

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΟΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αριθμ. Πρωτοκ.

399

6Σ7-12

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**“ΑΡΔΕΥΣΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ”**

**ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2009**



**ΧΑΒΑΛΕΣ ΠΡΟΚΟΠΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:  
ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ**

**ΒΟΛΟΣ 2012**



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

Αριθ. Εισ.: 10928/1  
Ημερ. Εισ.: 06-09-2012  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2012  
ΧΑΒ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**“ ΑΡΔΕΥΣΗ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ”**  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2009

**ΧΑΒΑΛΕΣ ΠΡΟΚΟΠΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:  
ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ – ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ Μ.**

**Καθηγήτρια Π.Θ**

**ΔΗΜΗΡΚΟΥ Α.**

**Καθηγήτρια Π.Θ**

**ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Χ.**

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ Π.Κ. 407/80**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

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

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

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

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

Χαβαλές Προκόπιος

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Στη σημερινή εποχή η αλόγιστη χρήση του νερού, για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών, έχει σαν αποτέλεσμα τη σταδιακή μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πως για να ικανοποιηθούν οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις του παγκόσμιου πληθυσμού σε νερό, ο πολιτικός και επιστημονικός κόσμος θα πρέπει να λάβει τα κατάλληλα μέτρα και να κάνει τις απαραίτητες ενέργειες ώστε να δοθούν λύσεις για το ζωτικής σημασίας αυτό πρόβλημα.

Με βάση τα παραπάνω η εργασία αυτή μελετά την επίδραση της υπόγειας στάγδην άρδευσης με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα και καθαρό νερό στην ανάπτυξη και απόδοση του Ηλίανθου.

Για την υλοποίηση της εργασίας διατέθηκε από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, πειραματικό αγροτεμάχιο στις εγκαταστάσεις του αγροκτήματός του στην περιοχή του Βελεστίνου. Η εργασία περιελάμβανε ένα πλήρες τυχαιοποιημένο σχέδιο (τροποποιημένο) με δύο μεταχειρίσεις (καθαρό νερό και επεξεργασμένα αστικά απόβλητα) σε τέσσερις επαναλήψεις. Τα προς άρδευση απόβλητα προέρχονταν από την μονάδα βιολογικού καθαρισμού της πόλης του Βόλου και η εφαρμογή τόσο αυτών όσο και του καθαρού αρδευτικού νερού, έγινε με τη χρήση συστήματος υπόγειας στάγδην άρδευσης.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	9
ΗΛΙΑΝΘΟΣ (HELIANTHUS ANNUUS).....	9
2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ .....	9
2.2 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ .....	10
2.2.1 Ταξιανθία.....	11
2.2.2 Δίσκοι.....	12
2.2.3 Βλαστός.....	12
2.2.4 Ριζικό σύστημα .....	12
2.2.5 Αύξηση-Ανάπτυξη.....	13
2.3 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ .....	13
2.4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ.....	14
2.4.1 Έδαφος.....	14
2.4.2 Προετοιμασία πριν την σπορά.....	15
2.4.3 Σπορά.....	15
2.4.4 Εποχή σποράς.....	15
2.4.5 Αραίωμα .....	16
2.4.6 Αμειψισπορά .....	16
2.4.7 Άρδευση.....	16
2.4.8 Λίπανση .....	17
2.4.9 Ζιζανιοκτονία .....	17
2.4.10 Συγκομιδή - Αλωνισμός.....	17
2.4.11 Κυριότεροι Εχθροί και Αντιμετώπιση Τους .....	18
2.4.12 Μυκητολογικές ασθένειες και αντιμετώπισή τους .....	19
2.4.12.1 Σκωρίωση του ηλιάνθου ( <i>Ruccinia helianthi</i> ).....	19
2.4.12.2 Φόμωση του ηλιάνθου ή καρκίνος του μίσχου ( <i>Phomopsis helianthi</i> ).....	20
2.4.12.3 Γκρίζα μούχλα ( <i>Botrytis cinerea</i> ).....	21
2.5 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ, ΥΒΡΙΔΙΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	24
ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ .....	24
3.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	24
3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	25
3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	26
3.3.1 Προκαταρκτική επεξεργασία.....	27
3.3.2 Πρωτοβάθμια επεξεργασία.....	27
3.3.3 Δευτεροβάθμια επεξεργασία .....	28
3.3.4 Τριτοβάθμια ή προχωρημένη επεξεργασία ( <i>advanced treatment</i> ).....	29
3.3.5 Απολύμανση .....	30
3.3.6 Αποθήκευση .....	31
3.4 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ.....	31
3.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ.....	34
3.5.1 Αλατότητα.....	34
3.5.2 Ταχύτητα διήθησης του αρδευτικού νερού .....	36
3.5.3 Θρεπτικά στοιχεία .....	36

3.5.4 Παθογόνοι μικροοργανισμοί .....	37
3.6 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ .....	38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....</b>	<b>39</b>
<b>ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....</b>	<b>39</b>
4.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	39
4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ .....	40
4.2.1 Άρδευση με κατάκλυση ή λωρίδες .....	40
4.2.2 Άρδευση με αυλάκια .....	41
4.2.3 Άρδευση με καταιονισμό .....	41
4.2.4 Μέθοδοι τοπικής άρδευσης (στάγδην άρδευση) .....	42
4.3 ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ .....	43
4.3.1 Ιστορική εξέλιξη .....	43
4.3.2 Περιγραφή ενός συστήματος υπόγειας άρδευσης .....	45
4.3.3 Πλεονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης .....	46
4.3.4 Μειονεκτήματα της υπόγειας στάγδην άρδευσης .....	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....</b>	<b>52</b>
<b>ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ-ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>52</b>
5.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	52
5.2 ΧΑΡΑΞΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ .....	52
5.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΕΜΑΧΙΟ .....	54
5.4 ΆΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ .....	55
5.5 ΌΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	58
5.5.1 Εξατμισόμετρο τύπου A.....	58
5.5.2 Μέτρηση εδαφικής υγρασίας.....	59
5.5.3 Συσκευή προσδιορισμού του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας (LAI) .....	60
5.6 ΆΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ .....	61
5.7 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ.....	61
5.7.1 Ύψος φυτών .....	61
5.7.2 Διάμετρος κεφαλής.....	62
5.7.3 Αριθμός φύλλων.....	62
5.7.4 Χλωρή και ξηρή βιομάζα.....	62
5.7.5 Στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων .....	62
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....</b>	<b>64</b>
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>64</b>
6.1 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ .....	64
6.2 ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ .....	65
6.3 ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (LAI) .....	65
6.4 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ.....	66
6.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ .....	66
6.5.1 Ύψος φυτών .....	66
6.5.2 Διάμετρος δίσκων.....	69
6.5.3 Αριθμός φύλλων.....	71
6.5.4 Προσδιορισμός χλωρής και ξηρής βιομάζας .....	73
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 .....</b>	<b>75</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>75</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>77</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

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

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

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



εξαμυσοδιαπνοή της καλλιέργειας και τις βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, καθώς και η διάρκεια άρδευσης η οποία εξαρτάται από τη διηθητικότητα του εδάφους και την αρδευτική μέθοδο που εφαρμόζεται.

Γίνεται λοιπόν επιτακτική ανάγκη η αναζήτηση και εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων άρδευσης, οι οποίες θα περιορίσουν τις απώλειες νερού κατά τη διανομή και χορήγηση του στα φυτά και θα πετύχουν υψηλές αποδόσεις και αυξημένη παραγωγή. Μια τέτοια μέθοδος είναι η υπόγεια άρδευση με σταγόνες η οποία ελαχιστοποιεί σε μεγάλο βαθμό το κόστος εφαρμογής του νερού, μειώνει τις απώλειες και με τη χρήση της επιτυγχάνονται ικανοποιητικές παραγωγές. Επίσης με την υπόγεια στάγδην άρδευση διασφαλίζεται η δημόσια υγεία και μειώνονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, όταν χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό επεξεργασμένα αστικά λύματα λόγω της διοχέτευσής τους μέσα στο έδαφος και όχι στην επιφάνειά του.

Ακόμη, η χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση αποτελεί μία σημαντική και ελπιδοφόρα λύση, γιατί έτσι αφενός επιτυγχάνονται λιγότερες εφαρμογές αρδευτικού νερού, άρα γίνεται εξοικονόμηση του και αφετέρου διευκολύνεται η διάθεση και διαχείριση τους, η οποία αποτελεί μείζον ζήτημα για όλες τις σύγχρονες κοινωνίες, έχοντας ως όφελος την προστασία του περιβάλλοντος και τη μείωση του κόστους.

Στην Ελλάδα η χρήση των επεξεργασμένων αποβλήτων περιορίζεται μόνο στο πεδίο του πειράματος. Σύνηθες φαινόμενο είναι όμως η έμμεση χρήση τους μέσω των νερών των ποταμών και των λιμνών που γίνονται οι τελικοί αποδέκτες τους. Αν και υπάρχουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στις περισσότερες αστικές περιοχές της χώρας μας, η δυνατότητα αυτή που παρέχεται παραμένει ανεκμετάλλευτη, με αποτέλεσμα την συνεχώς αυξανόμενη επιβάρυνση και κατάχρηση των υδατικών μας πόρων για γεωργικούς κυρίως σκοπούς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΗΛΙΑΝΘΟΣ (HELIANTHUS ANNUUS)

---

#### 2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

---

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. Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε στα 24,2 εκατ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 195 εκατ. στρέμματα εκ των οποίων, περισσότερα από 100 εκατ. καλλιεργήθηκαν στην Ευρώπη. 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/EK.

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

Πίνακας 2.1 / Η καλλιέργεια του ηλιάνθου στην Ελλάδα για το έτος 2007

(Πηγή: BIOS AGROSYSTEMS)

## 2.2 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

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, ωοειδή, 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, και έχουν αχάινια μαύρα, λευκά ή ριγωτά.

---

### 2.2.1 ΤΑΞΙΑΝΘΙΑ

---



Εικόνα 1. Ταξιανθία του ηλιάνθου.

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 (Βαρδαβάκης, 1994).

---

### 2.2.2 ΔΙΣΚΟΙ

---

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 ηλίανθο το pappus δεν έχει προφανή λειτουργία ή αυτή μειώνεται όσο ωριμάζει ο καρπός. Τα δισκοειδή άνθη είναι τέλεια, τοποθετημένα ελικοειδώς στην κεφαλή, είναι σταυρεπικονιαζόμενα και προσαρμόζονται καλά στην γονιμοποίηση που γίνεται με τη βοήθεια των εντόμων (Βαρδαβάκης, 1994).

---

### 2.2.3 ΒΛΑΣΤΟΣ

---

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 ηλίανθου, καλύπτεται από σκληρά τριχίδια, τα οποία προστατεύουν το φυτό από τα φυτοφάγα ζώα. Ο ηλίανθος έχει ένα μόνο στέλεχος, το οποίο διακλαδίζεται σπάνια (Βαρδαβάκης, 1994).

---

### 2.2.4 ΡΙΖΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

---

Το ριζικό σύστημα του ηλίανθου 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 (Βαρδαβάκης, 1994).

---

### 2.2.5 ΑΥΞΗΣΗ-ΑΝΑΠΤΥΞΗ

---

Ο συνολικός χρόνος για την ανάπτυξη του φυτού του ηλίανθου 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 ηλίανθου, 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 ηλίανθου.

Ο ηλίανθος έχει σχετικά μικρή περίοδο ανάπτυξης. Γενικά απαιτούνται 100-150 ημέρες από την εμφύτευση μέχρι την ωρίμανση, σε συνάρτηση με το υβρίδιο, την καλλιέργεια και τη χρήση (σποροπαραγωγή, αποθήκευση για ζωοτροφή). Τα φυτά είναι ανθεκτικά στην ξηρασία, εκτός της περιόδου ανθοφορίας. Κατά μέσο όρο απαιτούνται 6-10 ημέρες από τη σπορά έως το φύτερωμα, 30-40 ημέρες από το φύτερωμα έως την εμφάνιση της ταξιανθίας, 20-30 ημέρες από την εμφάνιση ταξιανθίας έως την έναρξη της ανθοφορίας, 7-12 ημέρες από την έναρξη έως την λήξη της ανθοφορίας και τέλος άλλες 30 ημέρες από τη λήξη της ανθοφορίας έως τη φυσιολογική ωρίμανση.

Κατά τη φυσιολογική ωρίμανση το πίσω μέρος των ταξιανθιών αποκτά χρώμα καστανό-κίτρινο με υγρασία περίπου 60-70%, ενώ οι σπόροι έχουν υγρασία 30-40%. Σε αυτό το στάδιο οι σπόροι έχουν τη μέγιστη τιμή σε ξηρό βάρος και τη μέγιστη περιεκτικότητα σε λάδι και αναλογία λινολεϊκού οξέος (Βαρδαβάκης, 1994).

---

## 2.3 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

---

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 φύτερωμα (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 επιμηκώνεται. 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 νυχτερινές θερμοκρασίες (> 25° C) η αναπνοή αυξάνεται δραματικά με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Συνοψίζοντας, υψηλές αποδόσεις ηλίανθου επιτυγχάνονται κάτω από θερμοκρασίες ημέρας 25–30°C και νύχτας 15–20°C.

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 5,5kg διοξειδίου του άνθρακα ανά στρέμμα φύλλου ανά ώρα, ρυθμός πολύ υψηλός για ένα C3 φυτό. Οι άριστες θερμοκρασίες για τη φωτοσύνθεση είναι περί τους 30°C. Ο ηλίανθος δεν αντιδρά συνήθως στο φωτοπεριοδισμό (ουδέτερο φυτό), διότι ανθίζει σε μεγάλο μήκος ημέρας (Βαρδαβάκης, 1994).

---

## 2.4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

---

### 2.4.1 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.

---

#### 2.4.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΣΠΟΡΑ

---

Κατά κανόνα η προετοιμασία του αγρού αρχίζει το φθινόπωρο με ένα όργανο (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 όργανο μπορεί να γίνει νωρίς την άνοιξη. Λίγες ημέρες πριν την σπορά πραγματοποιείται η προετοιμασία του αγρού με 1-2 περάσματα με καλλιεργητή ή δισκοσβάρνα.

---

#### 2.4.3 ΣΠΟΡΑ

---

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.

---

#### 2.4.4 ΕΠΟΧΗ ΣΠΟΡΑΣ

---

Η εποχή σποράς είναι ιδιαίτερα σημαντική απόφαση, γιατί από αυτήν εξαρτάται το κανονικό φύτρωμα του σπόρου. Η σπορά γίνεται νωρίς την άνοιξη και όταν η θερμοκρασία εδάφους σταθεροποιηθεί στους 80° C. Με την πρόιμη 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.



---

#### 2.4.5 ΑΡΑΙΩΜΑ

---

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

---

#### 2.4.6 ΑΜΕΙΨΙΣΠΟΡΑ

---

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

---

#### 2.4.7 ΑΡΔΕΥΣΗ

---

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

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

---

#### 2.4.8 ΛΙΠΑΝΣΗ

---

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.

---

#### 2.4.9 ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΙΑ

---

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 pendimethalin προσπαρτικά με ενσωμάτωση στα 5-8 εκ.. Πότισμα ή βροχή βοηθούν στην καλή ενσωμάτωση του ζιζανιοκτόνου. Η καλλιέργεια παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στα ορμονικά ζιζανιοκτόνα.

---

#### 2.4.10 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΑΛΩΝΙΣΜΟΣ

---

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.

---

#### 2.4.11 ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ 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 carbofuran και methyl ως ενεργά συστατικά.

Άλλοι επισημασμένοι εχθροί της καλλιέργειας είναι η τίπουλη (*Tipula 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.

---

#### 2.4.12 ΜΥΚΗΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ 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.

---

##### 2.4.12.1 ΣΚΩΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ (*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 πρόωμη 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.

---

#### 2.4.12.2. ΦΟΜΩΨΗ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ Η ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΜΙΣΧΟΥ (*PHOMOPSIS HELIANTHI*)

---

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

Τα στίγματα εμφανίζονται στα κάτω ή τα μεσαία φύλλα, συνήθως μετά την ανθοφορία. Τα προσβεβλημένα φύλλα ξεραίνονται ταχύτατα, αλλά παραμένουν πάνω στους μίσχους τους, ενώ ο μύκητας αναπτύσσεται απ' αυτούς τους μίσχους προς το κοτσάνι. Οι βλάβες στο κοτσάνι επικεντρώνονται πάντα στις μασχάλες, αρχίζουν με μικρά, καφετιά, βαθουλωτά στίγματα που γρήγορα μεγαλώνουν και γίνονται στρογγυλά ή ελλειπτικά και συνήθως περικυκλώνουν το κοτσάνι. Το κεντρικό μέρος του στίγματος γίνεται 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 ηλιάνθου το φθινόπωρο. Η πυκνότητα του πληθυσμού, σε λιγότερο από 5.000 φυτά/στρ. και το μειωμένο ποσοστό των λιπασμάτων με άζωτο, είναι απαραίτητα μέτρα για τη μείωση της συχνότητας της ασθένειας. Για να επιτευχθεί η άριστη δυνατή αντιμετώπιση της, η εφαρμογή μυκητοκτόνου θα πρέπει να αρχίσει πριν την εμφάνιση των συμπτωμάτων. Συνιστάται ένα πρόγραμμα δύο

ψεκασμών, εκ των οποίων ο πρώτος στο στάδιο του μπουμπουκιού και ο δεύτερος την εποχή της άνθισης. Τα μυκητοκτόνα με βάση το benomyl είναι τα πλέον αποτελεσματικά κατά της ασθένειας αυτής.

---

#### 2.4.12.3 ΓΚΡΙΖΑ ΜΟΥΧΛΑ (*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.

---

### 2.5 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ, ΥΒΡΙΔΙΑ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ

---

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 καθарές 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 αρρενοστεριότητας. Στην αρχή (1934) ανακαλύφθηκε γενετική αρρενοστεριότητα 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 αρρενοστεριότητα 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 αρρενοστεριότητας χρησιμοποιούνται τα άγρια είδη *H.petiolaris* και *H.bolanderi* που διασταυρώνονται εύκολα με τον καλλιεργούμενο ηλίανθο. 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 ηλίανθου 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

### ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

---

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

---

Από το δεύτερο μισό του περασμένου αιώνα και μέχρι τις μέρες μας σημειώθηκε μια πληθυσμιακή έκρηξη χωρίς προηγούμενο, η οποία ήρθε ως απόρροια της εξέλιξης στην τεχνολογία, την ιατρική επιστήμη και πολλούς άλλους τομείς. Η αύξηση αυτή του πληθυσμού είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πλήθους αναγκών, οι οποίες έπρεπε να καλυφθούν ιδιαίτερα ως προς την ποιότητα ζωής και ευημερία των ανθρώπων με κατεύθυνση προς ένα πιο βιώσιμο περιβάλλον. Μία τέτοια ανάγκη η οποία είναι μεγάλης σημασίας για τη διαβίωση των κοινωνιών είναι η διαχείριση της πάσης φύσεως αποβλήτων (στερεών, υγρών, αερίων), που έχουν ως επίπτωση τη μόλυνση του περιβάλλοντος γενικά και έρχονται ως συνέπεια της υπέρμετρης προόδου και του υπερπληθυσμού. Επιπλέον η αλόγιστη χρήση του νερού οδήγησε στην έλλειψή του τα τελευταία χρόνια υποβαθμίζοντας ακόμη περισσότερο την ποιότητα ζωής και κάνοντας ορατούς κινδύνους που φάνταζαν ανύπαρκτοι.

Ο συνδυασμός των δύο αυτών παραμέτρων έχει οδηγήσει τη διεθνή κοινότητα στην προσπάθεια εξεύρεσης εφικτών λύσεων, σχετικά με τη διαχείριση των απορριμμάτων και ιδιαίτερα των αστικών λυμάτων από τη μία και την εξοικονόμηση νερού και εύρεση νέων πηγών νερού από την άλλη. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος των διαθέσιμων υδατικών πόρων χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς και ότι τα αστικά λύματα (ο όγκος των οποίων αυξάνεται ολοένα και περισσότερο) είναι δυνατόν να υποστούν επεξεργασία και να επαναχρησιμοποιηθούν, γίνεται προφανές ότι τα υγρά απόβλητα είναι δυνατό να αξιοποιηθούν προς όφελος του ανθρώπου, όσον αφορά την άρδευση γεωργικών και ενίοτε αστικών εκτάσεων. Ακόμη η χρήση τους στη βιομηχανία καθώς και ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων με αυτά (Angelakis et al. 2002) θα δώσουν επιπλέον λύσεις στο πρόβλημα.

Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων γιατί έτσι αποφεύγεται η υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών και επιτυγχάνεται η φυσική

τροφοδοσία του εδάφους και των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, πράγμα που μπορεί να μειώσει την ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων. Επίσης αποτελούν έναν ακόμη υδατικό πόρο, ο οποίος είναι ιδιαίτερα σημαντικός σε χώρες όπου οι βροχοπτώσεις δεν επαρκούν, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην εξισορρόπηση του υδατικού ισοζυγίου.

Αστικά λύματα είναι τα υγρά απόβλητα που δημιουργούνται από τις διαδικασίες καθαριότητας σε μία κατοικημένη περιοχή. Κύριο συστατικό τους είναι το νερό (99%) στο οποίο περιέχονται μικρές συγκεντρώσεις αιωρούμενων και διαλυμένων σε αυτό οργανικών και ανόργανων στερεών.

Τα επεξεργασμένα αστικά υγρά απόβλητα αποτελούν πηγή θρεπτικών ουσιών για το έδαφος και γενικότερα για τα φυτά, αφού παρέχουν σε αυτά σημαντικές ποσότητες αζώτου, φωσφόρου, καλίου και άλλων ιχνοστοιχείων. Έρευνα αναφέρει ότι η χρήση επεξεργασμένων λυμάτων σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων, εμπλούτισε το έδαφος με ποσότητες που κυμαίνονταν από 20,5- 30,5 kg/στρ. για το N, 4,5- 6,8 kg/στρ. για τον P και 11,7- 13,5 kg/στρ. για το K (Πανώρας κ.α. 1998α, β, 1999α, β). Η επίδραση των υγρών αποβλήτων στις φυσικές και υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους ύστερα από πειράματα που έγιναν, φαίνεται να εξαρτάται από το είδος του εδάφους στο οποίο αυτά εφαρμόζονται, από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί κατά την εφαρμογή τους και από διάφορες άλλες καλλιεργητικές πρακτικές.

### 3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Έχοντας ως στόχο την προστασία της δημόσιας υγείας και των φυσικών οικοσυστημάτων ώστε να γίνει εφικτή η διατήρηση της ισορροπίας του περιβάλλοντος και να αποφευχθεί η υποβάθμιση των διαθέσιμων υδατικών πόρων, κρίνεται απαραίτητη η επεξεργασία καθαρισμού των υγρών αστικών αποβλήτων, πριν αυτά φτάσουν στον τελικό τους αποδέκτη. Έτσι το χρησιμοποιούμενο νερό πρέπει να επαναδιατεθεί στη φύση ή στο εκάστοτε σύστημα παραγωγής διαθέτοντας ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα συνάδουν με τις επιθυμητές χρήσεις.

Η αξιολόγηση της καταλληλότητας των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων γίνεται με βάση κάποια κριτήρια που αναφέρονται σε χημικές και βιολογικές παραμέτρους. Ο όρος « καταλληλότητα » περιλαμβάνει όχι μόνο τα φυτά και το

έδαφος, αλλά και τους ανθρώπους και τα ζώα που έρχονται σε επαφή με τα νερά αυτά ή καταναλώνουν καρπούς και φυτική μάζα που αρδεύονται με νερά τέτοιου είδους.

Υγρά απόβλητα θεωρούνται εκείνα τα οποία δημιουργούνται ως αποτέλεσμα της χρήσης και απόρριψης του νερού, το οποίο κατά την παραγωγική διαδικασία έχει εμπλουτιστεί με διάφορα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά σε μικρές ή μεγάλες συγκεντρώσεις. Αυτά παρουσιάζουν διακυμάνσεις όσον αφορά το υδραυλικό και το ρυπαντικό φορτίο λόγω των περιεχόμενων δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων ή τοξικών ουσιών, παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη του βιολογικού παράγοντα. Έτσι είναι δυνατό να εμφανιστούν καταστάσεις που να οδηγήσουν σε κακή λειτουργία και μείωση του βαθμού απόδοσης του συστήματος επεξεργασίας τους.

Καθίσταται λοιπόν αναγκαία η απομάκρυνση και εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων ειδικών χαρακτηριστικών με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών και μεθόδων, πριν το λύμα οδηγηθεί στο γενικό δίκτυο συλλογής για περαιτέρω επεξεργασία. Αυτό θα έχει ως συνέπεια τα υγρά απόβλητα να αποκτήσουν μια σχετικά σταθερή ποιότητα και να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος.

### 3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

---

Η επεξεργασία των υγρών αστικών αποβλήτων γίνεται συνήθως σε τοποθεσίες κοντά σε αστικά κέντρα σε εγκαταστάσεις που είναι γνωστές ως βιολογικός καθαρισμός. Περιλαμβάνει διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες με σκοπό τη μείωση όσο το δυνατό περισσότερο του οργανικού φορτίου, των αιωρούμενων στερεών και των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο επιθυμητός βαθμός επεξεργασίας τους εξαρτάται αποκλειστικά από τον τελικό χρήστη ή αποδέκτη στον οποίο θα διατεθούν και από το σκοπό για τον οποίο προορίζονται.

Τόσο η πρωτοβάθμια, όσο και η δευτεροβάθμια επεξεργασία που γίνονται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού είναι αρκετά αποτελεσματικές όσον αφορά τη μείωση του οργανικού φορτίου, το οποίο εκφράζεται ως Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (B.O.D.) και την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Δεν έχουν όμως το ίδιο αποτέλεσμα και με τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Αυτό επιτυγχάνεται με την παραμονή και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων σε δεξαμενές σταθεροποίησης, όπου με φυσικούς τρόπους όπως είναι η έκθεση τους στο ηλιακό φως, φύκη και

βακτήρια απαλλάσσονται από αυτούς. Έτσι ελαχιστοποιούνται οι κίνδυνοι, η επεξεργασία γίνεται η καλύτερη δυνατή και το λύμα είναι έτοιμο προς διάθεση.

Δεδομένης της συνεχούς αύξησης του πληθυσμού που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, είναι λογικό να υποθέσει κανείς ότι υπάρχει δυσαναλογία μεταξύ της ικανότητας επεξεργασίας των ήδη υπάρχουσών εγκαταστάσεων υγρών αστικών αποβλήτων και του όγκου που διαχειρίζονται κάθε μέρα. Έτσι γίνεται λοιπόν αναγκαία τόσο η επέκταση, όσο και η αναβάθμισή τους, ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις συνεχώς μεγαλύτερες προκλήσεις. Οι μονάδες αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν το σύνολο ή ορισμένα από τα παρακάτω στάδια επεξεργασίας:

- α) Προκαταρκτική επεξεργασία (preliminary treatment pre-treatment)
- β) Πρωτοβάθμια επεξεργασία (primary treatment)
- γ) Δευτεροβάθμια επεξεργασία (secondary treatment)
- δ) Τριτοβάθμια επεξεργασία (tertiary treatment)
- ε) Απολύμανση (disinfection)
- στ) Αποθήκευση (effluent storage)

---

### 3.3.1 ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

---

Περιλαμβάνει διεργασίες απομάκρυνσης των χονδρόκοκκων στερεών και άλλων υλικών μεγάλου μεγέθους που συνήθως υπάρχουν στα υγρά απόβλητα όταν βρίσκονται στην αρχική ανεπεξεργαστη κατάσταση. Η επεξεργασία που υφίσταται το λύμα στην αρχή είναι η εσχάρωση κατά την οποία συγκρατούνται τα μεγάλα παρασυρόμενα υλικά, έτσι ώστε να προφυλαχθούν τα επόμενα στάδια επεξεργασίας από εμφράξεις και φθορές. Τα προϊόντα που μένουν στις σχάρες θάβονται, καίγονται, χωνεύονται ή διατίθενται ως απορρίμματα. Άλλη μια διεργασία που λαμβάνει χώρα κατά την προκαταρκτική επεξεργασία, είναι επίσης και η καθίζηση η οποία αποβλέπει στο ίδιο αποτέλεσμα (Πανώρας κ.α. 1998α, β, 1999α, β).

---

### 3.3.2 ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

---

Αφού απομακρυνθούν με τις προκαταρκτικές διεργασίες που αναφέραμε όλα τα ογκώδη στερεά υλικά, τα υγρά απόβλητα εισάγονται και εξάγονται από δεξαμενή

καθιζήσεως με εγκάρσιο αυλάκι αρκετού μήκους, ώστε να εξασφαλίζεται μικρή ταχύτητα υπερχειλίσης. Κατά τη διέλευση των υγρών αποβλήτων από τη δεξαμενή, η ταχύτητα ροής τους μειώνεται σημαντικά με συνέπεια τα βαρύτερα αδιάλυτα οργανικά και ανόργανα στερεά να κατακάθονται στον πυθμένα του αυλακιού. Η λάσπη που καθιζάνει στον πυθμένα της δεξαμενής αποτελείται από οργανικό άζωτο και φωσφόρο σε μεγάλο ποσοστό, καθώς επίσης και βαρέα μέταλλα.

Ταυτόχρονα με τη διεργασία της καθίζησης στον πυθμένα της δεξαμενής στην επιφάνειά της λαμβάνει χώρα η διεργασία της επίπλευσης μικρής διαμέτρου αιωρούμενων σωματιδίων, λιπών ελαίων και διαφόρων άλλων υλικών επικάθονται σε αυτή με τη μορφή αφρού. Εισάγονται στη δεξαμενή λεπτές φυσαλίδες αέρα, οι οποίες προσκολλώνται στα αιωρούμενα σωματίδια, επισπεύδοντας με τον τρόπο αυτό την άνοδο στην επιφάνεια των μορίων που έχουν μικρότερο ειδικό βάρος από το υγρό που την καλύπτει. Όλα αυτά τα επιπλέοντα σωματίδια αφαιρούνται με μηχανικό σάρωθρο και η διαδικασία αυτή ονομάζεται και ξάφρισμα.

Κατά την πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνεται περίπου το 25 με 50% του αρχικού οργανικού φορτίου (B.O.D.), το 35 με 50% του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (C.O.D.), το 50 με 70% των ολικών αιωρούμενων στερεών και το 65% των λιπών και ελαίων. Ακόμη κατακρατείται ένα μέρος οργανικού αζώτου, οργανικού φωσφόρου και βαρέων μετάλλων, τα οποία είναι συνδεδεμένα με τα αιωρούμενα στερεά. Τα κολλοειδή και τα διαλυτά στερεά παραμένουν ανέπαφα (Πανώρας κ.α. 1998α, β, 1999α, β).

---

### 3.3.3 ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

---

Στόχος της είναι η περεταίρω βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού που προέρχεται από την πρωτοβάθμια επεξεργασία, μειώνοντας ακόμη περισσότερο το οργανικό φορτίο και τα αιωρούμενα στερεά. Η διεργασία αυτή περιλαμβάνει την απομάκρυνση της διαλυμένης, βιοδιασπώμενης οργανικής ύλης με τη βοήθεια αερόβιων μικροοργανισμών και τη χρήση μέσων κροκίδωσης για τη συσσωμάτωση και απομάκρυνση των κολλοειδών ουσιών.

Οι οργανικές ουσίες σε συνδυασμό με κάποια ανόργανα συστατικά γίνονται κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη οργανισμών. Αυτοί καταστρέφουν διάφορα επιβλαβή μικρόβια και μετατρέπουν οργανικές και ανόργανες ασταθείς ενώσεις σε

ανόργανες σταθερές, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα του επεξεργαζόμενου λύματος. Για την δημιουργία του υποστρώματος μπαίνει σε λειτουργία ένας βιοχημικός μηχανισμός, που αφενός συνθέτει τις απαραίτητες ουσίες για την ανάπτυξη των κυττάρων του οργανισμού και αφετέρου αποσυνθέτει τις οργανικές ενώσεις που υπάρχουν στο λύμα.

Το οξυγόνο που χρειάζεται για την βιοχημική αερόβια αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα υγρά απόβλητα από τους μικροοργανισμούς είναι το Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (B.O.D.). Το B.O.D. αποτελεί δείκτη του πόσο επιβαρυνμένο είναι το λύμα με οργανικό φορτίο. Ο βαθμός αποικοδομήσεως του οργανικού φορτίου εξαρτάται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Για την πλήρη αποικοδόμησή του σε θερμοκρασία 20 °C χρειάζονται περίπου 70-90 μέρες και ως κριτήριο χρησιμοποιείται το B.O.D των πρώτων 5 ημερών, το οποίο αντιπροσωπεύει τα 2/3 του συνολικά απαιτούμενου οξυγόνου.

Μετά την δευτεροβάθμια επεξεργασία το ρυπαντικό φορτίο του λύματος σε συνδυασμό με την πρωτοβάθμια ελαττώνεται περίπου 80-90%. Οι διαδικασίες αυτού του σταδίου καθαρισμού λέγονται διαδικασίες υψηλού ρυθμού γιατί γίνονται σε ελεγχόμενο περιβάλλον με είσοδο ενέργειας στο σύστημα. Αποτέλεσμα είναι η ταχεία αποικοδόμηση της οργανικής ύλης. Υπάρχουν δύο ειδών διαδικασίες αναλόγως με το αν οι μικροοργανισμοί είναι προσκολλημένοι σε κάποια επιφάνεια (βιολογικά φίλτρα, βιολογικοί δίσκοι), ή είναι αιωρούμενοι μέσα στο λύμα (ενεργός ιλύς, λίμνες).

Τα βιολογικά φίλτρα αποτελούνται από μία κλίνη, η οποία έχει ως διηθητικό μέσο κάποιο αδρανές υλικό και μία δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης, στην οποία απομακρύνονται οι οργανισμοί που αποκολλώνται από την επιφάνεια του διηθητικού μέσου. Τα συστήματα ενεργού ιλύος περιλαμβάνουν μία δεξαμενή καθαρισμού όπου οι οργανισμοί αποικοδομούν αερόβια τις οργανικές ουσίες και μία δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης όπου οι μικροοργανισμοί καθιζάνουν (δευτεροβάθμια λάσπη). Το οξυγόνο που απαιτείται προμηθεύεται στη δεξαμενή καθαρισμού από ειδική διάταξη αερισμού (Πανώρας κ.α. 1998α, β, 1999α, β).

---

### 3.3.4 ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ Η ΠΡΟΧΩΡΗΜΕΝΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ADVANCED TREATMENT)

---

Εφαρμόζεται με σκοπό την απομάκρυνση των συστατικών που παρέμειναν στο

λύμα μετά την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία για περαιτέρω μείωση του οργανικού φορτίου και των διαλυμένων στερεών. Τέτοια συστατικά είναι το άζωτο, ο φώσφορος, τα βαρέα μέταλλα, μη διασπώμενες οργανικές ουσίες, απολυμαντικές και απορρυπαντικές ουσίες.

Η απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου κρίνεται αναγκαία, όταν ο προορισμός των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι κάποιος υδάτινος αποδέκτης. Έτσι αποφεύγεται ο εμπλουτισμός των αποδεκτών αυτών με τα ανόργανα αυτά στοιχεία και μειώνεται ο κίνδυνος ευτροφισμού τους, ο οποίος έχει σοβαρές επιπτώσεις στη λειτουργία των εκεί οικοσυστημάτων. Ακόμη εμποδίζεται η συσσώρευση βαρέων μετάλλων, τα οποία σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικά με δυσμενείς βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες συνέπειες τόσο στο περιβάλλον, όσο και στον άνθρωπο.

Όταν το επεξεργασμένο λύμα προορίζεται για αρδευτικούς σκοπούς, η ύπαρξη N και P αποτελεί κατά κάποιο τρόπο πλεονέκτημα και είναι επιθυμητή, όχι όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί αφενός επαναφέρονται στο έδαφος νερό και θρεπτικά συστατικά, βοηθώντας στην εξισορρόπηση του ισοζυγίου. Αφετέρου γιατί καταναλώνονται από τους παραγωγούς μικρότερες ποσότητες λιπασμάτων, με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος των εισροών, η επιβάρυνση του υδροφόρου ορίζοντα και γενικότερα του περιβάλλοντος.

Πάντως οι κίνδυνοι αλλοιώσεως της δομής του εδάφους και ρυπάνσεώς του, όπως και των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων σε συνδυασμό με τις απαιτούμενες μεγάλες εκτάσεις γης, θέτουν περιορισμούς και αρκετά αυστηρές προϋποθέσεις. Για τη χρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων στην άρδευση. Είναι επομένως προφανές ότι η ανάπτυξη της πρακτικής αυτής, δεν ευνοείται σε μητροπολιτικές περιοχές και σε περιοχές με υγρό κλίμα (Πανώρας κ.α. 1998α, β, 1999α, β).

---

### 3.3.5 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

---

Θεωρείται το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και στοχεύει στην εξάλειψη των παθογόνων οργανισμών. Μπορεί να γίνει με φυσικά μέσα όπως είναι η έκθεσή τους στη θερμότητα ή σε υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς επίσης και με χημικές, μηχανικές και ραδιολογικές μεθόδους. Χημικά η απολύμανση γίνεται δυνατή με τη διοχέτευση στο λύμα όζοντος, αερίου χλωρίου (Cl) και άλλων

υποχλωριομένων ενώσεων. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος είναι αυτή του χλωρίου, του οποίου η δράση εξαρτάται από τη συγκέντρωσή του, τη θερμοκρασία, το ΡΗ, το χρόνο επαφής και το είδος των μικροοργανισμών.

Έρευνες αναφέρουν ότι η συγκέντρωση χλωρίου στα επεξεργασμένα λύματα, τα οποία θα διατεθούν για άρδευση μετά την απολύμανση, πρέπει να είναι μικρότερη από 0,5 mg/l για την αποφυγή καψίματος των φύλλων (Bower & Idelovitch 1987). Ακόμη όταν πρόκειται για ευαίσθητες καλλιέργειες το επίπεδο του χλωρίου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,05 mg/l (Asano et al. 1985), ενώ συγκεντρώσεις μικρότερες του 1 mg/l δεν εγκυμονούν κινδύνους για φυτά που αρδεύονται με καταιονισμό (Westcot & Ayers 1985).

Όμως η χρήση του χλωρίου είναι επιβλαβής τόσο για το περιβάλλον όσο και για τη δημόσια υγεία. Στην προσπάθεια λοιπόν να μειωθούν οι κίνδυνοι που εγκυμονούν από τη χλωρίωση, ο ερευνητικός κόσμος έχει στρέψει το ενδιαφέρον του σε άλλους τρόπους απολύμανσης πιο ασφαλείς.

---

### 3.3.6 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

---

Αποτελεί ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ της κατεργασίας των αστικών υγρών αποβλήτων και της διοχέτευσής τους για αρδευτικούς σκοπούς. Είναι πρακτική μεγάλης σημασίας γιατί εξοικονομείται αρδευτικό νερό, το οποίο μπορεί να διατεθεί σε περιόδους αιχμής όπου η ζήτηση είναι μεγάλη. Παράλληλα όσο περισσότερο διαρκεί ο χρόνος αποθήκευσης, τόσο μειώνεται το οργανικό φορτίο, τα αιωρούμενα στερεά και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που παραμένουν στη σύνθεσή του λύματος, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητά του (Westcot & Ayers 1985).

## 3.4 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ

---

Οι επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον και τον άνθρωπο κάθε άλλο παρά θετικές μπορούν να χαρακτηριστούν. Η ρύπανση των ηπειρωτικών και θαλάσσιων νερών, η υποβάθμιση από πλευράς ποιότητας των υδατικών πόρων, η δημιουργία εστιών μόλυνσεως από διάφορα παθογόνα και η υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των κοινωνιών εξαιτίας της υπερπροσφοράς αποβλήτων, αποτελούν πεδίο προβληματισμού και επιτακτική ανάγκη για ορθολογική διαχείριση και διάθεσή



τους.

Διαχείριση υγρών αποβλήτων είναι κάθε ανθρώπινη επέμβαση που στοχεύει στη μείωση στο ελάχιστο της ρυπαντικής τους επίδρασης και την εξοικονόμηση πηγών νερού για διάθεση σε άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες. Απόρροια της σωστής διαχείρισης των λυμάτων θα μπορούσε να θεωρηθεί η μείωση των εισροών (λιπάσματα) στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις, αφού τα απόβλητα είναι πλούσια σε θρεπτικά για τα φυτά συστατικά και είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς.

Η άρδευση γεωργικών και μη εκτάσεων καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό του διαθέσιμου νερού ιδιαίτερα στις ξηρές και ημιξηρικές περιοχές. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη γίνεται προφανές ότι η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων για άρδευση των καλλιεργειών είναι η πιο ενδεδειγμένη πρακτική. Έτσι αποφεύγεται η υποβάθμιση των αποδεκτών νερού, επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του εδάφους με θρεπτικά στοιχεία και γίνεται αποταμίευση νερού ιδιαίτερα σε περιοχές που αντιμετωπίζουν πρόβλημα βροχοπτώσεων.

Ο σχεδιασμός και προγραμματισμός της χρήσης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων, απαιτεί εκτός από ειδικό προσωπικό, εκτεταμένη και συστηματική συλλογή πληροφοριών για το περιεχόμενό τους, μέσω χημικών αναλύσεων. Έτσι έχοντας υπόψη τη σύσταση του λύματος, τις ιδιότητες του εδάφους και τις ιδιαιτερότητες κάθε καλλιέργειας, θα είναι εφικτή η αντιμετώπιση διαφόρων προβλημάτων που μπορεί να παρουσιαστούν είτε στο χρήστη, είτε στους αποδέκτες (φυτά, έδαφος).

Σε γενικές γραμμές είναι απαραίτητος ένας κατάλληλος προγραμματισμός δειγματοληψίας και αναλύσεων, λόγω του ότι πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς κάποιες μείζονος σημασίας ποιοτικές παράμετροι του λύματος όπως είναι η ηλεκτρική του αγωγιμότητα και η συγκέντρωση σε άζωτο και φώσφορο. Οι παράμετροι που είναι απαραίτητες για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του λύματος για αρδευτική χρήση καθώς και κάποιες ενδεικτικές συγκεντρώσεις, παρατίθενται παρακάτω (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Παράμετροι για την αξιολόγηση της ποιότητας του αρδευτικού νερού.

Παράμετροι	Συμβολισμός	Μονάδα μέτρησης	Σύνηθες εύρος συγκέντρωσης
<b>Φυσικές</b>			
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	EC <sub>w</sub>	dS/m	0-3
Ολικά διαλυμένα στερεά	TDS	mg/lt	0-2000
Θερμοκρασία	T	°C	
Χρώμα- Θολότητα		NTU/JTU	
Σκληρότητα		mg equiv. CaCO <sub>3</sub> /lt	
Ιζήματα		gr/lt	
<b>Χημικές</b>			
Ασβέστιο	Ca <sup>++</sup>	mg/lt	0-400
		me/lt	0-20
Μαγνήσιο	Mg <sup>++</sup>	mg/lt	0-60
		me/lt	0-5
Νάτριο	Na <sup>+</sup>	mg/lt	0-900
		me/lt	0-40
Ανθρακικά	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	mg/lt	0-3
		me/lt	0-0.1
Όξινα ανθρακικά	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/lt	0-600
		me/lt	0-10
Χλωριόντα	Cl <sup>-</sup>	mg/lt	0-1100

		me/lt	0-30
Θειϊκά	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/lt	0-1000
		me/lt	0-20
<b>Διάφορα</b>			
Βόριο	B	mg/lt	0-2
Οξύτητα/Αλκαλικότητα	PH		6.5-8.5
Σχέση προσρόφησης Na	SAR	(me/lt) <sup>0.5</sup>	0-15
Νιτρικό άζωτο	NO <sub>3</sub> -N	mg/lt	0-10
Φωσφορικός φώσφορος	PO <sub>4</sub> -P	mg/lt	0-2
Κάλιο	K	mg/lt	0-2

### 3.5 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ

Παραπάνω έγινε αναφορά στη σημασία που έχει η επισταμένη και ενδεδειγμένη παρακολούθηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων όσον αφορά κάποιες φυσικές και χημικές παραμέτρους με τη μέθοδο της δειγματοληψίας. Γενικά δίνεται έμφαση στις επιδράσεις που έχει το αρδευτικό νερό και ιδιαίτερα το προερχόμενο από επεξεργασμένα απόβλητα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εδάφους και των καλλιεργειών. Με αφορμή τη βαρύτητα που έχουν τόσο από περιβαλλοντικής όσο και από γεωργικής άποψης, θα γίνει μία ανάλυση των σημαντικότερων παραμέτρων του αρδευτικού νερού.

#### 3.5.1 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ

Είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την εκτίμηση της καταλληλότητας ενός νερού που προορίζεται για άρδευση και αναφέρεται στην ποσότητα και το είδος των διαλυμένων αλάτων που περιέχονται σε αυτό. Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων έχει καταστρεπτικές συνέπειες για τα φυτά, γι' αυτό για την αποφυγή ζημιών στα φυτά από τις υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων, προτιμάται να

ενισχύεται η κατακόρυφη ροή του νερού στο έδαφος. Ο ρυθμός συσώρευσής τους εξαρτάται από την ποσότητα και το ρυθμό απόθεσής τους στο έδαφος με το αρδευτικό νερό, καθώς επίσης και από το ρυθμό απομάκρυνσής τους από αυτό λόγω έκπλυσης.

Η έκπλυση επιτυγχάνεται όταν εφαρμόζεται περισσότερο νερό από αυτό που μπορούν να συγκρατήσουν τα φυτά και το έδαφος, με αποτέλεσμα αυτό να απορρέει στα βαθύτερα στρώματα που βρίσκονται κάτω από την περιοχή του ριζοστρώματος συμπαρασύροντας και μεγάλο ποσοστό αλάτων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την αποφυγή της αλατότητας είναι το έδαφος να έχει καλή στράγγιση, η οποία εξαρτάται σημαντικά από το είδος και τον τύπο του εδάφους, καθώς επίσης και από τη μηχανική του σύσταση. Εδάφη ελαφρά, αμμώδη, με μεγάλο πορώδες στραγγίζουν καλύτερα από ότι τα βαριά αργιλλοπηλώδη.

Η αλατότητα εκτιμάται με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ( $EC_w$ ) η οποία γίνεται με ειδικά όργανα τόσο στον αγρό (VERIS), όσο και το εργαστήριο. Μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι το dS/m. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε εδάφη με καλή στράγγιση δεν αναμένεται να υπάρξει πρόβλημα λόγω συγκέντρωσης αλάτων σε νερά με  $EC_w$  μικρότερης από 0,7 dS/m, ενώ καλλιέργειες ευαίσθητες στα άλατα όταν αρδεύονται με νερό που έχει  $EC_w$  μεγαλύτερη από 3 dS/m, θα έχουν δραστικά μειωμένη παραγωγή ακόμη κι όταν οι συνθήκες διαχείρισης είναι άριστες. Τα επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα έχουν κατά κανόνα μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άλατα από το καθαρό νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση. Για το λόγο αυτό οι πιθανότητες να εμφανιστούν προβλήματα κατά τη χρήση τους στο έδαφος και την καλλιέργεια είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Καθίσταται λοιπόν προφανής η ανάγκη να υιοθετηθούν ορθές πρακτικές και να επιλεγούν κατάλληλες μέθοδοι όσον αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων και το γεωργικό τομέα, για την αποφυγή του κινδύνου δημιουργίας αλατούχων εδαφών από τη χρήση τους.

Στην περίπτωση εφαρμογής των υγρών αποβλήτων απαιτείται σωστός προγραμματισμός των αρδεύσεων, επιλογή κατάλληλης μεθόδου άρδευσης και συνίσταται το έδαφος στο οποίο θα γίνει η εφαρμογή να έχει καλή στράγγιση, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα που οφείλονται στην αλατότητα. Η βαθειά άροση και η καλή τοποθέτηση του σπόρου, είναι κάποιες καλλιεργητικές πρακτικές

που βοηθούν επίσης στην αντιμετώπιση της συγκέντρωσης των αλάτων. Τέλος η άρδευση με υγρά απόβλητα σε εναλλαγή με φρέσκο νερό, δείχνει να έχει πολύ καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την ανάμειξή τους με μόνο μειονέκτημα ότι χρειάζεται διπλό δίκτυο μεταφοράς των νερών (Westcot & Ayers 1985).

---

### 3.5.2 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΗΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

---

Ο χρόνος που απαιτείται για τη μετακίνηση του νερού μέσα στο έδαφος από τη στιγμή που θα εφαρμοστεί με άρδευση, από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι τα κατώτερα στρώματα απορροής, εκφράζεται με την ταχύτητα διήθησης του νερού στο έδαφος. Αυτή εξαρτάται από τη μηχανική σύσταση, τον τύπο, την υφή και το πορώδες του εδάφους, καθώς επίσης από τη συγκέντρωση των αλάτων και πολλούς άλλους παράγοντες που έχουν να κάνουν με τις ιδιότητες του εδάφους και του νερού.

Τα άλατα του νατρίου που περιέχονται στο νερό άρδευσης ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους, εκτός από τις δυσμενείς επιπτώσεις που έχουν στα φυτά, είναι δυνατό να επηρεάσουν και τη δομή του εδάφους μειώνοντας αφενός τον αερισμό του και αφετέρου το ρυθμό με τον οποίο το νερό εισδύει και μετακινείται στο έδαφος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καθίσταται προβληματικός ο αερισμός των ριζών και ο εφοδιασμός τους με επαρκή υγρασία, επιφέροντας μείωση στην ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών.

Τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα είναι γενικά πλούσια σε νάτριο. Δεδομένου ότι η εφαρμογή τους γίνεται συχνά σε υποβαθμισμένα ποιοτικώς εδάφη, η πιθανώς υψηλή συγκέντρωσή τους σε Na πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για αρδευτικούς σκοπούς. Η περιεκτικότητα των υγρών αποβλήτων σε Na εκφράζεται με την σχέση προσρόφησης νατρίου (SAR). Αυτή αποδίδεται στη δυνατότητα του νερού να εφοδιάζει με ιόντα νατρίου την εναλλακτική φάση του εδάφους, επηρεάζοντας έτσι την ικανότητα του να διηθεί το νερό (Westcot & Ayers 1985).

---

### 3.5.3 ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

---

Η περιεκτικότητα του λύματος σε θρεπτικά στοιχεία το καθιστά μια επιπλέον πηγή λίπανσης, (εφόσον προορίζεται για άρδευση) οδηγώντας έτσι σε σημαντική μείωση των εισροών που απαιτούνται για την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας. Συνέπεια

της μείωσης αυτής είναι η συρρίκνωση του κόστους παραγωγής. Ωστόσο όταν οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων είναι μεγαλύτερες από τις ενδεδειγμένες, είναι δυνατό να προξενήσουν προβλήματα στην ανάπτυξη και την παραγωγή μιας καλλιέργειας, αφού τότε παρατηρείται τοξικότητα των στοιχείων αυτών. Τα υγρά αστικά απόβλητα από θρεπτικής άποψης περιέχουν κυρίως άζωτο, φώσφορο και σε μικρότερες ποσότητες κάλιο, ψευδάργυρο, βόριο και θείο.

Η συγκέντρωση του αζώτου στο επεξεργασμένο λύμα εξαρτάται κυρίως από την προέλευσή του, το βαθμό και το είδος της επεξεργασίας που έχει γίνει. Η άρδευση με επεξεργασμένα απόβλητα έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα τόσο στο αρχικό, όσο και στο ενδιάμεσο στάδιο ανάπτυξης της αρδευόμενης καλλιέργειας, όσον αφορά τη διάθεση αζώτου. Κατά την περίοδο της ωρίμανσης όμως αν εφαρμοστεί σε περίσσεια, παρατηρείται υποβάθμιση της ποιότητας και ραγδαία βλαστική ανάπτυξη, χαρακτηριστικά τα οποία είναι ανεπιθύμητα.

Αν και το ολικό άζωτο που περιέχεται στα υγρά απόβλητα που έχουν υποστεί κατεργασία κυμαίνεται μεταξύ 20 και 60 mg/l, τίθεται με επιφύλαξη το ερώτημα κατά πόσο είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί επεξεργασμένο λύμα για άρδευση. Ο ενδοιασμός αυτός έγκειται στον κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων υδάτων, λόγω εμπλουτισμού τους με νιτρικά, τα οποία δημιουργούνται ως μέρος του κύκλου του αζώτου και έχουν βλαβερές συνέπειες για τη δημόσια υγεία.

Συμπεριλαμβανομένου και του αζώτου, οι συγκεντρώσεις των υπόλοιπων στοιχείων που περιέχονται στα υγρά απόβλητα κυρίως μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία τους, είναι ικανές να διορθώσουν τυχόν ελλείψεις και τροφοπενίες, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στη μείωση της συμπληρωματικής λίπανσης για την κάλυψη των αναγκών των φυτών. Η συγκέντρωση του φωσφόρου κυμαίνεται από 6- 15 mg/l, του καλίου από 10- 30 mg/l, ενώ τόσο ο ψευδάργυρος όσο το βόριο και το θείο βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα (Westcot & Ayers 1985).

---

#### 3.5.4 ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

---

Κατά τη διάθεση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων προς άρδευση είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει γνώση του επιπέδου στο οποίο βρίσκεται το παθογόνο φορτίο. Αυτό περιλαμβάνει μικροοργανισμούς όπως είναι οι ιοί, τα βακτήρια (*E. Coli*, *Salmonella* κ.α.), διάφορα παράσιτα και κάποιους σκώληκες που

ενδημούν στον εντερικό σωλήνα του ανθρώπου, οι οποίοι εγκυμονούν κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Οι οργανισμοί αυτοί είναι υπεύθυνοι για το μεγαλύτερο ποσοστό των μολύνσεων του εντερικού συστήματος ανθρώπων και ζώων, καθώς επίσης και για άλλες ασθένειες.

Ένας από τους κυριότερους στόχους της επεξεργασίας των λυμάτων που θα διατεθούν για άρδευση, είναι η μείωση στο ελάχιστο του φορτίου αυτού. Το παραπάνω μέτρο λαμβάνεται λόγω της έκθεσης στους μικροοργανισμούς των αγροτών και λοιπών χρηστών, που έρχονται σε επαφή άμεσα ή έμμεσα με τα επεξεργασμένα απόβλητα.

### 3.6 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

---

Τα κυριότερα προβλήματα που απορρέουν από την εφαρμογή των επεξεργασμένων αστικών αποβλήτων στην άρδευση, έχουν να κάνουν κατά κύριο λόγο με το ΡΗ και την υψηλή συγκέντρωση ιόντων χλωρίου του αρδευτικού μέσου, καθώς επίσης και με κάποια προβλήματα στα εκάστοτε συστήματα άρδευσης που χρησιμοποιούνται, λόγω αποφράξεων.

Το αρδευτικό νερό θεωρείται κατάλληλο όταν η τιμή του ΡΗ του κυμαίνεται μεταξύ 6,5 και 8,5. Σε περίπτωση που η τιμή είναι έξω από τα όρια αυτά, το νερό θεωρείται υποβαθμισμένης ποιότητας με ενδεχόμενη την παρουσία τοξικών ιόντων. Το επεξεργασμένο λύμα όταν έχει υποστεί απολύμανση είναι δυνατό να περιέχει υψηλά επίπεδα χλωρίου. Όταν τα επίπεδα αυτά είναι μεγαλύτερα από 5 mg/l, μπορεί να προκληθούν σοβαρές ζημίες στα φυτά, ενώ σε τιμές μικρότερες του 1 mg/l η καλλιέργεια δεν επηρεάζεται (Asano, T. and Levine, A. D., 1995). Τέλος η ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών στις εξόδους των ακροφυσίων όταν πρόκειται για στάγδην άρδευση ή και στους αγωγούς του αρδευτικού συστήματος, προκαλεί εμφράξεις (Meyer 1985, Nakayama & Bucks 1985). Παρόμοιο αποτέλεσμα προκαλούν ακόμη οι μεγάλες συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών και φυκών (English, 1985) που πιθανό να περιέχονται στα υγρά απόβλητα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

---

#### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

---

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 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

---

Η χρήση επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς, αποτελεί μια ενδεδειγμένη πρακτική όσον αφορά τόσο τη διαχείριση και διάθεσή τους, όσο και την εξοικονόμηση υδατικών πόρων και καθίσταται αναγκαία σύμφωνα με τις απαιτήσεις των καιρών. Λόγω των επιβλαβών επιπτώσεων που μπορεί να έχει η χρήση τους στη γεωργία, ο τρόπος εφαρμογής των υγρών αποβλήτων στον αγρό αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία, γιατί όσο μικρότερος είναι ο βαθμός απόδοσης του συστήματος, τόσο μεγαλύτερες είναι οι πιθανότητες ρύπανσης του εδάφους και των υδατικών πηγών.

Όταν χρησιμοποιείται αστικό λύμα, καθοριστικό ρόλο για την επιλογή μεθόδου άρδευσης παίζει η δυνατότητα της μεθόδου να μειώνει στο ελάχιστο τους κινδύνους που σχετίζονται με την άμεση ή έμμεση επαφή του ανθρώπου με τα απόβλητα. Έτσι σε συνδυασμό με το είδος της καλλιέργειας, το βαθμό επεξεργασίας και την αμεσότητα της έκθεσης του ανθρώπινου παράγοντα στο λύμα, η επιλογή της κατάλληλης αρδευτικής μεθόδου αποτελεί ένα σύστημα αλληλεπίδρασης αφού κάθε παράμετρος καθορίζει τη λειτουργία των υπολοίπων. Σε περίπτωση που ο βαθμός επεξεργασίας είναι δεδομένος το εύρος επιλογής κατάλληλου συστήματος άρδευσης είναι περιορισμένο.

Ευθύς αμέσως θα γίνει παράθεση των κυριότερων μεθόδων και θα διερευνηθεί η καταλληλότητά τους όσον αφορά την προστασία της δημόσιας υγείας από την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων στην άρδευση καλλιεργειών.

---

### 4.2.1 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗ Η ΛΩΡΙΔΕΣ

---

Είναι μέθοδος κατά την εφαρμογή της οποίας υπάρχει πλήρης κάλυψη του εδάφους από το αρδευτικό νερό. Όταν το επεξεργασμένο λύμα αποτελεί το αρδευτικό μέσο, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να διαβραχεί τμήμα των φυτών όπως τα χαμηλά φύλλα και ο βλαστός με συνέπεια τη μόλυνσή τους. Με τη τεχνική αυτή αυξάνονται επίσης οι πιθανότητες επαφής των χειριστών του αρδευτικού συστήματος και σε περίπτωση που το αγροτικό προϊόν προορίζεται για νωπή κατανάλωση γίνεται επικίνδυνο και ανασφαλές.

---

#### 4.2.2 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΑΥΛΑΚΙΑ

---

Η εφαρμογή με τον τρόπο αυτόν πλεονεκτεί έναντι της προηγούμενης γιατί δεν διαβρέχεται ολόκληρη η επιφάνεια του εδάφους, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο κίνδυνος μόλυνσης της καλλιέργειας λόγω του ότι τα φυτά αναπτύσσονται στον αυχένα των αυλακιών. Αρδεύοντας με αυλάκια ο κίνδυνος μόλυνσης των παραγωγών κυμαίνεται από μέσο ως υψηλό ανάλογα με το βαθμό αυτοματισμού του συστήματος, γεγονός που αποτελεί μειονέκτημα στη χρήση της μεθόδου με επεξεργασμένα απόβλητα. Αυτό μπορεί να διορθωθεί όταν τα απόβλητα μεταφέρονται με σωλήνες και διανέμονται σε κάθε αυλάκι χωριστά (Πανώρας κ.α., 1998α, β, 1999α, β), αλλά θα έχει ως συνέπεια την αύξηση του κόστους.

---

#### 4.2.3 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΙΟΝΙΣΜΟ

---

Θεωρείται η πιο αποδοτική μέθοδος άρδευσης όταν το δίκτυο έχει σχεδιαστεί σωστά και ο βαθμός απόδοσής του είναι υψηλός. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα απόβλητα, είναι αυξημένος ο κίνδυνος μόλυνσης τόσο της καλλιέργειας όσο και των παραγωγών. Ακόμη με τον καταιονισμό οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που περιέχονται στο προς άρδευση λύμα, έχουν μεγάλες πιθανότητες να διασπαρθούν σε κοντινές κατοικημένες περιοχές με τη βοήθεια του ανέμου. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν άμεσοι κίνδυνοι για την υγεία των κατοίκων.

Τα συστήματα καταιονισμού επηρεάζονται περισσότερο σε σχέση με τα επιφανειακά από την ποιότητα του νερού. Η περιεκτικότητα του νερού σε άλατα όταν είναι μεγάλη, πράγμα το οποίο συμβαίνει όταν χρησιμοποιείται λύμα προκαλεί εμφράξεις στα ακροφύσια των εκτοξευτήρων και συσσώρευση ιζημάτων στους αγωγούς, τις βάνες και γενικότερα στο σύστημα διανομής. Επιπλέον τα επιβαρυμένα με άλατα επεξεργασμένα απόβλητα κατά τη χρήση τους είναι δυνατό να είναι υπαίτιοι ζημιών στα φύλλα και φαινομένων τοξικότητας. Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του λύματος είναι επίσης δύσκολη η επέμβαση του παραγωγού στους εκτοξευτήρες γιατί θα έρθει σε εντελώς άμεση επαφή με αυτό, γεγονός που μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του.

Σε γενικές γραμμές όμως τα υγρά απόβλητα που έχουν υποστεί δευτερογενή επεξεργασία θεωρούνται κατάλληλα για διανομή με τη μέθοδο του καταιονισμού,

αρκεί να μην έχουν υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων και το είδος της καλλιέργειας στο οποίο εφαρμόζονται να μην προορίζεται για νωπή κατανάλωση. Όσον αφορά το σύστημα άρδευσης, υιοθετούνται προληπτικά μέτρα όπως είναι η τοποθέτηση φίλτρων χαλκού ή σίτας και η αύξηση της διαμέτρου των ακροφυσίων.

---

#### 4.2.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΟΠΙΚΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ (ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ)

---

Είναι τεχνικές άρδευσης που χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος εγκατάστασης, το οποίο όμως αντισταθμίζεται λόγω της υψηλής αποδοτικότητας που έχουν στην εφαρμογή του νερού και της δυνατότητας που παρέχουν για ομοιόμορφη διανομή και εξοικονόμησή του. Με την στάγδην άρδευση δίνεται επιπλέον η δυνατότητα στον παραγωγό εφόσον το επιθυμεί να εφαρμόσει στην καλλιέργεια και δόσεις λίπανσης (υδρολίπανση).

Όσον αφορά τη χρήση επεξεργασμένων αποβλήτων για άρδευση, οι τοπικές μέθοδοι θεωρούνται ιδανικές επειδή: α) αποτελούν κλειστά συστήματα και δεν εκθέτουν σε κίνδυνο τους παραγωγούς, β) δεν προκαλούν διασπορά των παθογόνων μικροοργανισμών με τον άνεμο, γ) δεν δημιουργούν απώλειες απορροής προς γειτονικές περιοχές και δ) ελαχιστοποιούν τον κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων νερών λόγω βαθιάς διήθησης των αποβλήτων, σε αντίθεση με τις προηγούμενες μεθόδους.

Πρέπει όμως να τονιστεί ότι όταν χρησιμοποιείται λύμα που έχει υποστεί δευτεροβάθμια επεξεργασία, η ύπαρξη σε αυτό αιωρούμενων στερεών σωματιδίων καθώς και η ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών προκαλούν στο σύστημα εμφράξεις. Αυτό αντιμετωπίζεται επαρκώς με τη χρήση φίλτρων χαλκού και συχνό καθαρίσμα με άφθονο νερό (Papadopoulos & Stylianos, 1988). Μία ακόμη πρακτική για την αποφυγή των εμφράξεων είναι η έγχυση χλωρίου στο σύστημα ή η χρήση αποβλήτων που έχουν υποστεί επεξεργασία με χλώριο για την αποφυγή ανάπτυξης μικροοργανισμών και φυκών.

Τέλος επειδή η περιεκτικότητα των υγρών αποβλήτων σε ασβέστιο (Ca) είναι κατά κανόνα μεγάλη είναι αναγκαίο να υπολογίζεται ο δείκτης LSI (Nakayama & Bucks, 1985, Πανώρας κ.α., 1992). Αυτός εκφράζει τον πιθανό κίνδυνο εμφράξης των σταλακτήρων από την καθίζηση του ασβεστίου.

## 4.3 ΥΠΟΓΕΙΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ

---

### 4.3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

---

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

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

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

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

Η τεχνική αυτή έτυχε ευρείας αποδοχής ιδιαίτερα στη Μεγάλη Βρετανία και στις Η.Π.Α. όπου χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια οπωροφόρων, λαχανικών,

βαμβακιού και αμπέλου, κυρίως σε περιοχές που διαθέτουν περιορισμένο αρδευτικό νερό με μεγάλη επιτυχία. Επίσης πειράματα που έχουν γίνει σε πολλές χώρες δείχνουν την υπεροχή της υπόγειας στάγδην άρδευσης έναντι των λοιπών μεθόδων, όσον αφορά την απόδοση των καλλιεργειών, την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας και την αξιοποίηση του νερού από τα φυτά.

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

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

Σε καλλιέργεια τομάτας η εφαρμογή της τεχνικής αυτής έδειξε αύξηση του όγκου παραγωγής. Έτσι σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των παραδοσιακών καλλιεργητικών και ενεργειακών δαπανών που απορρέουν από την χρήση της υπόγειας άρδευσης, υπήρξε αύξηση του εισοδήματος σε σύγκριση με τον καταιονισμό ως αρδευτική πρακτική (Hanson et al., 2004).

Οι Zoldoske et al. (1998) 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. (1996) 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). Ακόμη σε μελέτη άρδευσης καλλιέργειας ινόδους 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).

---

#### 4.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

---

Τα συστήματα άρδευσης με σταγόνες, υπόγεια και επιφανειακά, αποτελούνται από τρία τμήματα 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. 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 l/h σε πίεση 0,2-2 Atm. Στο εμπόριο μπορεί κάποιος να συναντήσει διάφορους τύπους σταλακτών με ποικίλα χαρακτηριστικά. Οι περισσότερο διαδεδομένοι είναι οι αυτορρυθμιζόμενοι οι οποίοι είναι κατά κανόνα και αυτοκαθαριζόμενοι.

---

#### 4.3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

---

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 μέθοδος, 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 εξάτμισής 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 χωματοουργικές 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, 2004), 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 συσσώρευσή 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.

---

#### 4.3.4 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

---

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 διάδοσή 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 σταλακτήρων 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 ΓΕΝΙΚΑ

---

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε την περίοδο 2008- 2009 στο αγρόκτημα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Βόλος) στην περιοχή του Βελεστίνου, έγινε προσπάθεια της μελέτης της επίδρασης της υπόγειας στάγδην άρδευσης με επεξεργασμένα αστικά απόβλητα, όσον αφορά την ανάπτυξη και απόδοση του ετήσιου Ηλίανθου (*Helianthus Annuus*). Σκοπός επίσης της έρευνας ήταν να αξιολογηθεί η δυνατότητα εξοικονόμησης νερού από τη χρήση των υγρών αστικών αποβλήτων έναντι της χρήσης του καθαρού νερού για άρδευση.

Η περιοχή του Βελεστίνου βρίσκεται δυτικά της πόλης του Βόλου και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας του αγροκτήματος είναι 39°23' γεωγραφικό πλάτος, 22°45' γεωγραφικό μήκος, ενώ το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας αντιστοιχεί σε 70m. Το αγροτεμάχιο που παραχωρήθηκε για την πραγματοποίηση του πειράματος κάλυπτε έκταση 200m<sup>2</sup> και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, χαρακτηρίζονται ηπειρωτικές που συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Έτσι παρατηρείται ζεστό και ξηρό καλοκαίρι το οποίο εναλλάσσεται με ψυχρό και υγρό χειμώνα.

Το έδαφος της περιοχής του αγροκτήματος είναι ασβεστούχο, αργιλλοπηλώδες και καλά στραγγιζόμενο. Η υφή τέτοιων εδαφών χαρακτηρίζεται αμμοαργιλοπηλώδης έως και αργιλώδης, 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.

#### 5.2 ΧΑΡΑΞΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ

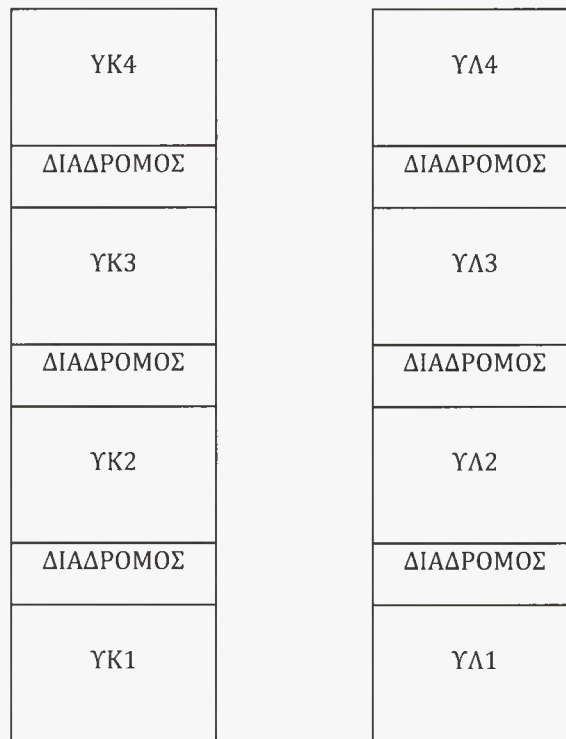
---

Για την εφαρμογή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένα πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο το οποίο περιέχονταν δύο μεταχειρίσεις σε 4 επαναλήψεις. Η

πρώτη μεταχείριση ήταν η άρδευση της προς εγκατάσταση καλλιέργειας με καθαρό νερό (ΥΚ). Η δεύτερη περιλάμβανε άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, τα οποία προέρχονταν από το Τμήμα Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων που εδρεύει στην πόλη του Βόλου (ΥΛ).

Για το σκοπό αυτό το αγροτεμάχιο υποδιαιρέθηκε σε 8 πειραματικά τεμάχια, από τα οποία τα 4 προορίστηκαν για μεταχείριση με καθαρό αρδευτικό νερό και τα υπόλοιπα 4 για μεταχείριση που περιλάμβανε άρδευση με καθαρό νερό και λύμα. Έτσι κάθε πειραματικό τεμάχιο καταλάμβανε έκταση  $20\text{m}^2$  (5m μήκος και 4m πλάτος) και καλυπτόταν από 4 σειρές φυτών. Μεταξύ των επαναλήψεων υπήρχε διάδρομος πλάτους 1m, ενώ στο μέσο και κατά μήκος του τεμαχίου παρέμενε χωρίς να σπαρθεί διάδρομος μικρότερου πλάτους (Σχήμα 1).

Λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας σε άλατα και υψηλής συγκέντρωσης χλωρίου στο λύμα, κρίθηκε σκόπιμο μετά την προγραμματισμένη άρδευση με τα υγρά απόβλητα να ακολουθήσουν δύο αρδευτικές μεταχειρίσεις με καθαρό νερό, εκπλύνοντας τα άλατα από την άρδευση με λύμα. Γενικότερα η μία μεταχείριση αρδεύτηκε μόνο με καθαρό νερό, ενώ στην άλλη το καθαρό νερό εφαρμόστηκε σε εναλλαγή με τα υγρά απόβλητα. Επιπλέον αναφέρεται ότι η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε και στις δύο περιπτώσεις, ήταν αρκετή για την κάλυψη του 100% της εξατμισοδιαπνοής όπως αυτή υπολογίστηκε με τη βοήθεια του εξατμισιμέτρου τύπου Α.



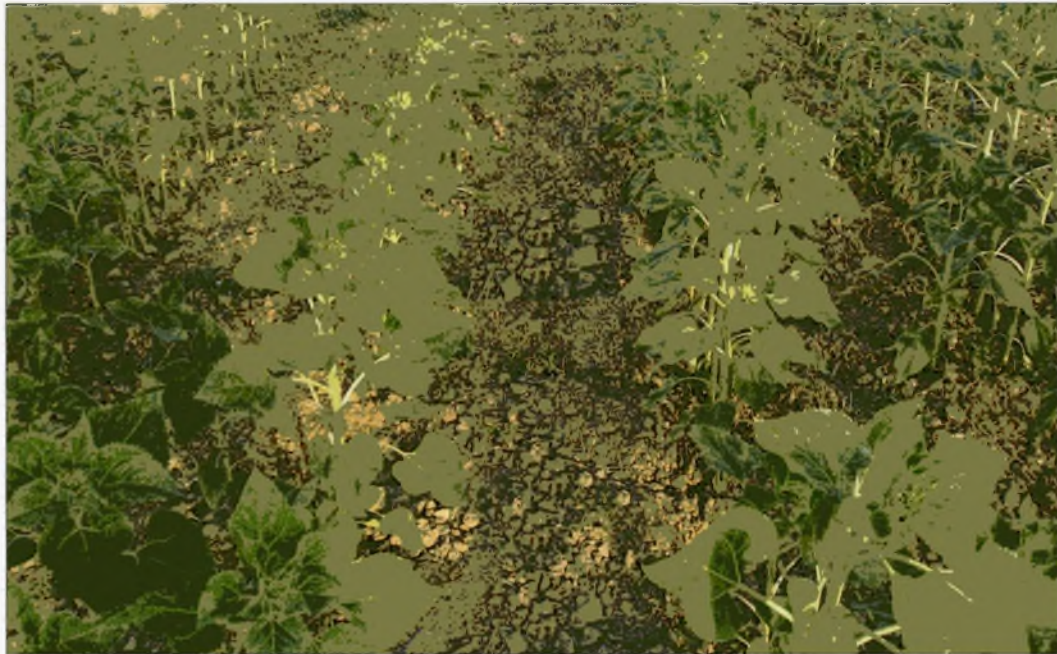
Σχήμα 1. Διάταξη πειραματικού αγροτεμαχίου σύμφωνα με τη χάραξη.

### 5.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΤΕΜΑΧΙΟ

Στο πεδίο του πειράματος πραγματοποιήθηκε προετοιμασία της σποροκλίνης, λαμβάνοντας χώρα τρεις επεμβάσεις με φρεζοσκαλιστήρι. Η πρώτη έγινε μετά τη συγκομιδή της καλλιέργειας του προηγούμενου πειράματος, η δεύτερη αρχές Μαρτίου και η τελευταία 2 ημέρες πριν τη σπορά.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 14 Μαΐου 2009. Χρησιμοποιώντας σκαλιστήρι ανοίχθηκαν συνολικά 8 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 έγινε αραίωση επί των γραμμών, ώστε τα φυτά να έχουν αποστάσεις μεταξύ τους 10-15cm.

Το φύτεμα της καλλιέργειας έγινε γύρω στις 25 Μαΐου και παρουσίασε περίπου 95% επιτυχία (Εικόνα 2), ενώ κατά τη διάρκεια του πειράματος έγιναν όλες οι απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες που χρειάστηκαν για να αναπτυχθεί η καλλιέργεια.



ΕΙΚΟΝΑ 2. ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ

#### 5.4 ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟΥ

Λόγω της φύσης του πειράματος το οποίο περιλάμβανε μεταχειρίσεις με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα, ως καταλληλότερη αρδευτική μέθοδος επιλέχθηκε η υπόγεια στάγδην άρδευση.

Στο πειραματικό αγροτεμάχιο είχε ήδη εγκατασταθεί από το 2005 διπλό σύστημα υπόγειας στάγδην άρδευσης, το οποίο είναι τοποθετημένο σε βάθος 45cm με τη βοήθεια υπεδαφοθέτη. Να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο αγροτεμάχιο, προορίζεται για τη διεξαγωγή πειραμάτων που σχετίζονται με τη χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην άρδευση διαφόρων καλλιεργειών. Έτσι με την ύπαρξη του διπλού αυτού δικτύου εξασφαλίζονται τόσο οι εφαρμογές καθαρού νερού, όσο και αυτές με επεξεργασμένα απόβλητα.

Το δίκτυο μεταφοράς αρδευτικού νερού του συστήματος αποτελείται από



αγωγούς, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο και έχουν εσωτερική διατομή 32mm, ενώ η πίεση λειτουργίας τους αντιστοιχεί σε 6Atm. Οι αγωγοί εφαρμογής (μήκους 25m) από την άλλη πλευρά είναι επίσης κατασκευασμένοι από το ίδιο υλικό, με μόνη διαφορά ότι είναι μικρότερης διατομής (20mm). Η απόσταση μεταξύ των αγωγών εφαρμογής είναι 0,80m και κατά την εγκατάσταση του συστήματος, η τοποθέτησή τους έγινε σειρά παρά σειρά μεταξύ των γραμμών των φυτών. Επίσης, στους αγωγούς εφαρμογής ανά 0,6m είναι τοποθετημένοι αυτορρυθμιζόμενοι και αυτοκαθαριζόμενοι σταλακτήρες, οι οποίοι έχουν παροχή ίση με 3,6 lt/h, σε πίεση λειτουργίας 3,5Atm και ωριαίο ύψος διαβροχής 3,75mm/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 υπόγειας 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 ηλεκτροβάνα ποικίλει από 1 λεπτό έως 9 ώρες και 59 λεπτά.

Για τη μεταχείριση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, το λύμα παραλαμβάνονταν μία φορά την εβδομάδα από δεξαμενή της Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β. και τοποθετούνταν σε δεξαμενή χωρητικότητας 5m<sup>3</sup>, η οποία βρίσκεται στο χώρο του αγροκτήματος πλησίον του πειραματικού τεμαχίου. Η δεξαμενή αυτή είναι κατασκευασμένη από πολυαιθυλένιο και συνδέεται με αντλία κλειστού τύπου και ισχύος 3 Hp, για τη διοχέτευση του λύματος στην κεντρική ηλεκτροβάνα και περαιτέρω διανομή του στα υπόγεια δίκτυα μεταφοράς και διανομής. Τέλος η λήψη του απαιτούμενου καθαρού νερού για τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις γινόταν από τσιμεντένια δεξαμενή όγκου 50m<sup>3</sup>, η πλήρωση της οποίας πραγματοποιούνταν από γεώτρηση εντός του αγροκτήματος.

Πρέπει ακόμη να αναφερθεί ότι οι μεταχειρίσεις στην καλλιέργεια του ηλίανθου με τα συστήματα υπόγειας άρδευσης ξεκίνησαν στις 27 Ιουνίου 2009 και περατώθηκαν στις 20 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. Επιπλέον από τις 23/07/2009 και μέχρι τις 18/09/2009 μια φορά την εβδομάδα κατά μέσο όρο γινόταν εφαρμογή επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην αντίστοιχη μεταχείριση.

## 5.5 ΌΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

### 5.5.1 ΕΞΑΤΜΙΣΙΜΕΤΡΟ ΤΥΠΟΥ Α

Η χρήση του συνίσταται για τον προσδιορισμό της ημερήσιας εξατμισοδιαπνοής ( $ET_o$ ), 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 εξατμισίμετρο τύπου Α αποτελείται από ένα μεταλλικό πλέγμα και μία μεταλλική κυλινδρική λεκάνη, η οποία είναι κατασκευασμένη από γαλβανισμένο χάλυβα. Οι διαστάσεις της είναι 121cm η διάμετρος και 25,4cm 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 Α 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 5cm κάτω από το χείλος της. Απαραίτητη προϋπόθεση για την άρτια λειτουργία του οργάνου είναι, η στάθμη του νερού μέσα στη λεκάνη να μην πέσει ποτέ κάτω από το επίπεδο των 7,5cm από το χείλος της λεκάνης. Επίσης είναι αναγκαίο το νερό του εξατμισιμέτρου να ανανεώνεται συχνά για να μην θολώσει και μια φορά το χρόνο η λεκάνη να συντηρείται επικαλύπτοντας τη με χρώμα αλουμινίου, για την αποφυγή της ανάπτυξης μυκήτων και αλγών.

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

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

όπου:  $ET_o$  σε mm/ημέρα.

$ET_{pan}$  σε mm/ημέρα.

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

---

#### 5.5.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

---

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 Η/Υ για αυτόματη ανάλυση.

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

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

Από τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας που πραγματοποιήθηκε στο πειραματικό αγροτεμάχιο, διαπιστώθηκε η καλή ύγρανση του ριζοστρώματος και στις δύο 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.

---

### 5.5.3 ΣΥΣΚΕΥΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (LAI)

---

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας εκφράζει την ανάπτυξη μιας καλλιέργειας, πράγμα το οποίο έγκειται στο γεγονός ότι ο προσδιορισμός του ποσοστού αφομοίωσης νερού και θρεπτικών στοιχείων σε ένα φύλλο απαιτεί την ακριβή μέτρηση της επιφάνειάς του. Η μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας γίνεται με τη χρήση ενός οργάνου του οποίου η εμπορική ονομασία είναι LI-COR.

Η λειτουργία του οργάνου αυτού συνίσταται στη διοχέτευση ακτινοβολίας στην επιφάνεια του φύλλου, μέσω ενός οπτικού αισθητήρα ο οποίος έχει πεδίο δράσης 148°. Η χρήση του LI-COR παρέχει τη δυνατότητα της αυτόματης καταγραφής και

αποθήκευσης των δεδομένων στη μονάδα ελέγχου, συμβάλλοντας στην ευκολότερη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων. Με την τεχνική αυτή ο ενδιαφερόμενος έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να κάνει γρήγορες μετρήσεις του δείκτη, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος καταστροφής του φύλλου.

## 5.6 ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

---

Στις 23 Ιουλίου πραγματοποιήθηκε η πρώτη άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα στη μεταχείριση, η οποία ήταν προορισμένη να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό. Στο σύνολο του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 9 εφαρμογές, με την τελευταία να λαμβάνει χώρα στις 18 Σεπτεμβρίου. Η προέλευση των αποβλήτων ήταν από τη μονάδα βιολογικού καθαρισμού της πόλης του Βόλου, η οποία ιδρύθηκε το 1979 και εξυπηρετεί την ευρύτερη περιοχή. Η μονάδα επεξεργάζεται μεγάλο όγκο λυμάτων κάθε χρόνο και διαθέτει εκτός των άλλων υποδομή για τριτοβάθμια επεξεργασία, ενώ δεν πραγματοποιεί απολύμανσή τους.

## 5.7 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

---

### 5.7.1 ΎΨΟΣ ΦΥΤΩΝ

---

Για την παρατήρηση του ρυθμού αύξησης του ηλίανθου, έγινε μέτρηση του ύψους των φυτών και των δύο μεταχειρίσεων. Σε καθένα από τα 8 πειραματικά τεμάχια επιλέχθηκαν τυχαία 10 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 40 φυτών από τα επιμέρους πειραματικά τεμάχια. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 9 μετρήσεις με την έναρξη να γίνεται στις 24/05/2009, ενώ η τελευταία μέτρηση έλαβε χώρα στις 20/09/2009. Το διάστημα που μεσολαβούσε μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων, είχε μέση διάρκεια περίπου 15 ημέρες, ενώ το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις ήταν ένα μέτρο.

---

### 5.7.2 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΕΦΑΛΗΣ

---

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 40 μετρήσεων.

---

### 5.7.3 ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ

---

Παράλληλα με τις προηγούμενες μετρήσεις πραγματοποιήθηκε μέτρηση του αριθμού των φύλλων των επισημασμένων φυτών σε κάθε πειραματικό τεμάχιο και των δύο μεταχειρίσεων. Το σύνολο των μετρήσεων και για τις δύο μεταχειρίσεις κάθε φορά ήταν 80, με τον αριθμό αυτό να αντιστοιχεί στη μεταχείριση με λύμα (ΥΛ) και καθαρό νερό (ΥΚ) αντίστοιχα σε δύο ίσα ποσά.

---

### 5.7.4 ΧΛΩΡΗ ΚΑΙ ΞΗΡΗ ΒΙΟΜΑΖΑ

---

Η παραγωγή τόσο σε χλωρή όσο και ξηρή βιομάζα εκφράζουν την παραγωγικότητα, η οποία αποτελεί σημαντική παράμετρο για την επιλογή μιας καλλιέργειας από τον παραγωγό. Για τον προσδιορισμό της βιομάζας η δειγματοληψία γινόταν με κοπή των φυτών σε ύψος λίγο πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Εκτός των άλλων η διαδικασία περιελάμβανε ζύγιση των φύλλων και του στελέχους με ζυγαριά ακριβείας (χλωρή βιομάζα), την ξήρανσή τους σε ειδικό χώρο και ζύγισή τους με την ίδια ζυγαριά για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους.

Για τη μέτρηση αυτή επιλέχθηκαν άλλα φυτά και όχι τα επισημασμένα που χρησιμοποιήθηκαν στις άλλες μετρήσεις, λόγω της καταστροφικής διεργασίας που έπρεπε να υποστούν τα δείγματα. Παράλληλα ο αριθμός των δειγμάτων από κάθε πειραματικό τεμάχιο μειώθηκε στα 5, με αποτέλεσμα μετά από κάθε κοπή να υπάρχουν 20 διαφορετικές μετρήσεις για κάθε μεταχείριση. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 4 κοπές, 50, 80, 110 και 129 ημέρες μετά τη σπορά.

---

### 5.7.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

---

Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το

στατιστικό πακέτο MINITAB 15, με τη βοήθεια του οποίου έγινε στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων. Επειδή έπρεπε να γίνει σύγκριση μεταξύ δύο μεταβλητών (άρδευση με καθαρό νερό και άρδευση με λύμα) ενός παράγοντα (καλλιέργεια ηλίανθου), από τις λειτουργίες του στατιστικού πακέτου χρησιμοποιήθηκε μόνο αυτή του t- test.

Έτσι έγινε σύγκριση των μέσων όρων των αποτελεσμάτων που πάρθηκαν από τις μετρήσεις του ύψους, του αριθμού των φύλλων, της διαμέτρου των ανθέων του ηλίανθου, του δείκτη φυλλικής επιφάνειας, καθώς επίσης και της χλωρής και ξηρής βιομάζας που παράχθηκε. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε τόσο ανά ημερομηνία μέτρησης, όσο και στο σύνολο των μετρήσεων.



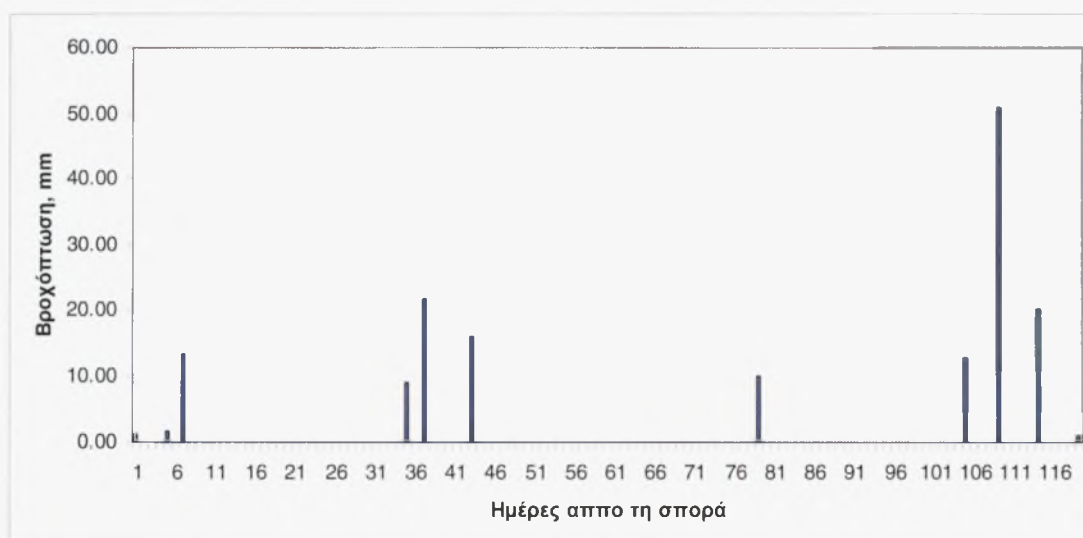
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 6.1 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Κατά τη διάρκεια του πειράματος και για την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου, σημειώθηκαν συνολικά 11 βροχοπτώσεις (Διάγραμμα 6.1), ενώ η καλλιέργεια δέχθηκε από αυτές ποσότητα νερού ίση με 154,04mm. Από την ημερομηνία σποράς μέχρι και την έναρξη της υπόγειας στάγδην άρδευσης, το σύνολο των βροχοπτώσεων που δέχθηκε η καλλιέργεια ήταν 13,04mm, ενώ μέχρι τη λήξη των αρδεύσεων η συνολική βροχόπτωση ήταν 141mm.

Την περίοδο Ιουνίου μέχρι και το Σεπτέμβριο (20/09/2009) από τις 8 βροχοπτώσεις που συνέβησαν, οι 6 είχαν ύψος πάνω από 10mm με το μεγαλύτερης έντασης επεισόδιο να σημειώνεται περί το πρώτο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου (50,8mm). Παρόλο που κατά την αρδευτική περίοδο η καλλιέργεια δέχθηκε μεγάλη ποσότητα βρόχινου νερού, αυτό δεν ήταν επαρκές για την κάλυψη των υδατικών αναγκών των φυτών. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει τη σημασία της άρδευσης στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα μιας καλλιέργειας και ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή όπου η απόδοση είναι το ζητούμενο.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.1 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.

Οι μέσες θερμοκρασίες για την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου όπου διεξάχθηκε το πείραμα κυμάνθηκαν σε ικανοποιητικά επίπεδα, αφού σύμφωνα με τα δεδομένα δεν ξεπέρασαν τους 25°C εκτός του Ιουλίου (26,21 °C). Παρόλα αυτά η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας του ηλίανθου υπήρξε έντονη αν ληφθεί υπόψη ότι την περίοδο αυτή οι μέσες θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλότερες, αφού η μέση σχετική υγρασία ιδιαίτερα την περίοδο Ιουνίου-Αυγούστου κυμάνθηκε μεταξύ 50 και 55%.

## 6.2 ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

---

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 ΔΕΙΚΤΗΣ ΦΥΛΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (LAI)

---

Οι μετρήσεις του δείκτη πραγματοποιήθηκαν τις ίδιες ημερομηνίες που γινόταν και η εφαρμογή των επεξεργασμένων υγρών λυμάτων στην άρδευση της μεταχείρισης. Έτσι έγιναν συνολικά 9 μετρήσεις με πρώτη στις 09/07/2009 και την τελευταία να λαμβάνει χώρα στις 18/09/2009. Στο σύνολο των μετρήσεων που έγιναν τόσο στη μεταχείριση «ΚΑΘΑΡΟ ΝΕΡΟ» όσο και στη μεταχείριση «ΛΥΜΑ», δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Η ίδια παρατήρηση σημειώθηκε επίσης και κατά τη σύγκριση των δύο μεταχειρίσεων στις αντίστοιχες ημερομηνίες που πάρθηκαν οι μετρήσεις.

Η μέγιστη φυλλική επιφάνεια για τη μεταχείριση του λύματος παρατηρείται στην 4<sup>η</sup> μέτρηση (06/08), ενώ στο καθαρό νερό στην 3<sup>η</sup> (23/07). Η πτώση στην τιμή του δείκτη και στις δύο μεταχειρίσεις κατά την 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> μέτρηση οφείλεται στο

συνδυασμό των σχετικά υψηλών θερμοκρασιών και της χαμηλής σχετικής υγρασίας που επικρατούσαν την περίοδο εκείνη. Από την 6<sup>η</sup> μέτρηση (22/08) και μετά οι τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας φθίνουν ως συνέπεια της ολοκλήρωσης της ανάπτυξης των φυτών και της ωρίμανσης της καλλιέργειας.

## 6.4 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

---

Κατά τη διάρκεια του πειράματος χορηγήθηκε και στις δύο μεταχειρίσεις ποσότητα νερού ίση με 635,17mm. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στο 100% των καθαρών αναγκών της καλλιέργειας του ηλιάνθου σε νερό όπως αυτές υπολογίστηκαν με βάση την ημερήσια εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας. Από τα 635,17mm τα 585,17mm χορηγήθηκαν με τη μέθοδο της υπόγειας στάγδην άρδευσης και τα υπόλοιπα 50mm διατέθηκαν στην καλλιέργεια μέσω συστήματος καταιονισμού για το φύτρωμα της καλλιέργειας.

Αφαιρώντας από τη συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε την ποσότητα των επεξεργασμένων λυμάτων που διοχετεύτηκαν προκύπτει η ποσότητα του καθαρού νερού που εφαρμόστηκε, η οποία είναι ίση με 504,49mm.

## 6.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ

---

### 6.5.1 ΎψΟΣ ΦΥΤΩΝ

---

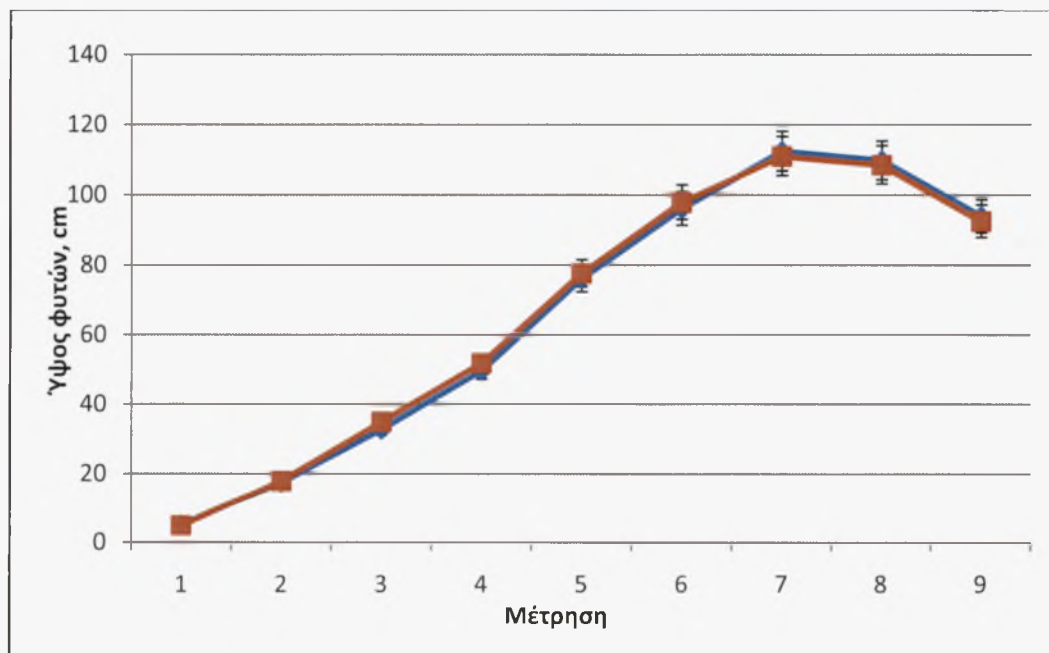
Οι μετρήσεις του ύψους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ήταν συνολικά 9 και πραγματοποιήθηκαν το διάστημα 24/05/2009 μέχρι και τις 20/09/2009. Η ανάπτυξη των φυτών υπήρξε παρόμοια τόσο στη μεταχείριση με το καθαρό νερό, όσο και σε αυτή με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα.

Παρατηρείται ότι και στις δύο μεταχειρίσεις το μέσο ύψος λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του κατά την 7<sup>η</sup> (21/08) μέτρηση, η οποία για τη μεταχείριση του καθαρού νερού είναι 112,4cm, ενώ για τη μεταχείριση με το επεξεργασμένο λύμα αντιστοιχεί σε 110,7cm. Ακόμη φαίνεται ότι η μεταβολή του ύψους και των δύο μεταχειρίσεων είναι παρόμοια, με αυτή των επεξεργασμένων αποβλήτων να υπερτερεί ελαφρώς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στη μεταχείριση με τα αστικά απόβλητα τα φυτά αξιοποίησαν τις ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και των άλλων ιχνοστοιχείων που περιείχονταν στο λύμα μετά την επεξεργασία του. Οι ποσότητες αυτές προστέθηκαν

επιπλέον στις ήδη υπάρχουσες στο έδαφος, με αποτέλεσμα τα φυτά της μεταχείρισης αυτής να αφομοιώσουν μεγαλύτερα ποσά θρεπτικών στοιχείων.

Τέλος μετά τη επίτευξη της μέγιστης τιμής στο μέσο ύψος παρατηρείται ότι στις επόμενες δύο μετρήσεις τα φυτά της μεταχείρισης με το επεξεργασμένο λύμα μειονεκτούν έναντι αυτών της μεταχείρισης του καθαρού νερού. Μία πιθανή εξήγηση είναι ότι το λύμα που εφαρμόστηκε είχε μεγάλη περιεκτικότητα σε ιόντα χλωρίου, τα οποία πάνω από κάποιες συγκεντρώσεις θεωρείται ότι είναι τοξικά για τα φυτά.

Τόσο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων όσο και συνολικά το μέσο ύψος των φυτών και στις δύο μεταχειρίσεις δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο 0,05 επίπεδο σημαντικότητας. Ο συνολικός μέσος όρος ήταν για το καθαρό νερό 65,83cm και για τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα 66,23cm, ενώ η τυπική απόκλιση ήταν 40,704 και 40,036 αντίστοιχα. Οι μέσοι όροι καθώς επίσης και οι τυπικές αποκλίσεις για κάθε μέτρηση χωριστά παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 2).



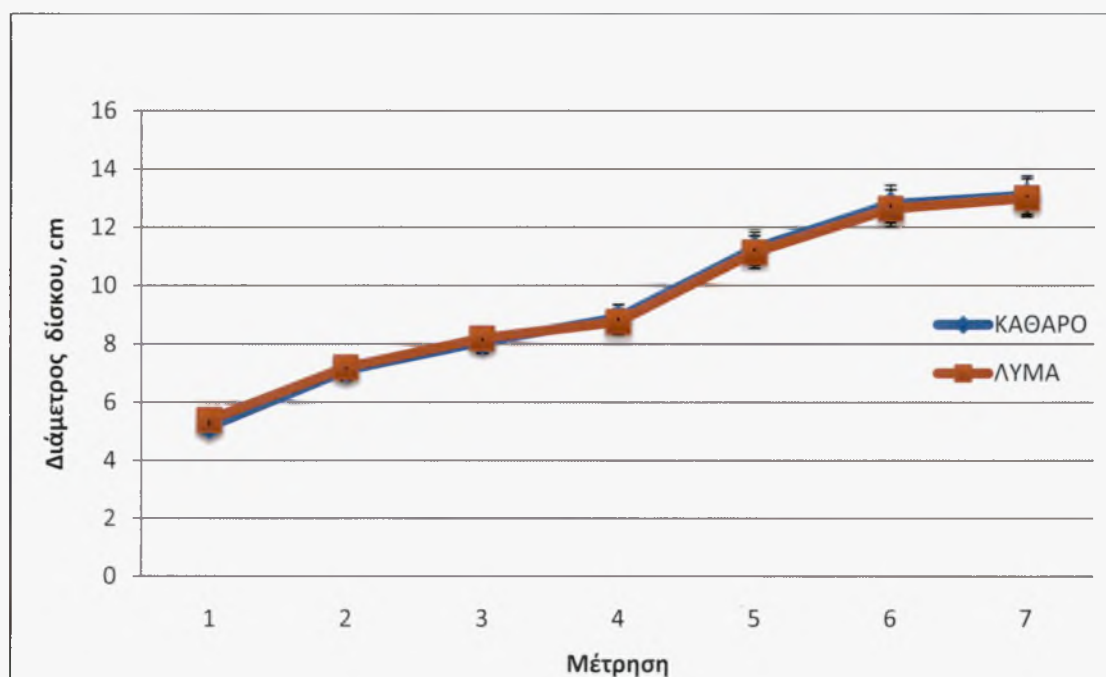
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.5.1 ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΤΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 Μέσος όρος και τυπική απόκλιση για το μέσο ύψος των φυτών κάθε μέτρησης.

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά	Μεταχειρίσεις	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
24/05/2009	10	ΚΑΘΑΡΟ	5,1	2,76
		ΛΥΜΑ	4,9	2,52
07/06/2009	24	ΚΑΘΑΡΟ	17,5	9,36
		ΛΥΜΑ	17,9	7,57
22/06/2009	39	ΚΑΘΑΡΟ	32,7	10,32
		ΛΥΜΑ	34,9	9,47
07/07/2009	54	ΚΑΘΑΡΟ	49,6	11,23
		ΛΥΜΑ	51,8	11,87
22/07/2009	69	ΚΑΘΑΡΟ	76,1	13,69
		ΛΥΜΑ	77,6	12,79
06/08/2009	84	ΚΑΘΑΡΟ	95,4	10,68
		ΛΥΜΑ	97,9	11,16
21/08/2009	99	ΚΑΘΑΡΟ	112,4	9,45
		ΛΥΜΑ	110,7	8,67
05/09/2009	114	ΚΑΘΑΡΟ	109,8	7,89
		ΛΥΜΑ	107,9	8,06
20/09/2009	129	ΚΑΘΑΡΟ	93,9	8,94
		ΛΥΜΑ	92,5	9,23

### 6.5.2 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΙΣΚΩΝ

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 6 μετρήσεις, αρχής γενομένης στις 22/06/2009 έως και τις 20/09/2009. Σημειωτέον ότι και για αυτή την παράμετρο οι μετρήσεις έγιναν τις ίδιες ημερομηνίες με αυτές του ύψους των φυτών. Τόσο στη μεταχείριση με καθαρό νερό όσο και σε αυτή όπου εφαρμόστηκαν τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα, η διάμετρος των δίσκων δεν παρουσίασε στατιστικές σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας (0,05), ενώ φαίνεται ότι οι δίσκοι αναπτύχθηκαν το ίδιο καλά και στις δύο μεταχειρίσεις (Διάγραμμα 6.5.2).



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.5.2 Διάμετρος των δίσκων της καλλιέργειας ηλιάνθου κατά την περίοδο 22/06/2009 έως 20/09/2009 για τις δύο μεταχειρίσεις.

Από το σχήμα παρατηρείται ομοιόμορφη ανάπτυξη των δίσκων, με αυτή της μεταχείρισης των υγρών αποβλήτων να υπερτερεί αρχικά, ενώ σε βάθος χρόνου εξισορροπείται από τη μεταχείριση με καθαρό νερό, τα φυτά της οποίας στις τελευταίες μετρήσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάμετρο. Οι διακυμάνσεις αυτές

μεταξύ των μεταχειρίσεων οφείλονται κατά πάσα πιθανότητα στους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν και για το ύψος των φυτών.

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις στο σύνολο των μετρήσεων στις δύο μεταχειρίσεις ήταν 9,47cm και 3,007 για τη μεταχείριση με καθαρό νερό, ενώ για τη μεταχείριση με λύμα ήταν αντίστοιχα 9,34cm και 2,724. Για κάθε μέτρηση οι αντίστοιχες τιμές αναρτώνται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3).

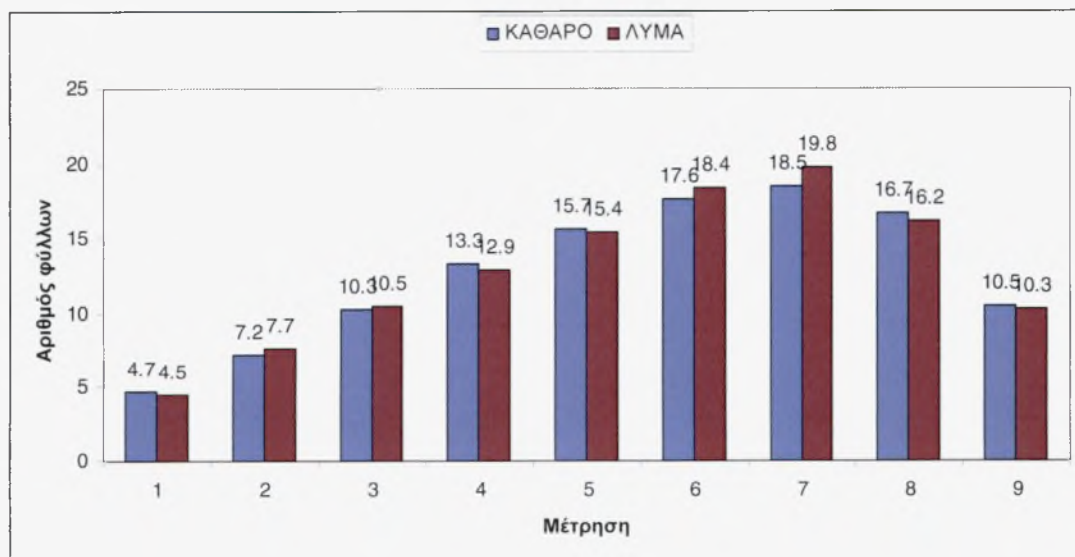
**ΠΙΝΑΚΑΣ 3** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των μετρήσεων της διαμέτρου των δίσκων στην καλλιέργεια ηλιάνθου.

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά	Μεταχειρίσεις	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
22/06/2009	39	ΚΑΘΑΡΟ	5,2	0,94
		ΛΥΜΑ	5,4	1,13
07/07/2009	54	ΚΑΘΑΡΟ	7,1	2,51
		ΛΥΜΑ	7,2	3,12
22/07/2009	69	ΚΑΘΑΡΟ	7,9	2,67
		ΛΥΜΑ	8,2	2,97
06/08/2009	84	ΚΑΘΑΡΟ	8,9	3,15
		ΛΥΜΑ	8,7	3,02
21/08/2009	99	ΚΑΘΑΡΟ	11,3	4,68
		ΛΥΜΑ	10,9	4,97
05/09/2009	114	ΚΑΘΑΡΟ	12,8	5,13
		ΛΥΜΑ	12,1	4,86
20/09/2009	129	ΚΑΘΑΡΟ	13,1	5,46
		ΛΥΜΑ	12,9	5,37

### 6.5.3 ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΩΝ

Για τη συγκέντρωση των πληροφοριών σχετικά με τον αριθμό των φύλλων στα φυτά και των δύο μεταχειρίσεων διεξάχθηκαν συνολικά 9 μετρήσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν ταυτόχρονα με τη μέτρηση του ύψους των φυτών. Έτσι η πρώτη μέτρηση έλαβε χώρα στις 24/05/2009 και η τελευταία στις 20/09/2009.

Ο αριθμός των φύλλων της καλλιέργειας αρχικά αυξάνεται, ενώ με την πάροδο του χρόνου και με την ολοκλήρωση της ανάπτυξης των φυτών σταδιακά μειώνεται (Διάγραμμα 6.5.3). Τα φύλλα στο τελικό στάδιο ανάπτυξης μαραίνονται και η ζώνη αποκοπής που δημιουργείται διευκολύνει την πτώση τους με τη βοήθεια του ανέμου και των βροχοπτώσεων που σημειώθηκαν κατά το Σεπτέμβριο και είχαν μεγάλη ένταση. Η μείωση του αριθμού των φύλλων προς το τέλος της πειραματικής εφαρμογής συμβαδίζει επίσης με τη μείωση που παρατηρήθηκε την περίοδο εκείνη στις τιμές του Δείκτη Φυλλικής Επιφάνειας.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.5.3 Μέσος όρος αριθμού φύλλων των δύο μεταχειρίσεων για κάθε ημερομηνία μέτρησης.

Κατά τη σύγκριση των επιμέρους καθώς επίσης και των συνολικών μέσων όρων των δύο μεταχειρίσεων δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά σε



επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις μεταχειρίσεις στο σύνολο του πειράματος ήταν 12,72 και 4,846 για το καθαρό νερό, ενώ 12,85 και 5,063 για τη μεταχείριση με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα. Όσον αφορά τις επιμέρους μετρήσεις τα στοιχεία για τις ίδιες παραμέτρους των πληθυσμών δίνονται στον Πίνακα 4.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4** Μέσος όρος και τυπική απόκλιση των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης.

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά	Μεταχειρίσεις	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
24/05/2009	10	ΚΑΘΑΡΟ	4,7	1,08
		ΛΥΜΑ	4,5	1,38
07/06/2009	24	ΚΑΘΑΡΟ	7,2	2,84
		ΛΥΜΑ	7,7	3,01
22/06/2009	39	ΚΑΘΑΡΟ	10,3	4,21
		ΛΥΜΑ	10,5	4,67
07/07/2009	54	ΚΑΘΑΡΟ	13,3	5,88
		ΛΥΜΑ	12,9	5,34
22/07/2009	69	ΚΑΘΑΡΟ	15,7	4,76
		ΛΥΜΑ	15,4	4,42
06/08/2009	84	ΚΑΘΑΡΟ	17,6	5,12
		ΛΥΜΑ	18,4	6,21
21/08/2009	99	ΚΑΘΑΡΟ	18,5	5,96
		ΛΥΜΑ	19,8	6,45
05/09/2009	114	ΚΑΘΑΡΟ	16,7	5,37
		ΛΥΜΑ	16,2	5,08
20/09/2009	129	ΚΑΘΑΡΟ	10,5	4,19

		ΛΥΜΑ	10,3	3,98
--	--	------	------	------

#### 6.5.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΗΣ ΚΑΙ ΞΗΡΗΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ

Συνολικά για τον προσδιορισμό της χλωρής και ξηρής βιομάζας έγιναν 4 κοπές στις 03/07, 02/08, 01/09 και στις 20/09 ημερομηνία όπου ολοκληρώθηκε το πείραμα. Από τις μετρήσεις που λήφθηκαν και από τις δύο μεταχειρίσεις, παρατηρήθηκαν μέγιστες τιμές τόσο στον προσδιορισμό της χλωρής όσο και της ξηρής βιομάζας προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και στη συνέχεια διαπιστώθηκε μείωση και στις δύο μορφές βιομάζας στην τελευταία μέτρηση.

Στην πρώτη κοπή παρατηρείται ότι οι τιμές που αντιστοιχούν στη μεταχείριση με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα και για τις δύο μορφές βιομάζας, είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες της μεταχείρισης του καθαρού νερού. Το γεγονός αυτό αντισταθμίζεται στις υπόλοιπες τρεις κοπές όπου οι τιμές της μεταχείρισης του καθαρού νερού είναι μεγαλύτερες από αυτές του λύματος.

Η μέγιστη τιμή και για τις δύο μεταχειρίσεις όσον αφορά την παραγωγή χλωρής βιομάζας λαμβάνει χώρα μετά την τρίτη κοπή. Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει και για την ξηρή βιομάζα. Έτσι η μέγιστη απόδοση σε χλωρή και ξηρή βιομάζα για τη μεταχείριση του καθαρού νερού ήταν 4,786 t/στρ. και 1,358 t/στρ. αντίστοιχα, ενώ για τη μεταχείριση με επεξεργασμένο λύμα 4,498 t/στρ. και 1,283 t/στρ.. Στην τελευταία κοπή παρατηρείται μείωση όσον αφορά την παραγωγή της καλλιέργειας σε βιομάζα. Αυτό κατά κύριο λόγο αποδίδεται στη γήρανση των φύλλων που επέρχεται φυσιολογικά και στις απώλειες λόγω αναπνοής, οι οποίες δεν αναπληρώνονται με τη φωτοσύνθεση.

**Πίνακας 5.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις στην παραγωγή χλωρής βιομάζας των δύο μεταχειρίσεων.

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά	Μεταχειρίσεις	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
03/07/2009	50	ΚΑΘΑΡΟ	0,1772	0,13
		ΛΥΜΑ	0,1967	0,14
02/08/2009	80	ΚΑΘΑΡΟ	0,3722	0,19
		ΛΥΜΑ	0,3583	0,17
01/09/2009	110	ΚΑΘΑΡΟ	0,4786	0,31
		ΛΥΜΑ	0,4498	0,28
20/09/2009	129	ΚΑΘΑΡΟ	0,4431	0,24
		ΛΥΜΑ	0,4123	0,21

**Πίνακας 6.** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις στην παραγωγή ξηρής βιομάζας των δύο μεταχειρίσεων.

Ημερομηνία	Ημέρες από τη σπορά	Μεταχειρίσεις	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
03/07/2009	50	ΚΑΘΑΡΟ	0,0513	0,041
		ΛΥΜΑ	0,0576	0,038
02/08/2009	80	ΚΑΘΑΡΟ	0,1059	0,053
		ΛΥΜΑ	0,0987	0,056
01/09/2009	110	ΚΑΘΑΡΟ	0,1358	0,051
		ΛΥΜΑ	0,1283	0,047
20/09/2009	129	ΚΑΘΑΡΟ	0,1257	0,037
		ΛΥΜΑ	0,1198	0,040

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

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

1. Η καλλιέργεια του ηλίανθου η οποία αποτελεί ένα από τα ενεργειακά φυτά, μπορεί να αναπτυχθεί και να δώσει ικανοποιητικές παραγωγές ακόμη και σε περιοχές που επικρατούν δυσμενείς ξερικές συνθήκες και οι βροχοπτώσεις είναι περιορισμένες.
2. Με τη χρήση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων στην άρδευση των ενεργειακών κυρίως καλλιεργειών γίνεται εξοικονόμηση νερού, επιτυγχάνεται η σωστότερη διαχείριση, ενώ ταυτόχρονα λύνεται σε μεγάλο βαθμό το πρόβλημα που αφορά στη διάθεσή τους. Η εφαρμογή της πρακτικής αυτής είναι πολύ αποτελεσματική ιδιαίτερα σε περιοχές που έχουν περιορισμένους υδατικούς πόρους, ενώ όπως φάνηκε και στον ηλίανθο, δεν επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη και την παραγωγή των καλλιεργειών που αρδεύονται με αυτά. Έτσι η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για αρδευτικούς σκοπούς καθίσταται αναγκαίο και πρέπει να αποτελέσει κοινή πολιτική όλων των χωρών, ενόψει των δραματικών εξελίξεων που αφορούν τη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων.
3. Όταν τα υγρά απόβλητα πρόκειται να διατεθούν για άρδευση καλλιεργειών η καταλληλότερη μέθοδος άρδευσης και η πιο επιβεβλημένη, είναι αυτή της υπόγειας στάγδην άρδευσης. Με τη μέθοδο αυτή δεν τίθεται κάποιο όριο όσον αφορά τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων, επειδή λόγω της φύσης της δεν υπάρχει άμεση επαφή του κοινού και των εργαζομένων με αυτά, διασφαλίζοντας έτσι στο μέγιστο τη δημόσια υγεία.

4. Κατά τη διάρκεια του πειράματος και βάση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι η μεταχείριση του ηλίανθου με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα έδωσε παρόμοια αποτελέσματα με αυτή του καθαρού νερού. Στις παραμέτρους που συγκρίθηκαν δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά, γεγονός που δείχνει ότι η χρήση των αστικών λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς μπορεί να συμβάλλει στην εξοικονόμηση καθαρού νερού, αφού τόσο η ανάπτυξη όσο και η παραγωγή της καλλιέργειας κατά την εφαρμογή τους κινείται σε ικανοποιητικά επίπεδα.
5. Λόγω της περιεκτικότητας των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε θρεπτικά στοιχεία όπως άζωτο και φώσφορο, δεν χρειάστηκε να εφαρμοστεί λιπαντική αγωγή κατά τη διάρκεια του πειράματος. Αυτό δίνει στον παραγωγό ένα ακόμη κίνητρο να χρησιμοποιήσει υγρό λύμα ως εναλλακτική πηγή αρδευτικού νερού, γιατί μειώνεται το κόστος των εισροών (λίπανση) με συνέπεια να αυξηθεί το εισόδημά του.
6. Τόσο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων όσο και συνολικά το μέσο ύψος των φυτών και στις δύο μεταχειρίσεις δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο 0,05 επίπεδο σημαντικότητας.
7. Παρατηρείται ομοιόμορφη ανάπτυξη των δίσκων, με αυτή της μεταχείρισης των υγρών αποβλήτων να υπερτερεί αρχικά, ενώ σε βάθος χρόνου εξισορροπείται από τη μεταχείριση με καθαρό νερό, τα φυτά της οποίας στις τελευταίες μετρήσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάμετρο.
8. Τέλος στην πρώτη κοπή παρατηρείται ότι οι τιμές που αντιστοιχούν στη μεταχείριση με τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα και για τις δύο μορφές βιομάζας, είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες της μεταχείρισης του καθαρού νερού. Το γεγονός αυτό αντισταθμίζεται στις υπόλοιπες τρεις κοπές όπου οι τιμές της μεταχείρισης του καθαρού νερού είναι μεγαλύτερες από αυτές του λύματος. Η μέγιστη τιμή και για τις δύο μεταχειρίσεις όσον αφορά την παραγωγή χλωρής βιομάζας λαμβάνει χώρα μετά την τρίτη κοπή. Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει και για την ξηρή βιομάζα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

### Ξενογλωσση Βιβλιογραφία

- Asano, T., Smith, R. G., Tsobanoglous, G., 1985. Municipal wastewater: Treatment and reclaimed water characteristics. In irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater- A guidance manual. 2<sup>nd</sup> edition, Pettygrove, G. S. and Asano, T. (Eds.), Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI.
- Asano, T. and Levine, A. D., 1995. Wastewater and reuse: Past, present and future. Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse, Iraklio, Crete, Greece, October 17- 20, 1:3- 17.
- Bower, H. and Idelovitch, E., 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. Water reuse for drip irrigation. Journal Irrigation and Drainage Engineering. ASCE, 113(4): 516- 535.
- I-Pai Wu, 1994. Low Energy Subsurface Drip Irrigation (system for Pasture). Department of Animal Sc. Prepared by: Biosystems Engineering Dept. University of Hawaii.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- English, D., 1985. Filtration and water treatment for micro irrigation. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1:50- 57.
- Meyer, J. L., 1985. Cleaning drip irrigation systems. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, 1:41- 44.
- Nakayama, F. S. and Bucks, D. A., 1985. Drip/trickle irrigation in action: temperature effect on calcium carbonate precipitate clogging on trickle emitters. . Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Drip/Trickle Irrigation Congress, November 18-21, Fresno, California, USA, pp. 45- 50.
- Sakellariou- Makrantonaki, M., Kalfountzos, D. And Vyrlas, P., 2001. Irrigation water saving and yield increase with subsurface drip irrigation. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Congress of Environmental Science and Technology, 3- 6 September, Syros, Greece, Vol. C, 466- 473.
- Sakellariou- Makrantonaki, M., Kalfountzos, D., Vyrlas, P. and Kapetanios, P., 2002. Water saving using modern irrigation methods. Proceedings of Hydrorama 2002, 3<sup>rd</sup> International Forum: Integrated Water Management: The Key to Sustainable Water Resources, EYDAP. 21- 22 March, Athens, Greece, pp. 96- 102.
- Westcot, D. W. and Ayers, R., 1985. Irrigation water criteria. In: Irrigation with reclaimed municipal wastewater- A guidance manual. Third edition, Pettygrove, G. S. and Asano, T. (Eds), Lewis Publishers, Chelsea MI.
- 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, eds. Jorgensen, G. S. and K. N. Norum, CATI Publication No: 921001.
- 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.

- 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.

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

- Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη, Μ., 1993. Άρδευση με σταγόνα. Άρδευση με αυλάκια. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. Βόλος.
- 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., Πανώρας, Α., Μαυρούδης, Ι., Μανούδης, Ν. και Πογιαρίδης Θ., 1996. Καμπύλες ίσων τιμών εξατμισοδιαπνοής αναφοράς και βροχόπτωσης στο Ν. Λάρισας. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «Εγχειοβελτιωτικά έργα - Διαχείριση υδατικών πόρων - Εκμηχάνιση Γεωργίας» σελ.155-173.
- Βαρδαβάκης, Ε., 1994. Συστηματική Βοτανική. Έκδοση Τέταρτη. Τόμος Ι, Εκδόσεις Δ.Κ. Σαλονικίδη, Θεσσαλονίκη.
- Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη, Μ, Τζιμόπουλος, Χ. και Καλφούντζος, Δ., 1997. Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας με τη μέθοδο T.D.R. και στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (ΕΥΕ), Πάτρα, σελ. 184- 192.
- Τερζίδης, Γ. Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ. Γ., 1997. Γεωργική Υδραυλική. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- Αγγελάκης, Α. Ν. & Tsobanoglous, G., 1995. Υγρά απόβλητα. Φυσικά συστήματα επεξεργασίας και ανάκτηση, χρησιμοποίηση και διάθεση εκροών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
- Παπαδόπουλος, Α. και Παρισόπουλος, Γ., 2001. Υγρά απόβλητα που δεν είναι για πέταμα. Γεωργική Έρευνα, ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Ιανουάριος- Μάρτιος 2001.
- Παπαζαφειρίου, Ζ. Γ., 1984. Αρχές και πρακτική αρδεύσεων. Εκδόσεις Ζήτη.

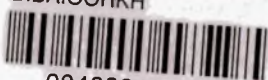


Θεσσαλονίκη.

- Πανώρας Α. Γ. και Ηλίας, Α., 1999. Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
- Πανώρας, Α. Γ., Ηλίας, Α., Σκαράκης, Γ., Παπαδόπουλος, Α., Παπαδόπουλος, Φ., Παρισόπουλος, Γ., Πατέρας, Δ., Παπαγιαννοπούλου, Α., Σδράκας, Α., Αναγνωστόπουλος, Κ., 1998 α. Άρδευση ζαχαρότευτλων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (II). Πρακτικά ημερίδας με τίτλο ‘ Αποτελέσματα Ερευνητικού Έργου Ανάκτησης Αστικών Αποβλήτων με Χρήση Φυσικών Συστημάτων και Επαναχρησιμοποίησής τους για Άρδευση και Ανάπλαση Υγροτόπων’, 132- 145.
- Πανώρας, Α. Γ., Καλαφατέλη, Δ. και Ρέρη, Ε., 1998 β. Διερεύνηση της καταλληλότητας για άρδευση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της Θεσσαλονίκης. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, ISSN 1105- 9478.
- Πανώρας, Α. Γ., Ηλίας, Α., Σκαράκης, Γ., Παπαδόπουλος, Α., Παπαδόπουλος, Φ., Παρισόπουλος, Γ., Σδράκας, Α., Αναγνωστόπουλος, Κ., 1999 α. Άρδευση ζαχαρότευτλων με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα (I). *Biologia Callo-Hellenica*.
- Πανώρας, Α. Γ., Ηλίας, Α., Σκαράκης, Γ., Παπαδόπουλος, Α., Παπαδόπουλος, Φ., Παρισόπουλος, Γ., Σδράκας, Α., Αναγνωστόπουλος, Κ., 1999 β. Επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων της πόλης Θεσσαλονίκης για άρδευση ζαχαρότευτλων. Πρακτικά 4<sup>ο</sup> Εθνικού Συνεδρίου της ΕΕΔΥΠ με θέμα ‘Διαχείριση υδατικών πόρων στις ευαίσθητες περιοχές του Ελλαδικού χώρου’, Βόλος, 17- 19 Ιουνίου.
- Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη, Τέντας, Ι., Κολιού, Α., Μ., Καλφούντζος, Δ. και Παπανίκος, Ν., 2003. Άρδευση πρασίνου με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. Πρακτικά 3<sup>ο</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ), 29- 31 Μαΐου, Θεσσαλονίκη, σελ. 265- 272.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000111637