστήματος υπόγειας άρδευσης είναι πλαστικά και εγκαθίστανται υπόγεια, οπότε έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και είναι πιο ανθεκτικά στη διάβρωση. Ακόμη το σύστημα αυτό δεν απαιτεί επανεγκατάσταση ούτε απομάκρυνσή του με αποτέλεσμα τη διασφάλιση της ακεραιότητας

της καλλιέργειας, και τη παροχή της δυνατότητας στον παραγωγό να κάνει διπλοκαλλιέργεια.

- ❖ Η υπόγεια στάγδην άρδευση προσφέρεται για εγκατάσταση αυτοματισμών, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση χρόνου όσον αφορά το πρόγραμμα του παραγωγού.
- ❖ Με εξαίρεση τις βροχοπτώσεις η επιφάνεια του εδάφους διατηρείται στεγνή, διευκολύνοντας την εκτέλεση καλλιεργητικών εργασιών και χωρίς να διακόπτεται η άρδευση.
- ❖ Μέσω του συστήματος άρδευσης μπορεί να γίνει εφαρμογή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό την καλύτερη προστασία της καλλιέργειας.

4.4.4 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης

Πέρα από τον όγκο των πλεονεκτημάτων τα οποία έχει η άρδευση με σταγόνες υπογείως και την κάνουν τόσο δημοφιλή στον αναπτυγμένο κόσμο, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζει η εν λόγω αρδευτική μέθοδος. Αυτά λειτουργούν ως περιοριστικός παράγοντας στη διάδοση της στις φτωχότερες κυρίως χώρες και παραθέτονται ευθύς αμέσως.

- ❖ Το μεγαλύτερο και βασικότερο μειονέκτημα που εμποδίζει τα αναπτυσσόμενα κυρίως κράτη να ωφεληθούν από την πρακτική αυτή, είναι το μεγάλο κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης, το οποίο ποικίλει ανάλογα με την καλλιεργούμενη έκταση. Αυτό όμως λόγω της μαζικής παραγωγής των πλαστικών τμημάτων που γίνεται πλέον με επίπτωση στη μείωση των τιμών και σε συνδυασμό με τις υψηλές αποδόσεις που επιτυγχάνονται με τη μέθοδο αυτή, τείνει να αντισταθμιστεί.
- ❖ Οι εμφράξεις που δημιουργούνται στους σταλακτιήρες, αποτελούν ακόμη ένα πρόβλημα. Σε ένα σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης μπορούν να εμφανιστούν τριών ειδών εμφράξεις. Οι μηχανικές έχουν ως αίτιο την παρουσία στερεών σωματιδίων στο αρδευτικό νερό, τα οποία με την πάροδο του χρόνου συσσωρεύονται σε διάφορα τμήματα του συστήματος δημιουργώντας προβλήματα. Οι χημικές εμφράξεις από την άλλη πλευρά προκαλούνται στο σύστημα από την καθίζηση ανθρακικών αλάτων σε συνδυασμό με την συσσώρευση ιζημάτων σιδήρου και ασβεστίου. Τέλος υπάρχουν και οι βιολογικές εμφράξεις, οι οποίες οφείλονται στην ανάπτυξη βακτηρίων, μυκήτων, αλγών και άλλων μικροοργανισμών υπό τη μορφή αποικιών εντός των δικτύων μεταφοράς και εφαρμογής.
- ❖ Υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης αλάτων στην περιφέρεια της υγρής ζώνης και ιδιαίτερα σε περιοχές όπου οι βροχοπτώσεις σπανίζουν και το νερό το οποίο διατίθεται δεν μπορεί να τα απομακρύνει με την έκπλυση. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χρήση της υπόγειας άρδευσης εναλλακτικά με καταιονισμό.
- ❖ Η χρήση των γεωργικών μηχανημάτων για καλλιεργητικές εργασίες και ιδιαίτερα στην άροση προκαλεί μηχανικές ζημιές κυρίως στους

αγωγούς μεταφοράς του αρδευτικού νερού, με αποτέλεσμα την ύπαρξη ενός επιπλέον κόστους επισκευής και με ότι αυτό περικλείει.

- ❖ Παρατηρούνται δυσκολίες όσον αφορά την παρακολούθηση και αξιολόγηση της άρδευσης, για το λόγο ότι αυτή εξελίσσεται υπογείως. Έτσι για να διαπιστωθεί αν το σύστημα είναι αποδοτικό και λειτουργεί σωστά, είναι αναγκαία η συνεχής παρακολούθηση των υδρομέτρων και των καταστολέων πίεσης.
- ❖ Τα συστήματα αυτά έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής συγκριτικά με τα υπόλοιπα, γεγονός που επιβαρύνει τον παραγωγό με το επιπλέον κόστος της αντικατάστασης τμημάτων ή και ολόκληρου του συστήματος.
- ❖ Κατά τη σπορά της καλλιέργειας και για τη φύτευση των σπόρων χρειάζεται επιπλέον επιφανειακή άρδευση, επειδή η επιφάνεια του εδάφους είναι στεγνή, με αποτέλεσμα να μην παρέχεται η επαρκής υγρασία που απαιτείται για τη διαδικασία αυτή.
- ❖ Υπάρχει μεγάλη περίπτωση οι σταλακτιήρες να φράξουν λόγω της πλευρικής ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού απαιτούνται κάποιες ενέργειες όπως είναι η χρήση εξειδικευμένων χημικών ουσιών, η χρήση σταλακτιήρων με κατάλληλο σχεδιασμό και η σωστή διαχείριση του αρδευτικού νερού. Πέραν της διαχείρισης οι λοιπές ενέργειες όπως είναι λογικό ανεβάζουν το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.
- ❖ Η απαίτηση του συστήματος να τροφοδοτεί συνεχώς την καλλιέργεια με καθαρό νερό απαλλαγμένο από οποιουδήποτε είδους προσμίξεις και ανεπιθύμητα υλικά, καθιστά τον καθαρισμό και την αντικατάσταση των φίλτρων καθαρισμού όταν αυτό χρειάζεται αναγκαία. Αυτό έχει ως συνέπεια την επιβάρυνση του κόστους συντήρησης, καθώς επίσης και του χρόνου του παραγωγού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 Γενικά

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε την περίοδο 2007- 2008 στο αγρόκτημα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεσίνου, έγινε προσπάθεια της μελέτης της επίδρασης της ελλειμματικής άρδευσης, όσον αφορά την ανάπτυξη του ετήσιου Ηλίανθου (*Helianthus Annuus*).

Η περιοχή του Βελεσίνου βρίσκεται δυτικά της πόλης του Βόλου και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας του αγροκτήματος είναι 39ο23' γεωγραφικό πλάτος, 22ο45' γεωγραφικό μήκος, ενώ το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας αντιστοιχεί σε 50m. Τα αγροτεμάχια που παραχωρήθηκαν για την πραγματοποίηση του πειράματος ήταν 3 έκτασης 10x50m και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, χαρακτηρίζονται ηπειρωτικές που συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Έτσι παρατηρείται ζεστό και ξηρό καλοκαίρι το οποίο εναλλάσσεται με ψυχρό και υγρό χειμώνα.

Το έδαφος της περιοχής του αγροκτήματος είναι ασβεστούχο, αργιλλοπηλώδες και καλά στραγγιζόμενο. Η υφή τέτοιων εδαφών χαρακτηρίζεται αμμοαργιλοπηλώδης έως και αργιλλώδης, ενώ κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη ως λεπτόκοκκη. Το PH του βρίσκεται σε αλκαλικά επίπεδα και έχει καλά αναπτυγμένο πορώδες, το οποίο αποτελείται από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους (Μήτσιος κ.α., 2000).

5.2 Χάραξη του πειραματικού αγροτεμαχίου

Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένα πλήρως τυχαίοποιημένο σχέδιο στο οποίο περιέχονταν τρεις μεταχειρίσεις σε 4 επαναλήψεις. Η πρώτη μεταχείριση ήταν η άρδευση της προς εγκατάσταση καλλιέργειας με 60% της απαιτούμενης ποσότητας νερού. Η δεύτερη περιλάμβανε άρδευση 80% της απαιτούμενης ποσότητας. Η τρίτη περιελάμβανε άρδευση 100% της απαιτούμενης ποσότητας. Για το σκοπό αυτό τα αγροτεμάχια υποδιαιρέθηκαν σε 12 πειραματικά τεμάχια, από τα οποία τα 4 προορίστηκαν για μεταχείριση 60% της απαιτούμενης ποσότητας νερού και τα επόμενα 4 για μεταχείριση που περιλάμβανε άρδευση με 80% της απαιτούμενης ποσότητας νερού και τα υπόλοιπα 4 για μεταχείριση με 100% της απαιτούμενης ποσότητας νερού. Έτσι κάθε πειραματικό τεμάχιο καταλάμβανε έκταση 88m² (10m μήκος και 8,8m πλάτος). Εγκαταστάθηκαν 12 σειρές φυτών. Μεταξύ των επαναλήψεων υπήρχε διάδρομος πλάτους 4m. Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή

προσεγγίζονται πειραματικά δυο διαφορετικές δόσεις άρδευσης στην καλλιέργεια ηλιάνθου. Στην πρώτη δόση άρδευσης καλύπτεται το 60% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ενώ στη δεύτερη δόση καλύπτεται το 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

60%	80%	100%
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ
80%	100%	60%
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ
100%	100%	80%
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ
60%	80%	60%

Σχήμα 5.1. Διάταξη πειραματικού αγροτεμαχίου σύμφωνα με τη χάραξη

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

100%: Ηλιάνθος αρδευόμενος με Υ.Σ.Α. με δόση άρδευσης που καλύπτει το 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

80%: Ηλιάνθος αρδευόμενος με Υ.Σ.Α. με δόση άρδευσης που καλύπτει το 80% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

60%: Ηλιάνθος αρδευόμενος με Υ.Σ.Α. με δόση άρδευσης που καλύπτει το 60% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

Πλάτος διαδρόμου: 4 m.

Διαστάσεις πειραματικού τεμαχίου:
μήκος 10 m & πλάτος 8,8 m.

5.3 Εγκατάσταση της καλλιέργειας στο πειραματικό τεμάχιο

Στο πεδίο του πειράματος πραγματοποιήθηκε προετοιμασία της σποροκλίνης, λαμβάνοντας χώρα τρεις μεταχειρίσεις φρεζαρίσματος.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 20 Μαΐου 2008. Χρησιμοποιώντας σκαλιστήρι ανοίχθηκαν συνολικά 12 αυλάκια κατά μήκος του τεμαχίου με βάθος 3- 4cm. Η τοποθέτηση του σπόρου έγινε με το χέρι σε αποστάσεις 4- 5cm μεταξύ των φυτών και 80cm μεταξύ των γραμμών. Μετά την τοποθέτηση του σπόρου ακολούθησε κάλυψή τους με χώμα και άρδευση με τη μέθοδο του καταιονισμού. Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν πραγματοποιήθηκε λιπαντική αγωγή, ενώ 2- 3 εβδομάδες μετά τη σπορά και με την εμφάνιση των φυτών αποφασίστηκε να γίνει αραίωση επί των γραμμών, ώστε τα φυτά να έχουν αποστάσεις μεταξύ τους 10- 15cm.

Το φύτερωμα της καλλιέργειας έγινε γύρω στις 5 Ιουνίου και παρουσίασε περίπου 90% επιτυχία, ενώ κατά τη διάρκεια του πειράματος έγιναν όλες οι απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες που χρειάστηκαν για να αναπτυχθεί η καλλιέργεια.

5.4 Άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου

Ως καταλληλότερη αρδευτική μέθοδος επιλέχθηκε η υπόγεια στάγδην άρδευση. Πλεονέκτημα της πρακτικής αυτής για την παρούσα κατάσταση αποτελεί το γεγονός ότι μειώνονται οι υδατικές απώλειες λόγω εξάτμισης του από το έδαφος και διαπνοής του από την καλλιέργεια, λόγω ότι χορηγείται στα φυτά το επιθυμητό για τις ανάγκες του πειράματός μας νερό και όχι επιφανειακά.

Το δίκτυο μεταφοράς αρδευτικού νερού του συστήματος αποτελείται από αγωγούς, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο και έχουν εσωτερική διατομή 32 mm, ενώ η πίεση λειτουργίας τους αντιστοιχεί σε 6 Atm. Οι αγωγοί εφαρμογής (μήκους 25 m) από την άλλη πλευρά είναι επίσης κατασκευασμένοι από το ίδιο υλικό, με μόνη διαφορά ότι είναι μικρότερης διατομής (20 mm). Η απόσταση μεταξύ των αγωγών εφαρμογής είναι 1,60 m και κατά την εγκατάσταση του συστήματος, η τοποθέτησή τους έγινε σειρά παρά σειρά μεταξύ των γραμμών των φυτών. Επίσης, στους αγωγούς εφαρμογής ανά 0,6 m είναι τοποθετημένοι αυτορρυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι σταλακτήρες, οι οποίοι έχουν παροχή ίση με 3,6 lt/h, σε πίεση λειτουργίας 3,5 Atm και ωριαίο ύψος διαβροχής 3,75 mm/h.

Για να αποφευχθεί η αναρρόφηση του νερού, η οποία έχει ως άμεση συνέπεια την έμφραξη των σταλακτάρων από τα στερεά σωματίδια του εδάφους, τοποθετήθηκαν ειδικές βαλβίδες εκτόνωσης, καθώς επίσης και φίλτρο δίσκων εμποτισμένο με treflan. Το σκεύασμα αυτό είναι ζιζανιοκτόνο το οποίο χρησιμοποιείται στην περίπτωση της υπόγειας άρδευσης με σταγόνες ως ριζοαπωθητικό, εμποδίζοντας έτσι την έμφραξη των σταλακτάρων από την είσοδο σε αυτούς των ριζών.

Όσο για τη μονάδα ελέγχου του υφιστάμενου συστήματος άρδευσης η οποία ευθύνεται για τη διοχέτευση του νερού στα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής, αποτελείται από ένα αριθμό ηλεκτροβανών,

οι οποίες συνδέονται με ένα ειδικό προγραμματιστή άρδευσης (Miracle DC). Στο σύστημα γίνεται επίσης χρήση δύο υδρομέτρων για τον έλεγχο της ποσότητας του νερού που χορηγείται.

Με σκοπό την αυτόματη έναρξη και λήξη της εφαρμογής του αρδευτικού νερού στο πειραματικό τεμάχιο, χρησιμοποιήθηκαν δύο ηλεκτροβάνες τύπου Aquanet II με τάση λειτουργίας 9- 40V (κατ' αντιστοιχία με τους υδρομετρητές), οι οποίες ήταν συνδεδεμένες με τον προγραμματιστή. Ο Miracle DC κατασκευάζεται από την εταιρία Motorola και αυτοματοποιεί την όλη διαδικασία. Έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με 12 ηλεκτροβάνες ταυτόχρονα για την κάλυψη πολλαπλών αναγκών και αποτελείται από ψηφιακή οθόνη, πλήκτρα εντολών που καθορίζουν την ημέρα, την ώρα έναρξης και τη διάρκεια της άρδευσης και λοιπά εξαρτήματα (μπαταρία λιθίου 9V, συνδέσεις, καλώδια κ.τ.λ.).

Κάποιες από τις προδιαγραφές του είναι ο εβδομαδιαίος προγραμματισμός των αρδεύσεων, η αύξηση του χρόνου άρδευσης χωρίς να απαιτείται επαναπρογραμματισμός, η διακοπή του προγράμματος για προεπιλεγμένο χρόνο μέχρι και 99 ημέρες και η αυτόματη επιστροφή στο αρχικό πρόγραμμα μετά την πάροδο της χρονικής αυτής διάρκειας, καθώς επίσης και πρόγραμμα ασφαλείας 10 λεπτών για κάθε μέρα. Με το Miracle DC η διάρκεια άρδευσης για κάθε ηλεκτροβάνη ποικίλει από 1 λεπτό έως 9 ώρες και 59 λεπτά.

Πρέπει ακόμη να αναφερθεί ότι οι μεταχειρίσεις στην καλλιέργεια του ηλιάνθου με τα συστήματα υπόγειας άρδευσης ξεκίνησαν στις 30 Ιουνίου και περατώθηκαν στις 25 Σεπτεμβρίου της ίδιας χρονιάς. Ο υπολογισμός των δόσεων εφαρμογής έγινε αρχικά λαμβάνοντας υπόψη τις υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους και ακολούθως την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, όπως αυτή προέκυψε από μετρήσεις που πάρθηκαν με τη βοήθεια ενός εξατμισομέτρου τύπου A.

5.5 Όργανα και μέθοδοι μετρήσεως που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος

5.5.1 Εξατμισόμετρο τύπου A

Η χρήση του συνίσταται για τον προσδιορισμό της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής (ΕΤ₀), η γνώση της οποίας είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό των αναγκών μιας καλλιέργειας σε νερό. Πρέπει να τονιστεί ότι η μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής με τον τρόπο αυτό, αποτελεί μια αρκετά αξιόπιστη και αποτελεσματική μέθοδο.

Ένα εξατμισόμετρο τύπου A αποτελείται από ένα μεταλλικό πλέγμα και μία μεταλλική κυλινδρική λεκάνη, η οποία είναι κατασκευασμένη από γαλβανισμένο χάλυβα. Οι διαστάσεις της είναι 121 cm η διάμετρος και 25,4 cm το βάθος. Η λεκάνη αυτή τοποθετείται πάνω σε ξύλινη βάση, ώστε ο πυθμένας της να απέχει 15cm από την επιφάνεια του εδάφους. Για τη σωστή εγκατάσταση ενός εξατμισομέτρου τύπου A απαιτείται η βάση στην οποία εναποτίθεται η λεκάνη να είναι πλήρως οριζοντιοποιημένη και στη συνέχεια το έδαφος κάτω από το σύστημα να υπερυψωθεί, ώστε η απόσταση μεταξύ πυθμένα και εδάφους να είναι 5cm.

Μετά την εγκατάσταση η λεκάνη συμπληρώνεται με νερό έως το ύψος των 5 cm κάτω από το χείλος της. Απαραίτητη προϋπόθεση για την άρτια λειτουργία του οργάνου είναι, η στάθμη του νερού μέσα στη λεκάνη να μην πέσει ποτέ κάτω από το επίπεδο των 7,5cm από το χείλος της λεκάνης. Επίσης είναι αναγκαίο το νερό του εξατμισιμέτρου να ανανεώνεται συχνά για να μην θολώσει και μια φορά το χρόνο η λεκάνη να συντηρείται επικαλύπτοντας τη με χρώμα αλουμινίου, για την αποφυγή της ανάπτυξης μυκήτων και αλγών.

Η λειτουργία ενός εξατμισιμέτρου τύπου Α συνίσταται στη μέτρηση της ημερήσιας πτώσης της στάθμης του νερού στη λεκάνη, η οποία εκφράζεται με την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς του (ET_{pan}) και τον υπολογισμό του βάθους του νερού. Οι τιμές που λαμβάνονται πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή εξατμισιμέτρου (K_p) και ανάγονται στην εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET_o) σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$ET_o = K_p \cdot ET_{pan}$$

όπου:

ET_o: σε mm/ημέρα.

ET_{pan}: σε mm/ημέρα.

Η τιμή του συντελεστή διόρθωσης του εξατμισιμέτρου υπολογίζεται ως συνάρτηση της ταχύτητας του ανέμου, της μέσης σχετικής υγρασίας, του είδους, όπως επίσης και της έκτασης της επιφάνειας που περιβάλλει το εξατμισόμετρο. Βάση δεδομένων προηγούμενων ετών για το εξατμισόμετρο που είναι εγκατεστημένο στο αγρόκτημα, βρέθηκε ότι είναι 0,8 (Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη, 1996), ενώ η εύρεση της πτώσης της στάθμης του νερού στη λεκάνη έγινε με τη βοήθεια ενός σταθμημέτρου με ακίδα.

5.5.2 Μέτρηση εδαφικής υγρασίας

Βασικό κριτήριο για τη λήψη αποφάσεων όσον αφορά το χρόνο και τη δόση εφαρμογής του αρδευτικού νερού σε μια καλλιέργεια αποτελεί ο προσδιορισμός της εδαφικής υγρασίας. Λόγω του ότι οι τιμές αυξομειώνονται με την πάροδο του χρόνου ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών και βιολογικών επιδράσεων, ο προσδιορισμός της υγρασίας του εδάφους καθίσταται αντιπροσωπευτικός μόνο κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας.

Οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας διαχωρίζονται σε άμεσες και έμμεσες. Για την άμεση μέτρηση χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι όπως είναι η σταθμική, του φωτιστικού οιοπνεύματος και άλλες, καθώς επίσης και κατάλληλα όργανα όπως είναι τα λυσιμέτρα. Ο προσδιορισμός της μπορεί να γίνει και έμμεσα, λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτής και κάποιας άλλης ιδιότητας του εδάφους όπως γίνεται στις μεθόδους μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης, σκεδασμού νετρονίων, τασιμέτρων και T.D.R. (Time Domain Reflectory).

Για την πραγματοποίηση της μέτρησης της εδαφικής υγρασίας στο συγκεκριμένο πείραμα, επιλέχθηκε η μέθοδος T.D.R. Χαρακτηριστικά της μεθόδου αυτής είναι η ταχύτητα και ακρίβεια των μετρήσεων που δίνει κατά τον προσδιορισμό της ογκομετρικής περιεκτικότητας του εδάφους σε νερό, ενώ η απόδοσή της δεν εξαρτάται από τον τύπο του προς μέτρηση εδάφους και η χρήση της δεν εγκυμονεί κινδύνους λόγω ραδιενεργών εκπομπών. Παράλληλα έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί και σε όργανα με χρήση Η/Υ για αυτόματη ανάλυση.

Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην απευθείας μέτρηση της φαινόμενης διηλεκτρικής σταθεράς του εδάφους και την αναγωγή αυτής σε κατ' όγκο περιεκτικότητα νερού (Σακελλαρίου, 2003). Με άλλα λόγια βασίζεται στην χρονομετρημένη απόκριση του ηλεκτρομαγνητικού σήματος της πηγής του οργάνου για βάθη από 0 έως 120cm και την αναγωγή του χρόνου καθυστέρησης σε μονάδες εδαφικής υγρασίας, χρησιμοποιώντας πολυωνυμικές εξισώσεις. Αυτό απορρέει από το γεγονός ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό επηρεάζει την διηλεκτρική του σταθερά (Topp et al., 1980).

Το σύστημα για τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R. αποτελείται από τη συσκευή η οποία φέρει ενσωματωμένο επεξεργαστή, έναν αισθητήρα, τα καλώδια σύνδεσης του αισθητήρα με τη συσκευή και τον Η/Υ, την ομάδα εργαλείων για την εισαγωγή και εξαγωγή του αισθητήρα και το φορτιστή μπαταριών του οργάνου.

Από τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας που πραγματοποιήθηκε στα πειραματικά αγροτεμάχια, διαπιστώθηκε η καλή ύγρανση του ριζοστρώματος και στις τρεις μεταχειρίσεις ανάλογα με τη δόση της άρδευσης. Ακόμη λόγω του ότι η εκροή του νερού λάβαινε χώρα σε βάθος 15cm, η αύξηση της εδαφικής υγρασίας παρατηρήθηκε στα 0-45cm. Αυτό είναι ευνοϊκός όρος για τα φυτά, τα οποία αναπτύσσουν το 70% του ριζικού τους συστήματος σε βάθος έως και 50cm από την επιφάνεια του εδάφους.

5.6 Μετρήσεις όσον αφορά την καλλιέργεια του ηλίανθου

5.6.1 Ύψος φυτών

Για την παρατήρηση του ρυθμού αύξησης του ηλίανθου, έγινε μέτρηση του ύψους των φυτών και των τριών μεταχειρίσεων. Σε καθένα από τα 8 πειραματικά τεμάχια επιλέχθηκαν τυχαία 5 φυτά για δειγματοληψία, τα οποία επισημάνθηκαν και μετρήθηκε το ύψος τους σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να παρακολουθείται η πορεία τους.

Η επισήμανσή τους εξυπηρετεί, έτσι ώστε οι μετρήσεις να γίνονται κάθε φορά στα ίδια φυτά και να μην υπάρχει σύγχυση στις συγκρίσεις των αποτελεσμάτων. Στις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, το μέσο ύψος κάθε μεταχείρισης είναι αποτέλεσμα ενός συνολικού αριθμού 20 φυτών από τα επιμέρους πειραματικά τεμάχια. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 8 μετρήσεις με την έναρξη να γίνεται στις 05/06/2008, ενώ η τελευταία μέτρηση έλαβε χώρα στις 29/09/2008. Το διάστημα που μεσολαβούσε μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων, είχε μέση διάρκεια περίπου 15 ημέρες.

5.6.2 Διάμετρος δίσκων

Η μέτρηση της διαμέτρου πραγματοποιήθηκε τις ίδιες ημερομηνίες με τη μέτρηση του ύψους των φυτών, ενώ για τη δειγματοληψία πάρθηκαν τα ίδια φυτά που είχαν ήδη επισημανθεί. Όπως και παραπάνω η μέτρηση στην κεφαλή κάθε φυτού έγινε με τη βοήθεια μέτρου, με τη διαφορά ότι η διαδικασία αυτή άρχισε μετά το άνοιγμα των ανθέων. Η παράμετρος που λήφθηκε υπόψη ήταν η διάμετρος των δίσκων και η μέση τιμή της για κάθε μεταχείριση προέρχεται από το σύνολο 20 φυτών από τη κάθε μεταχείριση μετρήσεων.

5.7 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων

Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS, με τη βοήθεια του οποίου έγινε στατιστική ανάλυση των μετρήσεων. Επειδή έπρεπε να γίνει σύγκριση μεταξύ δύο μέσων όρων (ύψους φυτών και διαμέτρου δίσκου φυτών) ενός παράγοντα (ποσότητα δόσης άρδευσης). Από τις λειτουργίες του στατιστικού πακέτου χρησιμοποιήθηκε μόνο αυτή του κριτηρίου - t, συγκεκριμένα του independent t-test.

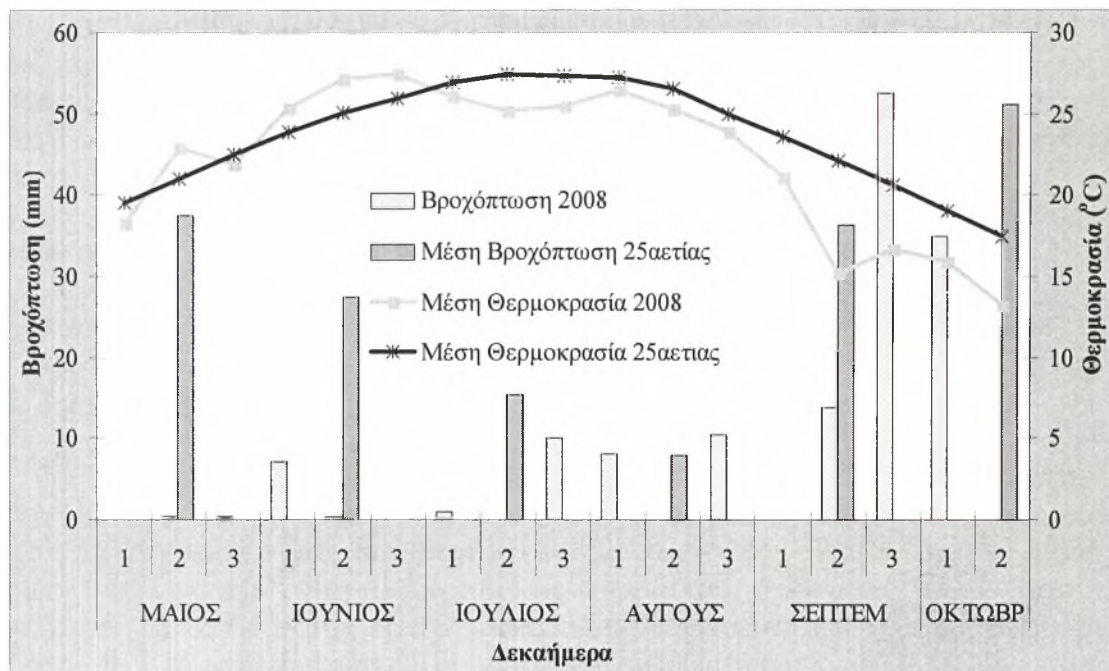
Η παρουσίαση των επεξεργασμένων δεδομένων είναι τόσο ανά ημερομηνία μέτρησης, όσο και στο σύνολο των μετρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Κλιματολογικά δεδομένα

Στο Σχήμα 6.1 φαίνονται η μέση θερμοκρασία και η ωφέλιμη βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2008 καθώς και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων της τελευταίας 25αετίας.



Διάγραμμα 6.1. Μέσοι όροι θερμοκρασίας και βροχόπτωσης Μαΐου-Οκτωβρίου 2008 και των τελευταίων 25 ετών (ανά 10ήμερο).

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 6.1 οι βροχοπτώσεις από το 3ο δεκαήμερο του Μαΐου έως το 2ο δεκαήμερο του Ιουνίου αξιοποιήθηκαν από την καλλιέργεια στο στάδιο του φυτρώματος. Από τη σπορά (20/5/2008) έως και την έναρξη της άρδευσης (5/6/2008) το ύψος της βροχόπτωσης ήταν συνολικά 10,00 mm. Συγκεκριμένα στις 9/6/2008 σημειώθηκε η βροχόπτωση με τη μεγαλύτερη ένταση (9,00mm)

Από την έναρξη (5/6/2008) μέχρι και τη λήξη των αρδεύσεων (17/9/2008) το ύψος της βροχόπτωσης ήταν συνολικά 37,80 mm.

Κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου (Ιούνιος -Σεπτέμβριος), συνέβησαν πέντε βροχοπτώσεις αλλά σε κανένα το ύψος βροχής δεν ήταν μεγάλο. Μάλιστα, τα περισσότερα από αυτά το ύψος βροχής ήταν κάτω από 15 mm. Μεγαλύτερης έντασης βροχόπτωσηση ήταν εκείνη που σημειώθηκε στις 27/07/2008 (12,50 mm).

Οι βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν κατά το θέρος δεν είχαν το ανάλογο ύψος για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό. Έτσι, επιβεβαιώνεται η ανάγκη των φυτών για άρδευση με σκοπό τη σωστή ανάπτυξη.

Τέλος, οι μειωμένες βροχοπτώσεις συντέλεσαν στις γρήγορες και ακριβείς μετρήσεις του νερού που δέχθηκε η καλλιέργεια, αφού η μεγαλύτερη ποσότητα χορηγήθηκε μέσω της άρδευσης. Αυτό έχει σαν επακόλουθο, τη σωστή σύγκριση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, αφού μειώνεται η πιθανότητα του λάθους και η παραλλακτικότητα, εξαιτίας εξωτερικών παραγόντων.

6.2 Εδαφική υγρασία

Όπως έχει αναφερθεί με την εφαρμογή της κατάλληλης ποσότητας νερού στα φυτά η παραγωγή των καλλιεργειών τείνει να φτάσει τη μέγιστη τιμή και το κόστος της άρδευσης μειώνεται. Ο ηλιάνθος διαθέτει ριζικό σύστημα το οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί την υγρασία του εδάφους σε αρκετά μεγάλο βάθος. Έτσι αν το νερό διοχετευτεί στην περιοχή του ριζοστρώματος είναι εφικτό να μειωθούν οι αρδευτικές δόσεις που θα εφαρμοστούν στην καλλιέργεια.

Στο πείραμα η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας έγινε με τη χρήση ενός οργάνου T.D.R. πριν και μετά την άρδευση.

6.3 Αποτελέσματα ανάλυσης ποιοτικών χαρακτηριστικών του ηλιάνθου

6.3.1 Ύψος Φυτών

Οι μετρήσεις του ύψους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ήταν συνολικά 8 και πραγματοποιήθηκαν το διάστημα 5/06/2008 μέχρι και τις 29/09/2008. Στα διαγράμματα 6.2 και 6.3 φαίνεται ότι, το μέσο ύψος των φυτών στη μεταχείριση με δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 60% της εξατμισοδιαπνοής έφτασε τα 69,72 cm ενώ στη δεύτερη μεταχείριση στην οποία καλύπτεται το 100% της εξατμισοδιαπνοής έφτασε τα 116,18 cm.

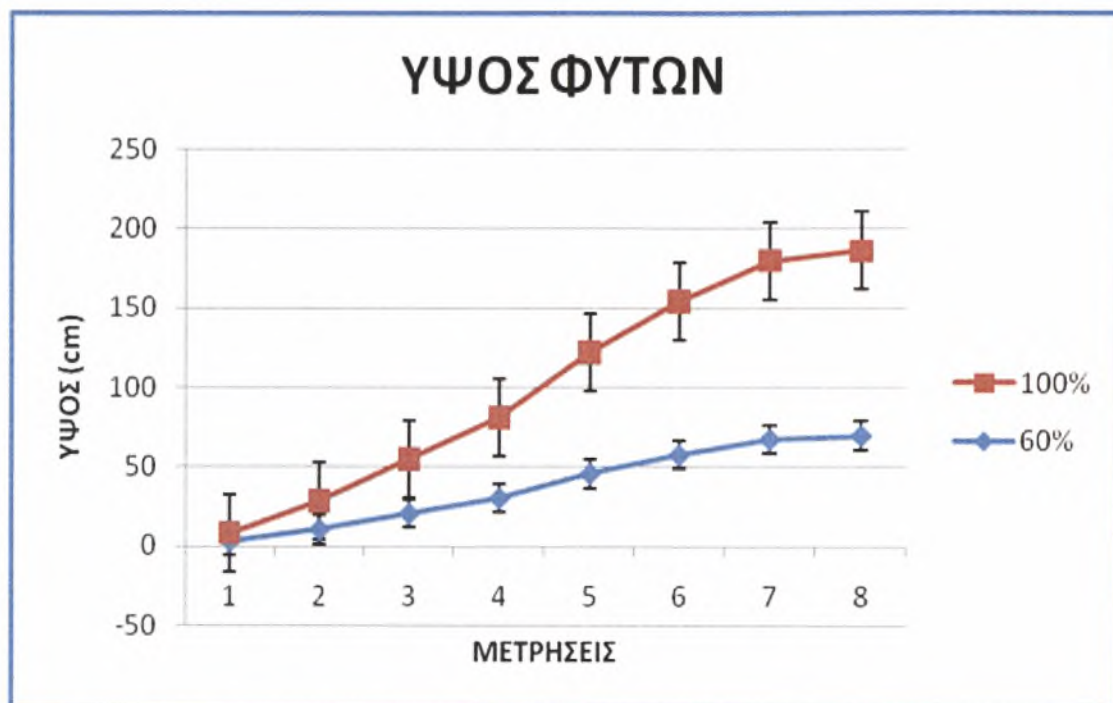
Από τις 11/7 που πραγματοποιήθηκε η τρίτη μέτρηση, έως τις 22/8 που πραγματοποιήθηκε η έκτη μέτρηση παρατηρείται μεγάλη μεταβολή του μέσου ύψους των φυτών περίπου 37 cm για την πρώτη μεταχείριση (60%) και περίπου 62 cm για την δεύτερη μεταχείριση (100%). Είναι φανερό ότι η δεύτερη μεταχείριση προσφέρει μεγαλύτερη ανάπτυξη στα φυτά.

Από τις 22/8 που πραγματοποιήθηκε η έκτη μέτρηση, έως τις 29/9 που πραγματοποιήθηκε η όγδοη μέτρηση παρατηρείται μείωση της μεταβολής του μέσου ύψους των φυτών περίπου 12 cm για την πρώτη μεταχείριση (60%) και περίπου 20 cm για την δεύτερη μεταχείριση (100%).

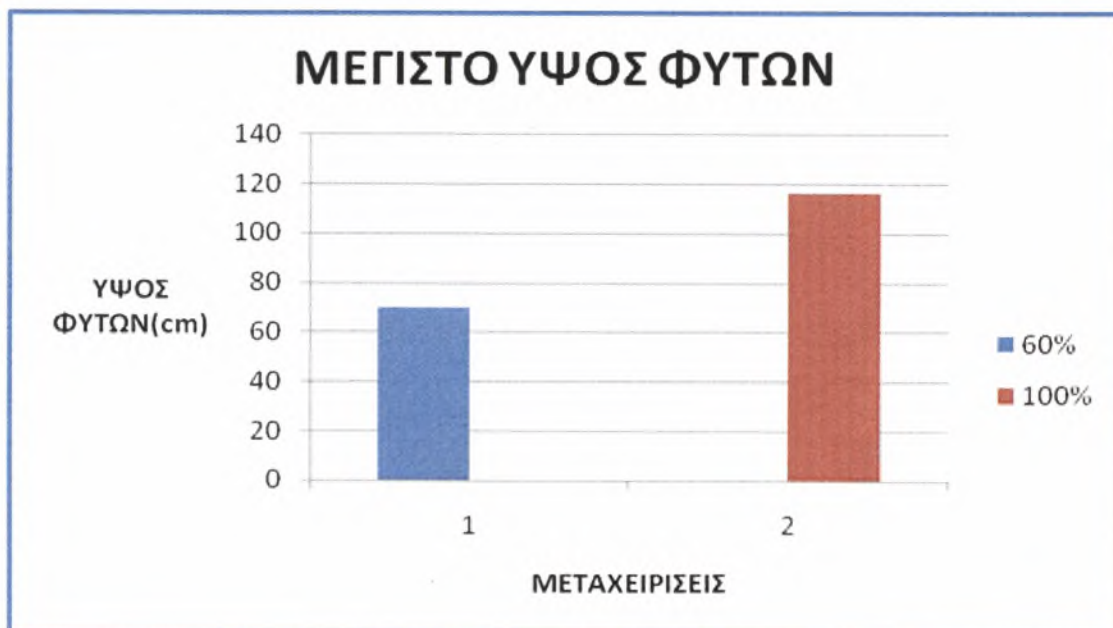
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

Πίνακας 6.1. Μέσος όρος και Σημαντικότητα του ύψους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης.

		Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι επαναληπτικών μετρήσεων	Σημαντικότητα
Υψος φυτών (cm)	1η μέτρηση			0,103
	5/6	60%	3,09	
		100%	5,16	
	2η μέτρηση			0,088
	25/6	60%	10,6	
		100%	17,69	
	3η μέτρηση			<0,001
	11/7	60%	20,6	
		100%	34,33	
	4η μέτρηση			0,117
	26/7	60%	30,34	
		100%	50,56	
	5η μέτρηση			0,128
	9/8	60%	45,72	
		100%	76,22	
	6η μέτρηση			0,202
	22/8	60%	57,6	
		100%	96,27	
	7η μέτρηση			0,078
	12/9	60%	67,42	
		100%	112,36	
	8η μέτρηση			0,127
	29/9	60%	69,72	
		100%	116,18	



Διάγραμμα 6.2. Διακύμανση του ύψους των φυτών του ηλιανθου.



Διάγραμμα 6.3. Γραφική απεικόνιση του μέγιστου ύψους των φυτών για τις δυο μεταχειρίσεις (60% & 100%).

6.3.2 Διάμετρος δίσκων

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 5 μετρήσεις, αρχής γενομένης στις 11/07/2008 έως και τις 12/09/2008. Σημειωτέον ότι και για αυτή την παράμετρο οι μετρήσεις έγιναν τις ίδιες ημερομηνίες με αυτές του ύψους των φυτών. Στα διαγράμματα 6.4 και 6.5 παρατηρείται ότι η μέση διάμετρος δίσκου των φυτών στη μεταχείριση με δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 60% της εξατμισοδιαπνοής έφτασε τα 7,78 cm ενώ στη δεύτερη μεταχείριση στην οποία καλύπτεται το 100% της εξατμισοδιαπνοής έφτασε τα 12,96 cm.

Από τις 11/7 που πραγματοποιήθηκε η πρώτη μέτρηση, έως τις 26/7 που πραγματοποιήθηκε η δεύτερη μέτρηση παρατηρείται μικρή μεταβολή της μέσης διαμέτρου των δίσκων των φυτών περίπου 0,6 cm εντός των μεταχειρίσεων.

Συγκριτικά οι δύο μεταχειρίσεις στο ίδιο χρονικό διάστημα έχουν διαφορά μέσης διαμέτρου δίσκου της τάξης των 3,4 cm.

Από τις 26/7 που πραγματοποιήθηκε η δεύτερη μέτρηση, έως τις 22/8 που πραγματοποιήθηκε η τέταρτη μέτρηση παρατηρείται μεγάλη αύξηση της μέσης διαμέτρου των δίσκων των φυτών περίπου 2,4 cm για την πρώτη μεταχείριση (60%) και περίπου 4 cm για την δεύτερη μεταχείριση (100%).

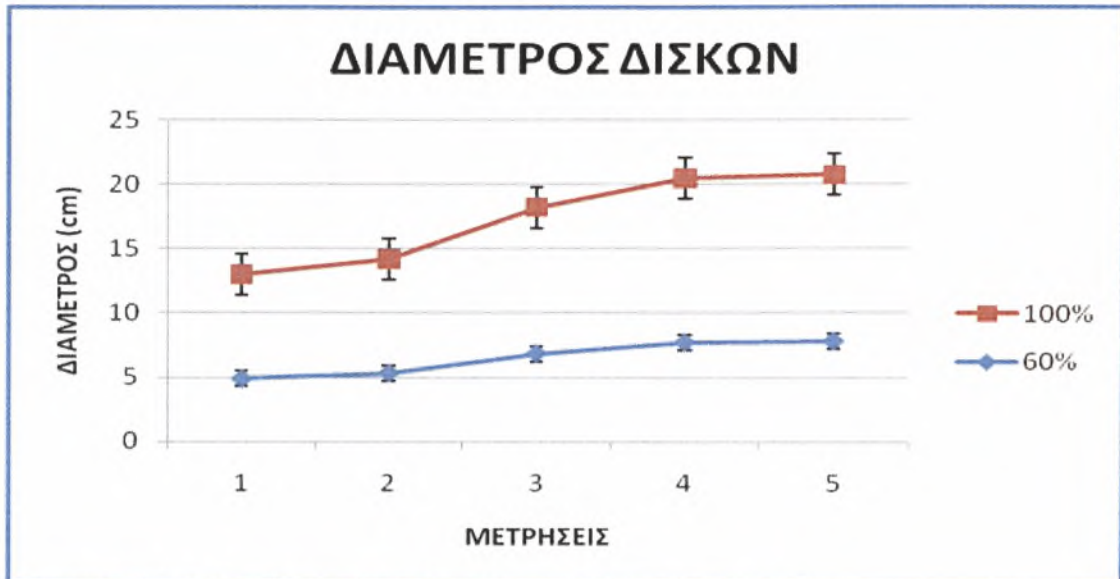
Από τις 22/8 που πραγματοποιήθηκε η τέταρτη μέτρηση, έως τις 12/9 που πραγματοποιήθηκε η πέμπτη μέτρηση παρατηρείται μείωση της αύξησης της μέσης διαμέτρου των δίσκων των φυτών περίπου 0,1 cm.

Συγκριτικά οι δύο μεταχειρίσεις στο ίδιο χρονικό διάστημα έχουν διαφορά μέσης διαμέτρου δίσκου της τάξης των 5,2 cm.

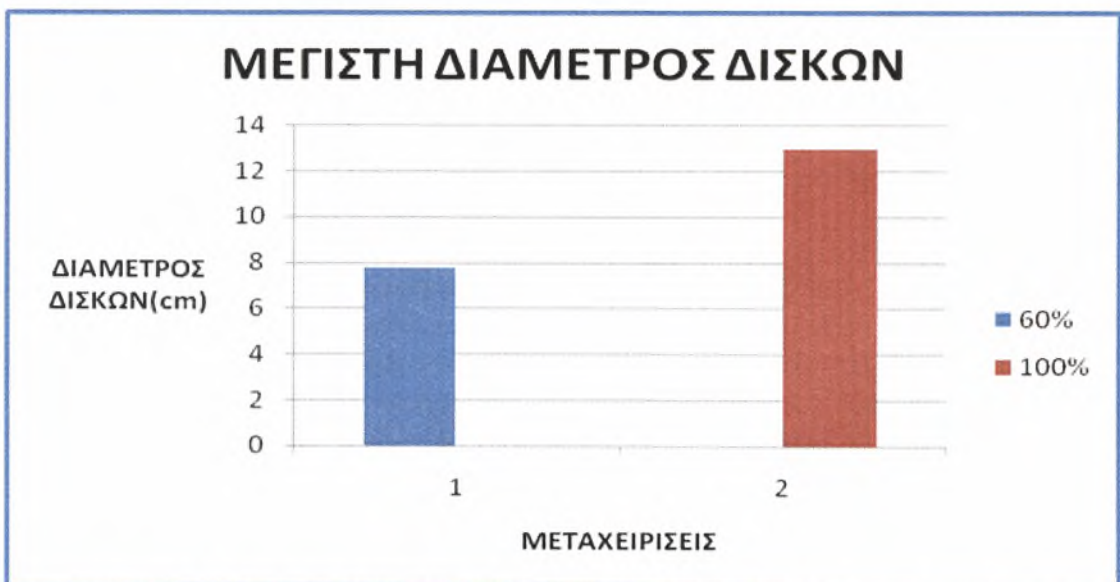
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

Πίνακας 6.2. Μέσος όρος και Σημαντικότητα του διαμέτρου δίσκων των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης.

		Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι επαναληπτικών μετρήσεων	Σημαντικότητα
Διάμετρος δίσκου (cm)	1η μέτρηση			0,027
	11/7	60%	4,86	
		100%	8,11	
	2η μέτρηση			0,028
	26/7	60%	5,31	
		100%	8,86	
	3η μέτρηση			0,037
	9/8	60%	6,83	
		100%	11,38	
	4η μέτρηση			0,125
	22/8	60%	7,68	
		100%	12,8	
	5η μέτρηση			0,055
	12/9	60%	7,78	
		100%	12,96	



Διάγραμμα 6.4. Διακύμανση της διαμέτρου του δίσκου των φυτών



Διάγραμμα 6.5. Γραφική απεικόνιση της μέγιστης διαμέτρου του δίσκου των φυτών για τις δυο μεταχειρίσεις (60% & 100%)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη και σύγκριση των αποτελεσμάτων, για τις δύο μεταχειρίσεις του ηλιανθου, οδηγούμαστε στη εξαγωγή των παρακάτω συμπερασμάτων:

1. Η μέθοδος της υπόγειας στάγδην άρδευσης είναι η πλέον επικρατέστερη μεταξύ των σύγχρονων και των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης για τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων, και μάλιστα με την πιο ορθολογική διαχείριση του αρδευτικού νερού. Αυτό οφείλεται στην άμεση διοχέτευση του αρδευτικού νερού απευθείας στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών με την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω εξάτμισης, καθώς επίσης και στη διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας (πλησίον της τιμής της υδατοϊκανότητας) μετά το πέρας της κάθε εφαρμογής και για ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα.
2. Ο σωστός προγραμματισμός των αρδεύσεων σε συνδυασμό με τις συνεχείς μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας καθώς και οι κλιματικές συνθήκες που επικράτησαν κατά τη διάρκεια του θέρους δεν διέκοψαν την αναπτυξιακή διαδικασία της καλλιέργειας, αντίθετα επιτεύχθηκαν μέγιστοι ρυθμοί ανάπτυξης.
3. Οι κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση) που επικράτησαν καθ' όλη τη διάρκεια του θέρους του 2008 βοήθησαν στη σύγκριση μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το χαμηλό ύψος βροχής κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού δεν επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την αναπτυξιακή διαδικασία της καλλιέργειας η οποία επομένως επηρεάστηκε στο μεγαλύτερο βαθμό από την άρδευση που δέχθηκε η καλλιέργεια κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.
4. Όσον αφορά τη διακύμανση των τιμών της σημαντικότητας που προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:
 - ❖ Για το ύψος των φυτών η σημαντικότητα κυμαίνεται από <math><0,001</math> έως $0,202$. Οι τιμές αυτές είναι μεγαλύτερες από $0,05$ επομένως οι μέσοι όροι των μετρήσεων παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές, με εξαίρεση την τρίτη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 11/7 όπου η τιμή της σημαντικότητας είναι <math><0,001</math>. Η διαφορά της τιμής της σημαντικότητας της τρίτης μέτρησης σε σχέση με τις

υπόλοιπες τιμές πιθανώς να οφείλονται στην επίδραση μη ελεγχόμενων παραγόντων.

- ❖ Για τη διάμετρο του δίσκου των φυτών η σημαντικότητα κυμαίνεται από 0,027 έως 0,125. Οι τιμές αυτές είναι μικρότερες από 0,05 εκτός της τέταρτης μέτρησης όπου η τιμή είναι ίση με 0,125. Επομένως οι μέσοι όροι των μετρήσεων δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερος στατιστικά σημαντικές διαφορές και έχουμε την δυνατότητα εξαγωγής αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

Angelakis, A., Sakellariou- Makrantonaki, M., Tzimopoulos, C., 2002. Comparison of a green & Ampt and Parlange infiltration equations. Experimental procedure. 5th International conference of EWRA on water resources management in the era of transition. 4- 8 September 2002. Athens.

Adamson, W., Long, F. and Bagby, M. 1979. Effect of nitrogen fertilization on yield, composition and quality of kenaf. *Agron. J.* 71. 11-14.

Blaney, H.F. and W.D.Griddle, 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. USDA (SCS) TP-96, 48p.

Danalatos, N.G., Archontoulis, S.V., Geronikolou, L., Papadakis, G., 2004. Potential growth and productivity of three Sunflower hybrids in a soil with aquic moisture regime in central Greek conditions. Proceedings of the 2nd World Biomass Conference, Roma, Italy, pp 315-318

Danalatos, N.G., Archontoulis, S.V., Giannoulis, K.D., Pashonis, K., Tsalikis, D., Pazaras, B., Papadoulis, N., Zaitoudis, D., 2008. Cynara, sunflower, sweet and fiber sorghum on-farm yields in north, central and south Greece in 2007. Proceeding of the International conference on Agricultural Engineering, Crete, Greece, σελ 1-13.

Doorenbos, J. and W.O.Pruitt, 1977. Crop water requirements. FAO,Irrig. and Drain, paper 24 (revised), 156 p.

Hanson B.R Schwankl L.J., Schulbach K.F., Pettygrove G.S., 1997. A comparison of furrow, surface drip and subsurface drip irrigation on lettuce yield and applied water. *Agricultural Water Management*, 33 (1997): 139-157.

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

Phene, C.J., Blume, M.F., Hile, M.M.S., Meek, D.W., and Re, J.V., 1983. Management of Subsurface Trickle Irrigation Systems. ASAE paper No. 83-2598.

Ruskin, R., 2000. Subsurface drip irrigation and yields. Geoflow, Inc.

Sakellariou- Makrantonaki, M., Tentas, I., Koliou, A., Kalfountzos, D., and Vyrlas, P., 2003. Irrigation of ornamental shrubs with treated municipal wastewater. Proceedings of 8th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST), September 8- 11, Lemnos, Greece, Vol. B, pp. 707- 714.

Salera, E., Baldini, M. 1998. Performance of high and low oleic hybrids of sunflower under different environment conditions. Note II. *Helia* 21 (28), 55-68.

Solomon, K., 1993. Subsurface drip irrigation: Product selection and performance. In: *Subsurface Drip Irrigation: Theory, Practices and Application*. Jorgensen, G.S. and K.N. Norum (Eds.). CATI.

Topp, G. C., Davis, J. L. and Annan, A. P., 1980. Electromagnetic determination of soil water content: Measurement in coaxial transmission lines. *Water Resources Research*. 16:574- 587.

Zoldoske, D. F., Genito, S. And Jorgensen, G. S., 1995. Subsurface drip irrigation (S.D.I.) on turfgrass: A University Experience. Irrigation notes, California State University, Fresno, California.

Watson, A., Davies, G. and Gartside, G. 1976, Pulping and papermaking properties of kenaf. *Appita* 30, 129-134.

Ε λ λ η ν ι κ ή Β ι β λ ι ο γ ρ α φ ί α

Αυγουλάς, Χ. 2008. Σημειώσεις για τα Ελαιούχα και Κλωστικά Φυτά. ΓΠΑ

Βαρδαβάκης Ε., 1994. Συστηματική Βοτανική. Έκδοση Τέταρτη. Τόμος Ι, Εκδόσεις Δ.Κ. Σαλονικίδη, Θεσσαλονίκη.

Δαναλάτος Ν., 2008, Ειδική Γεωργία ΙΙ, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Βόλος.

Καραμάνος, Α.Ι. 1993. Γενική Γεωργία. Μέρος Ι. Το εναέριο Περιβάλλον.

Κυρίτσης, Σ. (2001), ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ. Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα: 2-11.

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

Μπαλατσούρας Γ., 1995. Ελαιόλαδο – Σπορέλαια. Τόμος Α Έκδόσεις ΓΠΑ.

Ξανθόπουλος, Φ.Π. 1993. Ο Ηλιανθος. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας.

Πανώρας Α. Γ., Τόπης Χ. Γ., 1994. Είδος φθορών και κόστος συντήρησης δικτύων άρδευσης με σταγόνες. Γεωπονικά, 35: 35-40.

Παπαζαφειρίου Ζ. Γ.,1984. Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, σελ 484.

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., 1993. Άρδευση με σταγόνα. Άρδευση με αυλάκια. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Βόλος.

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Πανώρας Α., Μαυρούδης Ι., Μανούδης Ν. και Πογιαρίδης Θ., 1996. Καμπύλες ίσων τιμών εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στο Ν. Λάρισας. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «Εγγειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση υδατικών πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας» σελ.155-173.

Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη Μ, Τζιμόπουλος Χ. και Καλφούντζος Δ., 1997. Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R. και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), Πάτρα, σελ. 184- 192.

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Καλφούντζος Δ., Παπανίκος Ν. 2000. Αξιολόγηση της επιφανειακής και υπόγειας στάθμην άρδευσης σε καλλιέργεια ζαχαροτεύλων. Πρακτικά 2ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, σελ. 157-164. Βόλος, 28-30 Σεπτεμβρίου 2000.

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., 2003. Σημειώσεις αρδεύσεων. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Τερζίδης Γ.Α. και Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., 1997. Γεωργική υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Τσακίρης Γ. , 2004. Διαχείριση υδατικών πόρων, Σημειώσεις Ανάγκες σε αρδευτικό νερό. Ε.Μ.Π 2004.

Φασούλας Α.Κ. και Φωτιάδης Ν.Α., 1984. Αρχές της επιστήμης των καλλιεργούμενων φυτών, σελ. 209-213. Θεσσαλονίκη.

Σταπαχαράδακλος, Χαρσία

ΕΥΓΡΑΦΕΑΣ

"Αρδευση παλιανθου με δισκ-

ΤΙΤΛΟΣ

ιον με το 60% ε' το 80%..."

ΛΗΞΗ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τηλ.: 24210 ~~745000~~ 93141



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000106316