

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
Αριθμ. Πρωτοκ. 331  
Συν. 11-10-10

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

“ΕΛΛΕΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ”  
«ΕΤΟΣ 2008»



ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΥΡΜΑΛΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:  
ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ

ΒΟΛΟΣ 2010



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

Αριθ. Εισ.: 9078/1  
Ημερ. Εισ.: 15-11-2010  
Δωρεά: Συγγραφέας  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2010  
ΣΥΡ

# **ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**“ΕΛΛΕΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ”  
«ΕΤΟΣ 2008»**

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΥΡΜΑΛΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:  
ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ**

**ΒΟΛΟΣ 2010**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Μ.  
ΧΑΛΚΙΔΗΣ Η.  
ΑΛΕΞΙΟΥ Ι.**

**Καθηγήτρια Π.Θ  
Λέκτορας Π.Θ  
Ερευνητής ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Το θέμα 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.

Γεώργιος Σύρμαλης

## ΕΛΛΕΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΥΡΜΑΛΗΣ

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 ελλειματικής άρδευσης στο ύψος και στη διάμετρο δίσκων στο φυτό του ηλίανθου. 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 Βελεστίνου το έτος 2008, το οποίο περιελάμβανε ένα πλήρες τυχαιοποιημένο σχέδιο με 2 μεταχειρίσεις ( δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 60% της εξατμισοδιαπνοης και δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 80% 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 ηλίανθου. Γίνεται αναφορά στην ιστορική εξέλιξη και σημασία της καλλιέργειας, στις οικολογικές απαιτήσεις και τις τεχνικές της καλλιέργειας.

Στο **κεφάλαιο 3** εξετάζεται η υδατοκατανάλωση 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	3
------------------------------------	---

2.1 Ιστορία της καλλιέργειας	3
2.2 Σημασία για την Ελλάδα	3
2.3 Βοτανική περιγραφή	4
2.3.1 Γενικά	4
2.3.2 Ταξιανθία	4
2.3.3 Δίσκοι	5
2.3.4 Βλαστός	5
2.3.5 Ριζικό σύστημα	5
2.4 Αύξηση-Ανάπτυξη	5
2.5 Οικολογικές Απαιτήσεις	6
2.5.1 Θερμοκρασία	6
2.5.2 Φώς	6
2.5.3 Έδαφος	6
2.5.4 Υγρασία	7
2.6 Τεχνική της καλλιέργειας	7
2.6.1 Προετοιμασία πριν την σπορά	7
2.6.2 Σπορά	7
2.6.3 Εποχή σποράς	7
2.6.4 Αραίωμα	7
2.6.5 Αμειψισπορά	8
2.6.6 Άρδευση	8
2.6.7 Λίπανση	8
2.6.8 Ζιζανιοκτονία	9
2.6.9 Συγκομιδή – Αλωνισμός	9
2.6.10 Κυριότεροι Εχθροί και Αντιμετώπιση τους	9
2.6.11 Μυκητολογικές ασθένειες και αντιμετώπισή τους	10
2.6.11.1 Φόμωση του ηλίανθου ( <i>Phomopsis helianthi</i> )	10
2.6.11.2 Σκωρίωση του ηλίανθου ( <i>Puccinia helianthi</i> )	11
2.6.11.3 Γκρίζα μούχλα ( <i>Botrytis cinerea</i> )	11
2.7 Βελτίωση	11

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΥΔΑΤΟΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	13
------------------------------	----

3.1 Γενικά	13
3.2 Φυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή	14

3.2.1 Το είδος του φυτού	14
3.2.2 Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος	14
3.2.3 Το ποσοστό καλύψεως του εδάφους από το φύλλωμα	14
3.2.4 Το ύψος των φυτών	15
3.2.5 Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος	15
3.2.6 Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας	15
3.3 Μέθοδοι προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής	15
3.3.1 Άμεσοι μέθοδοι	15
3.3.2 Έμμεσοι μέθοδοι	17

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**..... 21

4.1 Γενικά	21
4.2 Επιλογή μεθόδου άρδευσης	21
4.3 Μέθοδοι Άρδευσης	21
4.3.1 Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης	21
4.3.1.1 Άρδευση σε λεκάνες με κατάκλιση	22
4.3.1.2 Άρδευση με περιορισμένη διαχυση ή των λωρίδων	24
4.3.1.3 Άρδευση με αυλάκια	24
4.3.2 Άρδευση με καταιονισμό	24
4.3.3 Άρδευση με σταγόνες (στάγδην άρδευση)	25
4.4 Υπόγεια στάγδην άρδευση	27
4.4.1 Ιστορική εξέλιξη	27
4.4.2 Περιγραφή ενός συστήματος υπόγειας άρδευσης	28
4.4.3 Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης	29
4.4.4 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης	31

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**..... 33

5.1 Γενικά	33
5.2 Χάραξη του πειραματικού αγροτεμαχίου	33
5.3 Εγκατάσταση της καλλιέργειας στο πειραματικό τεμάχιο	34
5.4 Άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου	35
5.5 Όργανα και μέθοδοι μετρήσεως που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος	36
5.5.1 Εξατμισόμετρο τύπου A	36
5.5.2 Μέτρηση εδαφικής υγρασίας	37
5.6 Μετρήσεις όσον αφορά την καλλιέργεια του ηλίανθου	38
5.6.1 Ύψος φυτών	38
5.6.2 Διάμετρος δίσκων	38
5.7 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων	38

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6**

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**..... 39

6.1 Κλιματολογικά δεδομένα	39
6.2 Εδαφική υγρασία	40



6.3 Αποτελέσματα ανάλυσης ποιοτικών χαρακτηριστικών του ηλίανθου .....	40
6.3.1 Ύψος φυτών .....	40
6.3.2 Διάμετρος δίσκων .....	43
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b>	
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	45

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή μελετάται η επίδραση της ελλειμματικής άρδευσης στο ύψος και στη διάμετρο δίσκων στο φυτό του ηλιάνθου. 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 αρδύσεως 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 80% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

### 2.1 Ιστορία της καλλιέργειας

Ο ηλιάνθος 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.

Τον 16ο αιώνα ομοιώματα από χρυσάφι εμφανίστηκαν στην Ισπανία. Τότε ήταν η εποχή που το φυτό μεταφέρθηκε στην Ευρώπη, περίπου το 1514. Ο ηλιάνθος 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 αυτές ποικιλίες.

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.

### 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.

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

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

## 2.3 Βοτανική περιγραφή

### 2.3.1 Γενικά

Ο καλλιεργούμενος ηλιάνθος ανήκει στην οικογένεια Asteraceae της τάξης Compositae στο είδος *Helianthus annuus* L. Έχει αριθμό χρωμοσωμάτων  $x = 17$ ,  $2x = 34$  και πολλαπλασιάζεται με σπέρματα (Βαρδαβάκης, 1994). Τα φύλλα είναι αντικριστά, ωειδή, με στρώματα που έχουν 3 κύρια νεύρα μήκους 10-30 εκ και πλάτους 5-20 εκ, ενώ τα χαμηλότερα 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. 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 αχάινια μαύρα, λευκά ή ριγωτά.

### 2.3.2 Ταξιανθία

Η ταξιανθία του ηλιάνθου περιέχει από 700 έως 4.000 άνθη, 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.

### 2.3.3 Δίσκοι

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 προσαρμολύονται καλά στην γονιμοποίηση που γίνεται με τη βοήθεια των εντόμων.

### 2.3.4 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).

### 2.3.5 Ριζικό σύστημα

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 μέχρι και 2m βάθος από την επιφάνεια του εδάφους. Επομένως είναι σε θέση να αντλούν το άζωτο και την υγρασία από τα χαμηλότερα στρώματα του εδάφους, έτσι ώστε να αναπτύσσονται και σε περιοχές που χαρακτηρίζονται πολύ ξηρές για άλλες καλλιέργειες και έχουν περιορισμένες βροχοπτώσεις.

## 2.4 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 φύτευση 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 φύτευμα, 30-40 ημέρες από το φύτευμα 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.

## 2.5 Οικολογικές Απαιτήσεις

### 2.5.1 Θερμοκρασία

Η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης του ηλίανθου 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 ηλίανθου έχουν και οι θερμοκρασίες της νύχτας, καθώς σε υψηλές νυκτερινές θερμοκρασίες (> 25° C) η αναπνοή αυξάνεται δραματικά με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Συννοίζοντας, υψηλές αποδόσεις ηλίανθου επιτυγχάνονται κάτω από θερμοκρασίες ημέρας 25–30°C και νύχτας 15–20°C.

### 2.5.2 Φως

Η καλλιέργεια αυτή είναι πολύ απαιτητική σε φως. Σε εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας >550 W/m<sup>2</sup> ο ηλίανθος δεσμεύει από την ατμόσφαιρα περί τα 5,5 kg διοξειδίου του άνθρακα ανά στρέμμα φύλλου ανά ώρα, ρυθμός πολύ υψηλός για ένα C<sub>3</sub> φυτό. Οι άριστες θερμοκρασίες για τη φωτοσύνθεση είναι περί τους 30 °C. Ο ηλίανθος δεν αντιδρά συνήθως στο φωτοπεριοδισμό (ουδέτερο φυτό), διότι ανθίζει σε μεγάλο μήκος ημέρας.

### 2.5.3 Έδαφος

Ο ηλίανθος 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 ανάπτυξή του κυμαίνεται από 6 έως 7,2. Σε φτωχά 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 ηλίανθου μπορεί να αξιοποιήσει μη αρδευόμενα και χαμηλής γονιμότητας εδάφη, δίνοντας ικανοποιητικές αποδόσεις, οι οποίες βελτιώνονται ακόμη περισσότερο όταν υπάρχει δυνατότητα άρδευσης.

## 2.5.4 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.

## 2.6 Τεχνική της καλλιέργειας

### 2.6.1 Προετοιμασία πριν την σπορά

Κατά κανόνα η προετοιμασία του αγρού αρχίζει το φθινόπωρο με ένα όργωμα (25–35 εκατοστά) για να παραχωθούν 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.

### 2.6.2 Σπορά

Σπέρνεται με πνευματικές σπαρτικές μηχανές αραβόσιτου. Το βάθος σποράς είναι 3-10cm αναλόγως της υγρασίας του εδάφους. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών είναι 60-80cm και σε μερικές περιπτώσεις σπέρνεται και σε διπλές γραμμές σποράς που απέχουν μεταξύ τους 25cm και από το επόμενο ζεύγος περί τα 80-120cm ενώ οι αποστάσεις επί των γραμμών κυμαίνονται από 20-22cm. Η ποσότητα του σπόρου κυμαίνεται από 0,5-1,5kg/στρ. Ο άριστος πληθυσμός φυτών κυμαίνεται από 3500-7000 φυτά/στρ. Σε πολύ πυκνούς πληθυσμούς παρατηρείται οψίμιση της παραγωγής και τα στελέχη γίνονται πιο ψηλά και πιο λεπτά.

### 2.6.3 Εποχή σποράς

Η εποχή σποράς είναι ιδιαίτερα σημαντική απόφαση, γιατί από αυτήν εξαρτάται το κανονικό φύτευμα του σπόρου. Η σπορά γίνεται νωρίς την άνοιξη και όταν η θερμοκρασία εδάφους σταθεροποιηθεί στους 80C. Με την πρώιμη σπορά αυξάνονται οι στρεμματικές αποδόσεις και η ελαιοπεριεκτικότητα του σπόρου. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στο φυτό να αξιοποιήσει τις βροχές Μαΐου-Ιουνίου μια που το κρίσιμο στάδιο για την παραγωγή του ηλίανθου είναι το τελείωμα της ανθοφορίας. Η κατάλληλη εποχή σποράς είναι το διάστημα μεταξύ 20 Μαρτίου και 20 Απριλίου.

### 2.6.4 Αραίωμα

Εξαιτίας του ότι μετά το φύτευμα οι γραμμές φύτευσης είναι πολύ πυκνές, συνίσταται αραίωμα 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 αραίωμα αποφεύγεται συνήθως η χρήση χημικών σκευασμάτων και γίνεται με το χέρι ως επιπλέον καλλιεργητική φροντίδα.



## 2.6.5 Αμειψισπορά

Ο ηλίανθος έχει τη δυνατότητα να ακολουθήσει ποικιλία καλλιεργειών στο σύστημα αμειψισποράς. Στον ελλαδικό χώρο η ιδιότητα της καλλιέργειας του ηλίανθου 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.

## 2.6.6 Άρδευση

Αναφέρεται ότι ηλίανθος 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 στοματίων και στη μικρότερη αντίσταση που προβάλλουν στην κίνηση του νερού, έτσι ώστε κάτω από ίδιες λοιπές συνθήκες, η διαπνοή του ηλίανθου είναι αυξημένη από την διαπνοή άλλων ανοιξιόφυτων 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 ηλίανθου 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.

Για την άρδευση του ηλίανθου 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 ηλίανθος 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 σποράς και την ποικιλία.

## 2.6.7 Λίπανση

Τα θρεπτικά στοιχεία που δίνονται με την λίπανση, είναι κυρίως το άζωτο που βοηθάει στην ανάπτυξη του ηλίανθου και ο φώσφορος που επηρεάζει την παραγωγή και την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Λίπανση με κάλιο απαιτείται σε εδάφη όπου λείπει και κυρίως σε ελαφριά χωράφια.

Επιστημονικά δεδομένα που βασίζονται σε εκτενή πειραματισμό σε χώρες όπου ο Ηλίανθος καλλιεργείται σε πολύ μεγάλη έκταση αναφέρουν ότι:

Μια 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 λίπανση με 8 μονάδες Αζώτου και Φωσφόρου και Καλίου προσφέρει

επαρκή θρέψη στα φυτά. Το Κάλιο είναι απαραίτητο να εφαρμοσθεί σε περιπτώσεις εδαφών με έλλειψη στο στοιχείο αυτό.

### 2.6.8 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 .

### 2.6.9 Συγκομιδή - Αλωνισμός

Χρησιμοποιούνται οι συμβατικές αλωνιστικές μηχανές σταριού - καλαμποκιού με την προσθήκη μαχαιριού κατάλληλου για τον αλωνισμό του ηλίανθου. 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 ξεραθεί υπερβολικά ο σπόρος αλλά να ξεκινήσουμε το αλώνι σε 12% υγρασία για να μειώσουμε το ρίσκο των απωλειών με το τίναγμα.

### 2.6.10 Κυριότεροι Εχθροί και Αντιμετώπιση τους

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

- Σκώρος του ηλίανθου (*Homoeosoma Electellum*)

Το πιο καταστρεπτικό έντομο είναι ο Σκώρος του ηλίανθου (*Homoeosoma Electellum*), ο οποίος βρίσκεται σε όλες τις περιοχές όπου αναπτύσσεται είτε ο καλλιεργούμενος, είτε ο άγριος ηλίανθος. 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 ηλίανθου 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 ηλίανθου 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 (*Tripula 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 ηλίανθος 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.

## 2.6.11 Μυκητολογικές ασθένειες και αντιμετώπισή τους

Η καλλιέργεια του ηλίανθου 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.

### 2.6.11.1. Φόμωση του ηλίανθου ή καρκίνος του μίσχου (*Phomopsis helianthi*)

Προσβάλλει μόνο τον ηλίανθο 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 ξεραίνονται ταχύτατα, αλλά παραμένουν πάντοτε 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 γκρίζο 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 ηλίανθου 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.

### 2.6.11.2 Σκωρίωση του ηλίανθου (*Puccinia helianthi*)

Έχει εμφανιστεί τόσο σε καλλιεργημένο όσο και σε άγριο ηλίανθο, 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, μισχίδια 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.

### 2.6.11.3 Γκρίζα μούχλα (*Botrytis cinerea*)

Στον ηλίανθο ο μύκητας αυτός προκαλεί γκρίζα 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 γκρίζους 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.

## 2.7 Βελτίωση

Λόγω της μεγάλης σημασίας που έχουν τα παραγόμενα από τον ηλίανθο 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 ηλίανθου, 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 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 φύλλωμα 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 ανοιχτή 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 φύτερωμα 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.

## 3.3 Μέθοδοι προσδιορισμού της εξατμισοδιαπνοής

### 3.3.1 Άμεσοι μέθοδοι

- *Μέτρηση της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα*

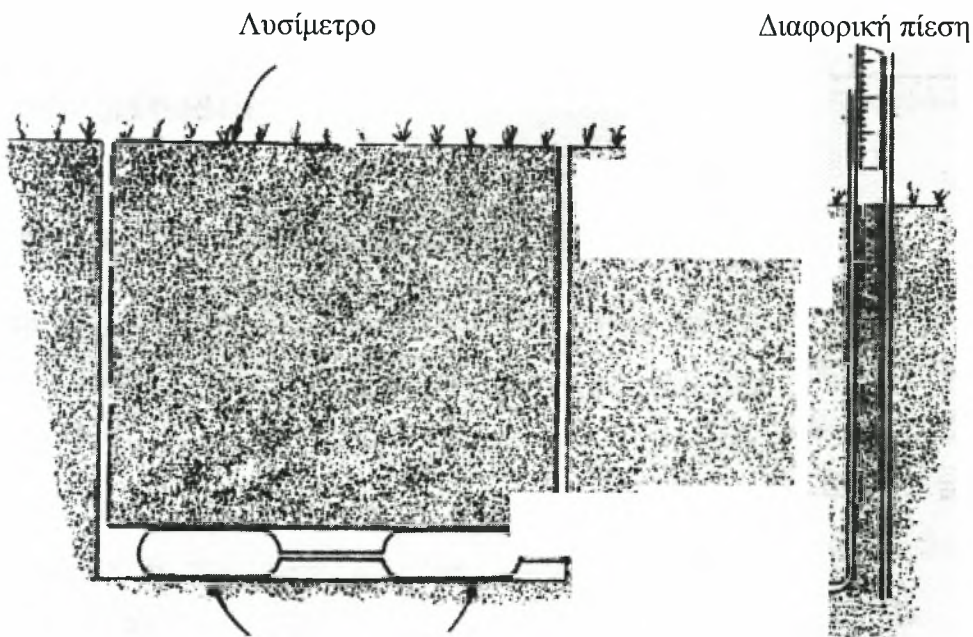
Η παρακολούθηση της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τους τρόπους και μεθόδους προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας δηλ. με απ' ευθείας προσδιορισμό της εδαφικής υγρασίας των εδαφικών δειγμάτων στο εργαστήριο ή τα τασίμετρα, πορώδη σώματα ή τη συσκευή Νετρονίων.



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 εγκατάστασεως 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 m<sup>2</sup>. 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. Ένα τυπικό Λυσίμετρο φαίνεται στο Σχήμα 3.3.1.



Ασκοί Ελαστικού

Σχήμα 3.1 / Ένα τυπικό Λυσίμετρο (Λυσίμετρο υδραυλικού τύπου)

Βασικά μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι α) οι συνθήκες στα λυσίμετρα δεν μπορούν να αναπαραστήσουν ακριβώς τις φυσικές συνθήκες β) προκειμένου για μεγάλη περιοχή τα αποτελέσματα του λυσιμέτρου έχουν μόνο σχετική ισχύ.

### - 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 πίεσεως των υδρατμών. Η μέθοδος αυτή θεωρεί ότι με την κίνηση του αέρα η ύπαρξη αρνητικής κλίσεως συγκεντρώσεως των υδρατμών (ή της μερικής πίεσεως 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 μετρώνται 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 πίεσεως των κορεσμένων υδρατμών για τη μέση θερμοκρασία αέρος στην περίοδο που εξετάζουμε και γ είναι η ψυχομετρική 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:

- 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.

- ένας μηχανισμός διατηρήσεως της αρνητικής κλίσεως συγκεντρώσεως των υδρατμών που στην προκείμενη περίπτωση προέρχεται από την κίνηση του αέρα.

Αρχικά η μέθοδος εφαρμόσθηκε 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:

$$PET = WORn + (1 - W) Of(u) O(ea - ed)$$

όπου:

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

W..... είναι ο ίδιος όρος όπως προηγούμενα

Rn..... είναι η καθαρή ακτινοβολία εκφρασμένη σε ισοδύναμη εξάτμιση (mm/ημέρα)

ea-ed..... 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, u<sub>2</sub> (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 εξισώσεως 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 εξατμίσεως 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:

$$PET = K_p \cdot E_p$$

όπου:

$E$ ..... είναι η εξατμίση από τη λεκάνη (mm / ημέρα),

$K_p$ ..... 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 κει κι αφού πρώτα μια ποσότητα αυτού διηθηθεί, το υπόλοιπο ρέει προς τα χαμηλότερα σημεία, με μειωμένη παροχή εξαιτίας της συνεχούς διήθησης.

Μ' 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 ομοιόμορφη 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 κει 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 αποχετεύται 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 ισοϋψείς 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 ισοϋψείς του εδάφους.* Οι λεκάνες αυτές σχηματίζονται με αναχώματα τα οποία ακολουθούν τις ισοϋψείς 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 αρδύσεως 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 κατάκλιση σε ίλυ πολλές φορές μπορεί να αποτελεί και μειονέκτημα, γιατί φράζοντας τους πόρους του εδάφους έχει δυσμενή επίδραση στο πορώδες και τη διηθητικότητά 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 αυλακιών 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 αυλακιών
- ✓ 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 βαθείας 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 κατ'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 χρηγηθούν 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 σταλακτήρων από τα αιωρούμενα στερεά υλικά, τις πρασινάδες ή τα διαλυμένα σε 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 εγκαταστάσεως 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 σταλακτιών, 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 εξατμισοδιαπνοής. 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 χλοοτάπητα.

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 εύκαμπτο 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 περισσότεροι 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 σταλακτήρες, 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 σταλακτήρες 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 σταλακτάρων 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 Βελεστίνου, έγινε προσπάθεια της μελέτης της επίδρασης της ελλειματικής άρδευσης, όσον αφορά την ανάπτυξη του ετήσιου Ηλίανθου (*Helianthus Annuus*).

Η περιοχή του Βελεστίνου 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 αμμοαργιλλοπηλώδης έως και αργιλλώδης, ενώ η κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη ως λεπτόκοκκη. Το ΡΗ 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 τυχαίο σχεδίο 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 88m<sup>2</sup> (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 ηλίανθου. Στην πρώτη δόση άρδευσης καλύπτεται το 60% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ενώ στη δεύτερη δόση καλύπτεται το 80% 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%:** Ηλίανθος αρδευόμενος με Υ.Σ.Α. με δόση αρδευσης που καλύπτει το 100% της εξατμισοδιαπνοης της καλλιέργειας.

**80%:** Ηλίανθος αρδευόμενος με Υ.Σ.Α. με δόση αρδευσης που καλύπτει το 80% της εξατμισοδιαπνοης της καλλιέργειας.

**60%:** Ηλίανθος αρδευόμενος με Υ.Σ.Α. με δόση αρδευσης που καλύπτει το 60% της εξατμισοδιαπνοης 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 φύτευμα 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 σταλακτήρων 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 υπόγεια άρδευσης με σταγόνες ως ριζοαπωθητικό, εμποδίζοντας έτσι την έμφραξη των σταλακτήρων 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 ηλεκτροβάνια 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 εξατμισιμέτρου 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 (ET<sub>o</sub>), 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 εξατμισιμέτρου 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 A συνίσταται στη μέτρηση της ημερήσιας πτώσης της στάθμης του νερού στη λεκάνη, η οποία εκφράζεται με την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς του (ET<sub>pan</sub>) και τον υπολογισμό του βάθους του νερού. Οι τιμές που λαμβάνονται πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή εξατμισιμέτρου (K<sub>p</sub>) και ανάγονται στην εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET<sub>o</sub>) σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

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

όπου:

ET<sub>o</sub>.....σε mm/ημέρα.

ET<sub>pan</sub>.....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 οινοπνεύματος και άλλες, καθώς επίσης και κατάλληλα όργανα όπως είναι τα λυσίμετρα. 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 H/Y 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 H/Y, 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 μεσων 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.

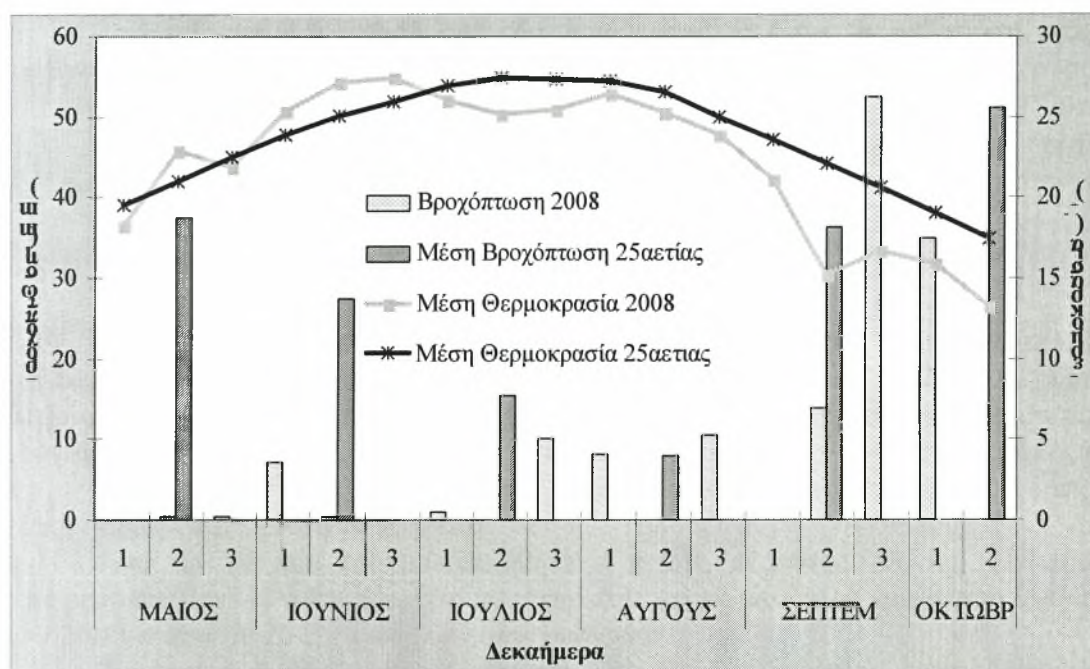
Η παρουσίαση των επεξεργασμένων δεδομένων είναι τόσο ανά ημερομηνία μέτρησης, όσο και στο σύνολο των μετρήσεων.

# 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 βροχόπτωση 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 ηλίανθος 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 ηλίανθου

### 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 69,6 cm ενώ στη δεύτερη μεταχείριση στην οποία καλύπτεται το 80% της εξατμισοδιαπνοής έφτασε τα 92,9 cm.

Απο τις 5/6 που πραγματοποιήθηκε η πρώτη μέτρηση, έως τις 11/7 που πραγματοποιήθηκε η τρίτη μέτρηση παρατηρείται μικρή μεταβολή του μέσου ύψους των φυτών περίπου 20 cm εντός των μεταχειρίσεων.

Συγκριτικά οι δύο μεταχειρίσεις στο ίδιο χρονικό διάστημα έχουν διαφορά μέσου ύψους φυτών της τάξης των 6,9 cm.

Απο 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 49 cm για την δεύτερη μεταχείριση (80%). Είναι φανερό ότι η δεύτερη μεταχείριση προσφέρει μεγαλύτερη ανάπτυξη στα φυτά.

Συγκριτικά οι δύο μεταχειρίσεις στο ίδιο χρονικό διάστημα έχουν διαφορά μέσου ύψους φυτών της τάξης των 19,2 cm.

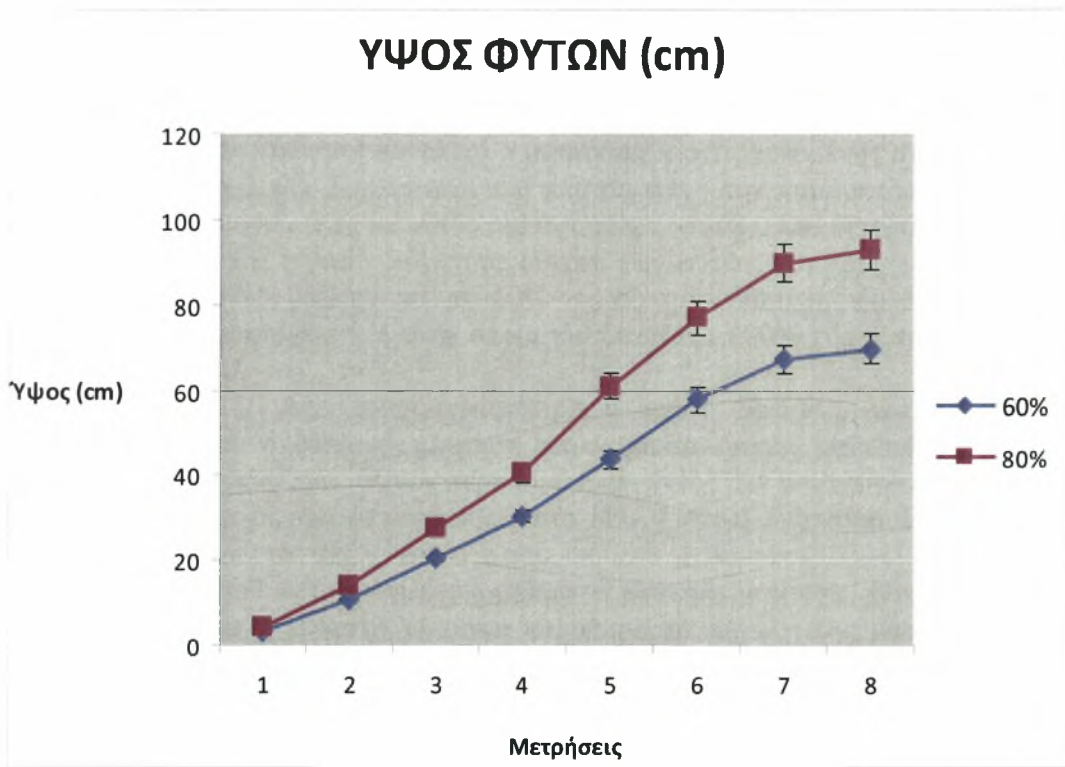
Απο τις 22/8 που πραγματοποιήθηκε η έκτη μέτρηση, έως τις 29/9 που πραγματοποιήθηκε η όγδοη μέτρηση παρατηρείται μείωση της μεταβολής του μέσου ύψους των φυτών περίπου 12 cm για την πρώτη μεταχείριση (60%) και περίπου 16 cm για την δεύτερη μεταχείριση (80%).

Συγκριτικά οι δύο μεταχειρίσεις στο ίδιο χρονικό διάστημα έχουν διαφορά μέσου ύψους φυτών της τάξης των 13,3 cm.

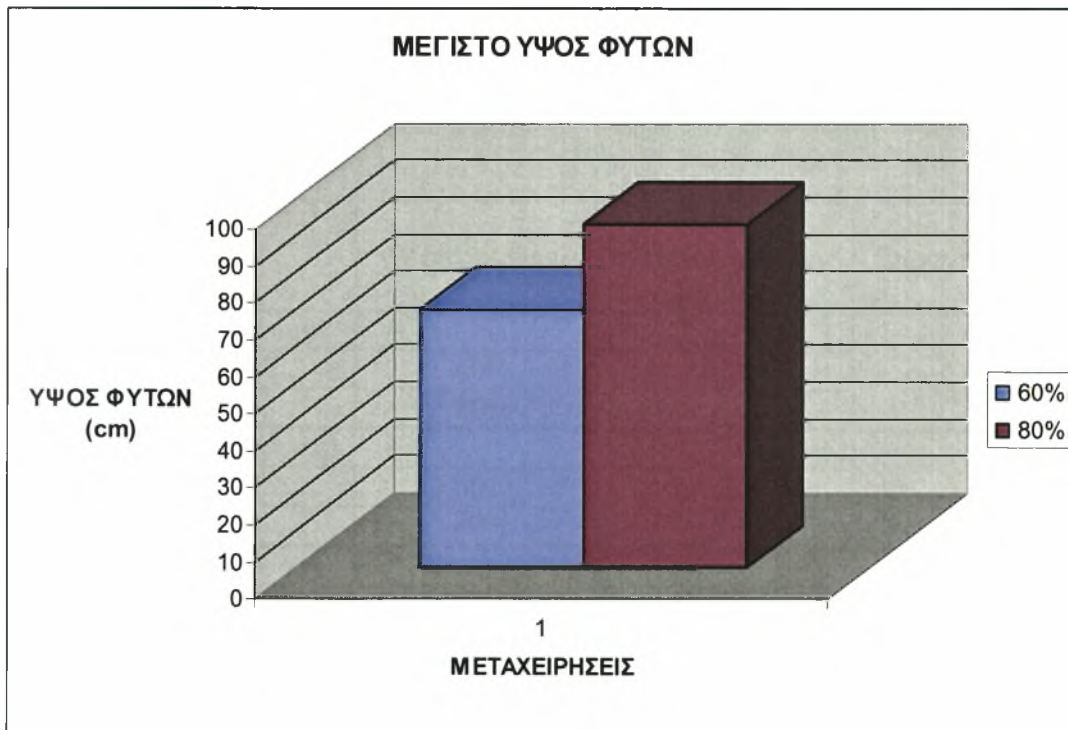
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

		Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι επαναληπτικών μετρήσεων	Σημαντικότητα
Μετρήσεις	1η μέτρηση			0,334
	5/6	60%	3,1	
		80%	4,1	
	2η μέτρηση			0,314
	25/6	60%	10,6	
		80%	14,1	
	3η μέτρηση			0,0027
	11/7	60%	20,5	
		80%	27,4	
	4η μέτρηση			0,354
	26/7	60%	30,3	
		80%	40,4	
	5η μέτρηση			0,364
	9/8	60%	43,7	
		80%	60,9	
	6η μέτρηση			0,379
	22/8	60%	57,7	
		80%	76,9	
	7η μέτρηση			0,304
	12/9	60%	67,3	
		80%	89,8	
	8η μέτρηση			0,366
	29/9	60%	69,6	
		80%	92,9	

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



Διάγραμμα 6.2 / Διακύμανση του ύψους των φυτών του ηλιανθού.



Διάγραμμα 6.3 / Γραφική απεικόνιση του μέγιστου ύψους των φυτών για τις δυο μεταχειρήσεις (60% & 80%).

### 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 εφτασε τα 7,8 cm ενώ στη δεύτερη μεταχείριση στην οποία καλύπτεται το 80% της εξατμισοδιαπνοής έφτασε τα 10,3 cm.

Απο 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 μέσου ύψους φυτών της τάξης των 1,8 cm.

Απο τις 26/7 που πραγματοποιήθηκε η δεύτερη μέτρηση, έως τις 22/8 που πραγματοποιήθηκε η τέταρτη μέτρηση παρατηρείται μεγάλη της μέσης διαμέτρου των δίσκων των φυτών περίπου 2,4 cm για την πρώτη μεταχείριση (60%) και περίπου 3,1 cm για την δεύτερη μεταχείριση (80%).

Συγκριτικά οι δύο μεταχειρίσεις στο ίδιο χρονικό διάστημα έχουν διαφορά μέσου ύψους φυτών της τάξης των 2,5 cm.

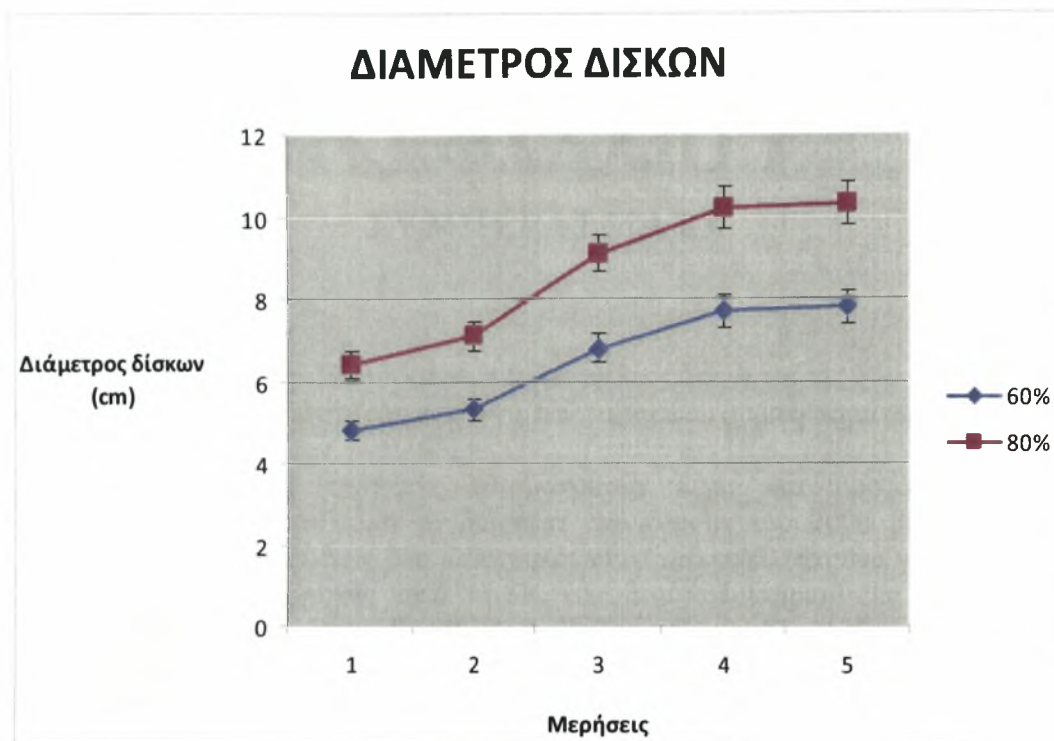
Απο τις 22/8 που πραγματοποιήθηκε η τέταρτη μέτρηση, έως τις 12/9 που πραγματοποιήθηκε η πέμπτη μέτρηση παρατηρείται μείωση της μεταβολής της μέσης διαμέτρου των δίσκων των φυτών περίπου 0,1 cm.

Συγκριτικά οι δύο μεταχειρίσεις στο ίδιο χρονικό διάστημα έχουν διαφορά μέσου ύψους φυτών της τάξης των 10,3 cm.

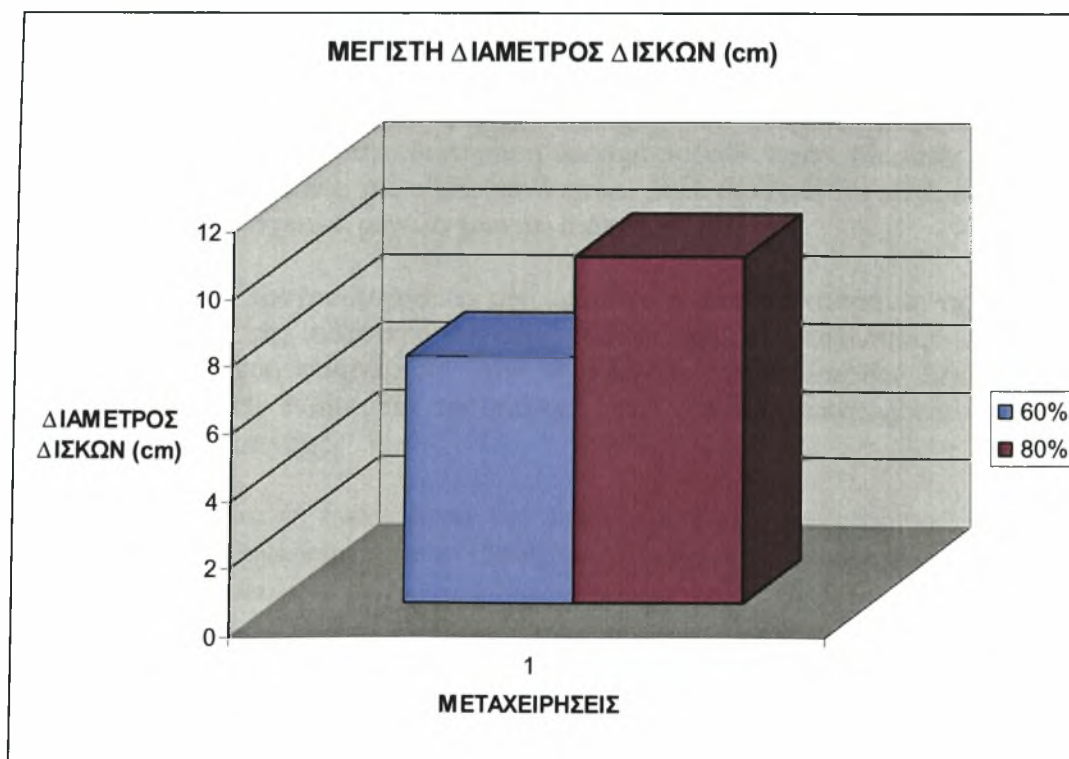
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

		Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι επαναληπτικών μετρήσεων	Σημαντικότητα
Διάμετρος δίσκου (cm)	1η μέτρηση			0,198
	11/7	60%	4,8	
		80%	6,4	
	2η μέτρηση			0,121
	26/7	60%	5,3	
		80%	7,1	
	3η μέτρηση			0,207
	9/8	60%	6,8	
		80%	9,1	
	4η μέτρηση			0,307
	22/8	60%	7,7	
		80%	10,2	
	5η μέτρηση			0,333
	12/9	60%	7,8	
		80%	10,3	

Πίνακας 6.2 / Μέσος όρος και Σημαντικότητα της διαμέτρου των δίσκων των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης.



Διάγραμμα 6.4 / Διακόμανση της διαμέτρου του δίσκου των φυτών



Διάγραμμα 6.5 / Γραφική απεικόνιση της μέγιστης διαμέτρου του δίσκου των φυτών για τις δυο μεταχειρήσεις (60% & 80%).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

1. 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.
2. 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.
3. Ο σωστός προγραμματισμός των αρδεύσεων σε συνδυασμό με τις συνεχείς μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας καθώς και οι κατάλληλες κλιματικές συνθήκες που επικράτησαν κατά τη διάρκεια του θέρους δεν διέκοψαν την αναπτυξιακή διαδικασία της καλλιέργειας, αντίθετα επιτεύχθηκαν μέγιστοι ρυθμοί ανάπτυξης.
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 0,304 έως 0,379. Οι τιμές αυτές είναι μεγαλύτερες από 0,005 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 ήταν ίση με 0,0027. Η διαφορά της τιμής της σημαντικότητας της τρίτης μέτρησης σε σχέση με τις υπόλοιπες τιμές πιθανώς να οφείλεται στην επίδραση μη ελεγχόμενων παραγόντων.

- ✓ Για τη διάμετρο του δίσκου των φυτών η σημαντικότητα κυμαίνεται από 0,121 έως 0,333. Οι τιμές αυτές είναι μεγαλύτερες από 0,005 επομένως οι μέσοι όροι των μετρήσεων παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές,

## 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.

**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., Geronikou, 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 8<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology (CEST), September 8- 11, Lemnos, Greece, Vol. B, pp. 707- 714.

**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.

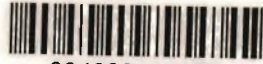
**Zoldoske, D. F.,Genito, S. And Jorgensen, G. S.,** 1995. Subsurface drip irrigation (S.D.I.) on turfgrass: A University Experience. *Irrigation notes*, California State University, Fresno, California.

## Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βάλμης Σ., 1990.** Διαβρώσεις - συντήρηση εδαφών. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
- Βαρδαβάκης Ε., 1994.** Συστηματική Βοτανική. Έκδοση Τέταρτη. Τόμος Ι, Εκδόσεις Δ.Κ. Σαλονικίδη, Θεσσαλονίκη.
- Δαναλάτος Ν., 2008,** Ειδική Γεωργία ΙΙ, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Βόλος.
- Μήτσιος, Ι., Τούλιος Μ., Χαρούλης Α., Γάτσιος Φ. και Φλωράς Σ., 2000.** Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή τον Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
- Πανώρας Α. Γ., Χατζηαθανασιάδου Α. Μ., και 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. Λάρισα. 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 (EYE), Πάτρα, σελ. 184- 192.
- Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Καλφούντζος Δ., Παπανίκος Ν. 2000.** Αξιολόγηση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων. 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.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000104278