



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Αξιολόγηση Πρωτοβάθμιων και Δευτεροβάθμιων Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων για τις Αρδευτικές Ανάγκες Υδροπονικής Καλλιέργειας Αγγουριάς



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΙΛΑΤΑΚΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ
ΨΑΡΑΥΤΗ ΚΑΤΕΡΙΝΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Αξιολόγηση Πρωτοβάθμιων και Δευτεροβάθμιων Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων για τις Αρδευτικές Ανάγκες Υδροπονικής Καλλιέργειας Αγγουριάς



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΙΛΑΤΑΚΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ
ΨΑΡΑΥΤΗ ΚΑΤΕΡΙΝΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡ. ΤΖΩΡΤΖΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της πτυχιακής μας εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίησή της. Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας Δρ. Τζωρτζάκη Νίκο για την ανάθεση, καθοδήγηση και πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσης πτυχιακής εργασίας. Τους καθηγητές, Σαμπαθιανάκη Γιάννη, Φουντουλάκη Μιχάλη, Τερζάκη Στέλιο καθώς και τους συμφοιτητές μας Κλάδο Εμμανουήλ και Μεταξάκη Ανδρόνικο για τη βοήθεια τους. Το φυτώριο Κρόνος (Ιεράπετρα) για την ευγενική χορηγία των σποροφύτων αγγουριάς για την υλοποίηση του πειράματος. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας που μας στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		Σελίδες
	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
	ABSTRACT	3
	<u>ΜΕΡΟΣ Α</u>	
1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1	ΧΡΗΣΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ	4
1.2	ΧΡΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	5
1.3	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΡΩΤΟΥ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΒΑΘΜΟΥ	7
1.3.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	7
1.3.2	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	7
1.3.3	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	9
1.4	ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ	11
2	ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ	13
2.1	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	13
2.2	ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	14
2.2.1	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	14
2.2.2	ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ	15
2.3	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	16
2.4	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ NFT (Nutrient Film/Flow Technique - Τεχνική Λεπτής Θρεπτικής Στοιβάδας)	17
2.5	ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	19
3	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ	22
3.1	ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	22
3.2	ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	23

3.2.1	ΚΛΑΔΕΜΑ ΜΕΓΑΛΟΚΑΡΠΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	25
3.2.2	ΚΛΑΔΕΜΑ ΜΙΚΡΟΚΑΡΠΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	26
3.3	ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ	27
3.4	ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ	28
3.5	ΛΙΠΑΝΣΗ	29
3.5.1	ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ	29
3.6	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ	29
3.7	ΕΧΘΡΟΙ-ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	31
3.8	ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ	31
3.9	ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ	31
3.10	ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΑ	32
3.11	ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ	33

ΜΕΡΟΣ Β

4	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	35
4.1	ΤΟΠΟΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	35
4.2	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΥΤΩΝ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	36
4.3	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ	45
4.3.1	ΑΠΟΒΛΗΤΑ	45
4.3.2	ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ	47
4.4	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ	47
4.5	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	49
4.6	ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ	53
4.6.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΥΧΟΝ ΥΠΑΡΞΗΣ ΟΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΑΝΘΕΚΤΙΚΩΝ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΩΝ	53
4.6.2	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗ ΤΥΧΟΝ ΥΠΑΡΞΗΣ ΣΑΛΜΟΝΕΛΑΣ	55

4.7	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	57
4.7.1	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΠΑ ΚΑΙ ΔΑ) ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	57
4.7.2	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΠΑ ΚΑΙ ΔΑ) ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	66
4.7.3	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΠΑ ΚΑΙ ΔΑ) ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ	73
4.8	ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	77
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	82
	<u>ΜΕΡΟΣ Γ</u>	
6	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	87
6.1	ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ	87
6.2	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	90

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ρύπανση των υδάτινων πόρων από τα απόβλητα είναι ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο απασχολεί τους κατοίκους κάθε πόλης. Ένας από τους πιο αποτελεσματικότερους τρόπους αντιμετώπισης της ρύπανσης είναι οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων και έχουν ως σκοπό τον καθαρισμό (διαχωρισμό) των αστικών αποβλήτων από τα βλαβερά συστατικά που περιέχουν ώστε αυτά να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον. Ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας τα απόβλητα διακρίνονται σε πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων της άμεσης χορήγησης υγρών επεξεργασμένων αποβλήτων (ΥΕΑ) στην ανάπτυξη και φυσιολογία καλλιέργειας αγγουριάς σε κλειστό υδροπονικό σύστημα (NFT). Νεαρά φυτά μικρόκαρπης αγγουριάς (ποικ. Κνωσού) αναπτύχθηκαν σε 5 πειραματικές επεμβάσεις ως προς την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Συγκεκριμένα για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων χρησιμοποιήθηκε αρδευτικό νερό (μάρτυρας), αυτούσια πρωτοβάθμια (ΠΑ) και δευτεροβάθμια (ΔΑ) επεξεργασμένα υγρά απόβλητα με ή χωρίς εμπλουτισμό θρεπτικού διαλύματος ($\Theta\Delta_1$ και $\Theta\Delta_2$ για τα ΠΑ και ΔΑ αντίστοιχα).

Η χρήση ΠΑ± $\Theta\Delta$ είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του ύψους, του αριθμού φύλλων και ανθέων που σχηματίστηκαν, του μεγέθους του φύλλου (μήκος x πλάτος) σε φυτά αγγουριάς ενώ αυξήθηκε η διάμετρος του κεντρικού στελέχους. Δεν σημειώθηκαν αντίστοιχες μεταβολές όταν χρησιμοποιήθηκε ΔΑ± $\Theta\Delta$. Η αυξημένη παραγωγή την πρώτη εβδομάδα συγκομιδής, οφείλεται στον αυξημένο αριθμό καρπών και στο αυξημένο νωπό βάρος καρπών που παρήχθησαν σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε ΠΑ και ΔΑ, ενώ μειώθηκε η περιεκτικότητα ξηράς ουσίας των καρπών αυτών. Ο εμπλουτισμός $\Theta\Delta$ στην μεταχείριση ΠΑ μείωσε (μέχρι 25%) την συνολική παραγωγή ανά φυτό ενώ δεν διαφοροποιήθηκε ο συνολικός αριθμός των καρπών που παρήχθησαν μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η χρήση ΥΕΑ δεν επηρέασε την φυτική μάζα (νωπό και ξηρό βάρος) του υπέργειου και υπόγειου μέρους του φυτού, αλλά ούτε και το μήκος της ρίζας. Δεν βρέθηκαν διαφορές ως προς τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η

φωτοσυνθετική ικανότητα και η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων αυξήθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν στην μεταχείριση ΠΑ±ΘΔ και ΔΑ ενώ δεν διαφοροποιήθηκε στον μάρτυρα και στην μεταχείριση ΔΑ+ΘΔ. Η χρήση ΥΕΑ είχε ως αποτέλεσμα την εξάπλωση ασθενειών ρίζας σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ έπειτα από μικροβιολογική ανάλυση βρέθηκαν μικροοργανισμοί σε καρπούς σε όλες τις μεταχειρίσεις ΥΕΑ και του μάρτυρα, λόγω μεταφοράς/επιμόλυνσης από τις μεταχειρίσεις ΥΕΑ.

Περεταίρω μελέτη είναι απαραίτητη για την πλήρη αξιοποίηση των ΥΕΑ, ενώ μέτρα απολύμανσης στα ΥΕΑ, πρέπει να εφαρμόζονται πριν ή κατά την διάρκεια χρησιμοποίησής τους σε υδροπονικά συστήματα για την μείωση του μικροβιακού φορτίου.

ABSTRACT

The pollution of aquatic natural resources from wastes is an important problem which is of great concern for the residents of each city. One of the most effective way of dealing with pollution issue is the treatment of urban wastes resulting in segregation from the damaging substitutes in order to be distinguished safely in the environment. Depending on the degree of treatment, wastes are distinguished in primary, secondary and tertiary.

The objective of present work is evaluation of impacts of direct usage of treated water wastes in the cucumber growth and physiology in a closed hydroponic system (NFT). Cucumber plants (cv Knosou) were grown in 5 treatments regarding the constitution of nutrient solution. Control treatment consisted by using nutrient solution prepared by irrigation water, primary (PA) and secondary (SE) treated waste water with or without nutrient solution (NS) enrichment.

The use of PA±NS affected plant growth and reduced plant height, the number of leaves and truss, the size of leaf (length x width) in cucumber plants while it was increased the stem diameter. No similar changes observed when SE±NS was used. The increased yield observed during the first week is due to the increased fruit number and the increased fruit fresh weight for plants grown in PA and SE. However, for the same treatments, fruit dry weight decreased. Nutrient enrichment in PA decreased (up to 25%) the total yield while no differences observed in total fruit number produced between the treatments. The use of waste water did not affect root length and plant biomass (fresh and dry weight) for the upper part and root system. No differences found for chlorophyll levels and leaf fluorescence between the treatments. The photosynthetic rate and leaf stomatal conductance increased in plants grown in PA±NS and SE while no differences found in control and SE+NS treatment. Use of waste water resulted in microbial spread for all the treatments due to transport and cross contamination.

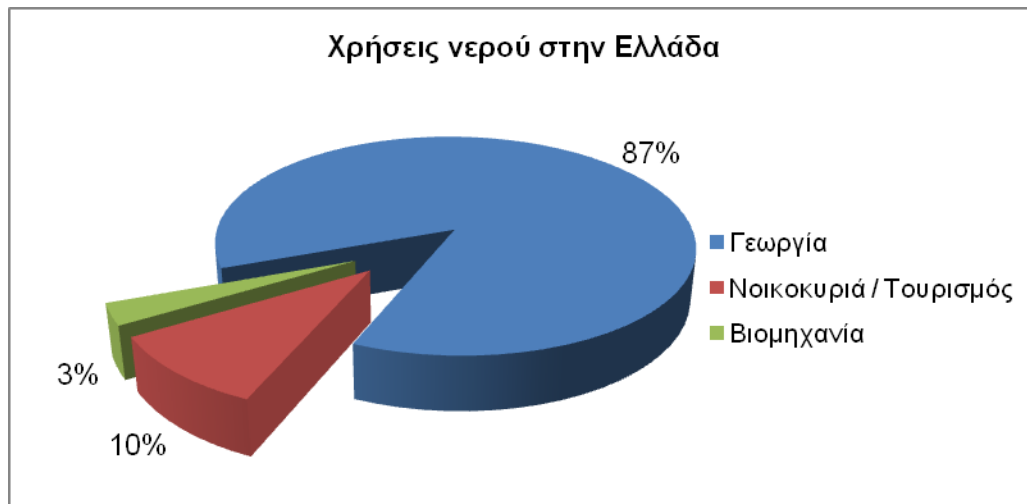
Further and deeper study is required for the complete exploitation of waste water while disinfection means of waste water should be applied before or during their utilization in hydroponics for microbial reduction.

ΜΕΡΟΣ Α

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΧΡΗΣΗ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ

Αν και η γη έχει χαρακτηριστεί, λόγω της μεγάλης επιφάνειας νερού που καλύπτεται (70%), μπλε πλανήτη στην πραγματικότητα το νερό είναι ένας περιορισμένος φυσικός πόρος. Μόνο το 2,5% των παγκόσμιων αποθεμάτων είναι γλυκό, και από αυτό μόλις το 1% είναι διαθέσιμο στον άνθρωπο. Τους προηγούμενους αιώνες οι μικροί πληθυσμοί, η μικρή ανάπτυξη και επομένως οι μικρές ανάγκες δεν δημιουργούσαν πίεση στους υδατικούς πόρους. Αντίθετα, το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα, τεράστιες αλλαγές έχουν επέλθει που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τη χρήση του νερού. Όσον αφορά την λεκάνη της Μεσογείου η έλλειψη νερού εμφανίζεται ως κύριος περιοριστικός παράγοντας για τη γεωργική ανάπτυξη και όχι μόνο. Κατά τη διάρκεια των επόμενων 25 ετών, αν και οι αρδευόμενες εκτάσεις θα αυξηθούν, μεγάλες ποσότητες νερού θα εκτραπούν από τη γεωργία για να ικανοποιήσουν την αυξανόμενη ζήτηση νερού για αστική και βιομηχανική χρήση (Correia, 1999). Στην Ελλάδα (Γράφημα 1.1) το νερό χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για αρδευτικές ανάγκες (87%) και ακολουθούν τα νοικοκυριά (αστική χρήση) με τον τουρισμό (10%) και τη βιομηχανία (3%).



Γράφημα 1.1: Χρήσεις του νερού στην Ελλάδα.

Οι υψηλές αρδευτικές ανάγκες, ο τουρισμός που αυξάνεται την ξηρή καλοκαιρινή περίοδο και σε σύντομο χρονικό διάστημα, και οι οικιακές ανάγκες ασκούν σημαντική πίεση στα αποθέματα γλυκού νερού. Η έλλειψη ικανοποιητικών ποσοτήτων καθαρού νερού για της ανάγκες της άρδευσης έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση και του πόσιμου νερού. Αυτό έχει σαν συνέπεια την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών νερού και την εξέταση της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων τουλάχιστον για την άρδευση αν είναι δυνατόν (Στάμου, 1995).

1.2 ΧΡΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ορισμένες πιθανές εφαρμογές των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων είναι:

Άρδευση αγροτικών περιοχών: Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, ιδιαίτερα για άρδευση καλλιεργειών, εφαρμόζεται στην πράξη επί αιώνες και φαίνεται ότι έχει τις ρίζες της στους αρχαίους Ελληνικούς πολιτισμούς (Angelakis and Spyridakis, 1996; Angelakis *et al.*, 2005). Σήμερα λειτουργούν αρκετά συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για αγροτική άρδευση. Στις ΗΠΑ μόνο, υπάρχουν 3000 τέτοιες περιπτώσεις. Στις αναπτυσσόμενες χώρες η εφαρμογή λυμάτων στο έδαφος αποτελούσε πάντα και συνεχίζει να αποτελεί τον κύριο τρόπο διάθεσης των αστικών

λυμάτων και ικανοποίησης των αρδευτικών αναγκών. Έτσι για παράδειγμα στην Κίνα $13,3 \times 10^6$ στρέμματα αγροτικής γης αρδεύονται με ανεπεξέργαστα ή μερικώς επεξεργασμένα αστικά λύματα, ενώ στο Μεξικό πάνω από $0,7 \times 10^6$ στρέμματα αρδεύονται με απόβλητα.

Επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία: Η βιομηχανία προβλέπεται να αποτελέσει μελλοντικά σημαντικό χρήστη των ανακτημένων αστικών λυμάτων. Τα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανίες που χρησιμοποιούν νερό το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου. Οι κύριες βιομηχανικές χρήσεις των αστικών λυμάτων είναι: 1) το νερό ψύξης, 2) το νερό τροφοδοσίας λεβήτων και 3) το νερό κατεργασίας ή βιομηχανικό νερό. Η κυρίαρχη όμως χρήση που παρουσιάζει την μεγαλύτερη ζήτηση είναι το νερό ψύξης.

Αστική επαναχρησιμοποίηση: Τα συστήματα αστικής επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων παρέχουν ανακτημένο νερό για οποιαδήποτε χρήση εκτός της πόσης σε αστικές περιοχές. Αν και οι ποσότητες ανακτημένων υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι πολύ περιορισμένες και προβλέπεται ότι θα παραμείνουν σε χαμηλά επίπεδα και στο προσεχές μέλλον, μεγάλο επιστημονικό και κοινωνικό ενδιαφέρον εστιάζεται στις νέες τεχνολογικές επιτεύξεις και εφαρμογές στον τομέα αυτό. Μερικές μικρές κοινότητες λόγω της δυσκολίας ανάπτυξης άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων αναπτύσσουν και υλοποιούν μελέτες για τέτοια συστήματα. Μερικές από τις αστικές χρήσεις είναι το πότισμα δημόσιων πάρκων και κέντρων αναψυχής, αθλητικών γηπέδων, σχολικών αυλών, γηπέδων παιχνιδιού, νησίδων και κρασπέδων αυτοκινητοδρόμων, νεκροταφείων και κήπων που περιβάλουν δημόσια κτίρια και εγκαταστάσεις, κήπων μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, γενικό πλύσιμο και άλλες εργασίες συντήρησης, εμπορικές χρήσεις, όπως οι εγκαταστάσεις πλυσίματος οχημάτων, το πλύσιμο παραθύρων, το νερό ανάμιξης για ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και υγρά λιπάσματα, πυροπροστασία κλπ. Κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης ανακτημένων υγρών αποβλήτων για αστική χρήση, οι σημαντικότεροι παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η αξιοπιστία εξυπηρέτησης και η προστασία της δημόσιας υγείας.

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων προϋποθέτει την υιοθέτηση των απαιτούμενων από την σχετική νομοθεσία ποιοτικών χαρακτηριστικών ώστε να επιτυγχάνεται:

- Προστασία της δημόσιας υγείας. Το επαναχρησιμοποιούμενο νερό θα πρέπει να είναι ασφαλές και η χρήση του να μην εγκυμονεί κινδύνους, κυρίως λόγω των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται στα λύματα.
- Προστασία του περιβάλλοντος. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται η αποφυγή ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, καθώς και η προστασία της φυσικής πανίδας και χλωρίδας στην ευρύτερη περιοχή από την αρδευόμενη περιοχή.
- Προστασία των αρδευόμενων φυτών. Θα πρέπει να εξετάζονται ενδεχόμενες δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά που αρδεύονται και στο έδαφος από την παρουσία χημικών ενώσεων και στοιχείων στα λύματα (π.χ. βαρέα μέταλλα, νάτριο κ.λπ).

1.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΡΩΤΟΥ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΒΑΘΜΟΥ

1.3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα απόβλητα διακρίνονται γενικά σε στερεά, υγρά και αέρια. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρονται θέματα σημεία σχετικά με την επεξεργασία κυρίως των υγρών αποβλήτων.

Τα **αστικά λύματα** προέρχονται κυρίως από ανθρώπινα εκκρίματα και απόνερα οικιακής χρήσης. Στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται και αυτά των εστιατορίων, ξενοδοχείων, δημοσίων υπηρεσιών, καταστημάτων, γραφείων κλπ. Στα κυριότερα συστατικά τους περιλαμβάνονται οργανικές κυρίως ουσίες σε διάλυση ή αιωρούμενα σωματίδια, λίπη, έλαια, ανόργανες ουσίες και σε ελάχιστες ποσότητες διαλυμένα αέρια όπως αμμωνία (NH_3) και υδρόθειο (H_2S). Ανάλογα με το

μέγεθος μιας πόλης μεταβάλλεται η ποσότητα των λυμάτων μεταξύ 100-300 lt ανά άτομο και ημέρα. Γενικά υπολογίζονται 150-200 lt ανά άτομο/ημέρα λαμβάνοντας υπόψη το ξεχωριστό σύστημα όπου κατασκευάζονται δύο ανεξάρτητα δίκτυα, ένα για την αποχέτευση των ομβρίων και ένα για τη συλλογή και απομάκρυνση των λυμάτων. Στη χώρα μας κυριαρχεί το μικτό σύστημα αποχέτευσης (αστικά λύματα και όμβρια) (Ντάρακας, 2006).

Υγρά βιομηχανικά απόβλητα ονομάζονται τα απόβλητα που απορρίπτονται από κτίρια και χώρους που χρησιμοποιούνται για οποιαδήποτε εμπορική ή βιομηχανική δραστηριότητα και τα οποία δεν είναι οικιακά λύματα ή όμβρια ύδατα (οδηγία 91/271/ΕΟΚ 21.05.1991). Είναι δηλαδή τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται. Δεν συμπεριλαμβάνονται τα λύματα του προσωπικού τα οποία κατατάσσονται στα αστικά λύματα (Ντάρακας, 2006).

1.3.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα υγρά απόβλητα για να διοχετευτούν σε ένα υδάτινο αποδέκτη όπως γίνεται συνήθως, θα πρέπει να δεχτούν τη κατάλληλη επεξεργασία για την αποφυγή σοβαρών προβλημάτων. Τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα στερεά προκαλούν περισσότερο αισθητική δυσαρέσκεια παρά ουσιαστική ρύπανση του υδάτινου φορέα. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί όμως στα υγρά απόβλητα είναι υπεύθυνοι για την μετάδοση ασθενειών στον άνθρωπο και σε άλλους οργανισμούς. Σοβαρό πρόβλημα δημιουργούν και τα οργανικά συστατικά, το άζωτο και ο φώσφορος, που είναι υπεύθυνα για τις δυσάρεστες καταστάσεις ρύπανσης σε υδάτινους φορείς. Αυτό οφείλεται στη κατανάλωση των οργανικών συστατικών όπου χρησιμοποιούν μικροοργανισμοί για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό τους παράλληλα με την κατανάλωση οξυγόνου που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό (Στάμου, 1995).

Με τον όρο διαχείριση υγρών αποβλήτων, χαρακτηρίζουμε κάθε σκόπιμη ανθρώπινη επέμβαση που έχει σαν στόχο τη μείωση της αρνητικής επίδρασης των λυμάτων στο περιβάλλον. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών αποβλήτων

έχουν σκοπό τον διαχωρισμό τους από τα βλαβερά συστατικά που περιέχουν ώστε να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον και στις καλλιέργειες (Στάμου, 1995). Με σκοπό τη προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της απόρριψης των λυμάτων, εκδόθηκε η οδηγία 91/271/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21/5/91 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η οποία αφορά τη συλλογή, την επεξεργασία και την διάθεσή τους.

Η επεξεργασία καθαρισμού των υγρών αποβλήτων αποβλέπει στην απομάκρυνση, εξουδετέρωση ή κατάλληλη τροποποίηση των επιβλαβών χαρακτηριστικών τους, ώστε να εξαλείφουν ή να ελαττωθούν σε αποδεκτό επίπεδο οι δυσμενείς για τον τελικό αποδέκτη (έδαφος, επιφανειακά νερά, κλπ) συνέπειες. Οι κύριοι στόχοι της επεξεργασίας των λυμάτων είναι η μείωση του BOD₅ (Βιοχημική Απαίτηση Οξυγόνου) (Μαυρίδου και Παπαπετροπούλου, 1995) και του αριθμού των μικροοργανισμών. Η απομάκρυνση του ρυπαντικού φορτίου των αστικών λυμάτων γίνεται με συνδυασμό φυσικών, χημικών, φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών (Fresenius and Schneider, 1994). Οι διεργασίες αυτές σκοπεύουν να δεσμεύσουν και να αφαιρέσουν τους ρύπους από τη μάζα του νερού. Το σύνολο των διεργασιών αυτών είναι η διαδικασία επεξεργασίας και η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, στην οποία διαχωρίζονται με βιοτεχνικές διεργασίες οι ρύποι από το νερό, έχει επικρατήσει να ονομάζεται βιολογικός καθαρισμός (Αραβώσης κ.α., 2003).

1.3.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η βασική αρχή, στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών, είναι ο μετασχηματισμός των διαλυμένων οργανικών και ανόργανων ενώσεων, που αποτελούν τους ρύπους του νερού, με μεταβολικές διαδικασίες σε κύτταρα και εξωκυτταρικές ουσίες, που έχουν τη τάση να συσσωματώνονται. Για τη πρακτική εφαρμογή των διαφόρων διαδικασιών και μεθόδων καθαρισμού έχουν αναπτυχθεί ειδικές εγκαταστάσεις με κατάλληλη διαμόρφωση και εξοπλισμό, ώστε να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή απόδοση με ελεγχόμενες και ρυθμιζόμενες συνθήκες (Εικόνα 1.1). Έτσι έχουν διαμορφωθεί τέσσερα κυρίως βασικά στάδια

καθαρισμού, που εκφράζουν φραστικά το βαθμό της καθαρότητας της τελικής απορροής (Μαρκαντωνάτος, 1990; Στάμου, 1995):



Εικόνα 1.1: Εγκαταστάσεις Βιολογικού Καθαρισμού Πόλης Ηρακλείου Κρήτης.

I. Προεπεξεργασία: Η προεπεξεργασία στοχεύει στη προστασία των επόμενων διεργασιών με αποτέλεσμα να βελτιστοποιεί και την απόδοσή τους. Συνήθως πραγματοποιείται εσχάρωση, εξάμμωση και απολύμανση για την απομάκρυνση ρυπαντικού φορτίου, στερεών μεγέθους μεγαλύτερου από 2-5cm (π.χ. ξύλων, φύλλων, πλαστικών, κλπ), άμμου και επιπλεόντων στερεών και λιπών (Ανδρεαδάκης κ.α., 2001; Μανιός, 2001; Κουλούμπης κ.α., 2005).

II. Πρωτοβάθμια επεξεργασία (Μηχανικός καθαρισμός): Στο στάδιο αυτό απομακρύνονται τα αιωρούμενα στερεά με καθίζηση (κατά 50-70%) και παράλληλα μειώνεται το οργανικό φορτίο μέχρι 35%. Σε αρκετές περιπτώσεις η πρωτοβάθμια επεξεργασία δεν εφαρμόζεται και τα λύματα καταλήγουν μετά τη προεπεξεργασία απευθείας στη δευτεροβάθμια επεξεργασία (Ανδρεαδάκης κ.α., 2001; Κουλούμπης κ.α., 2005).

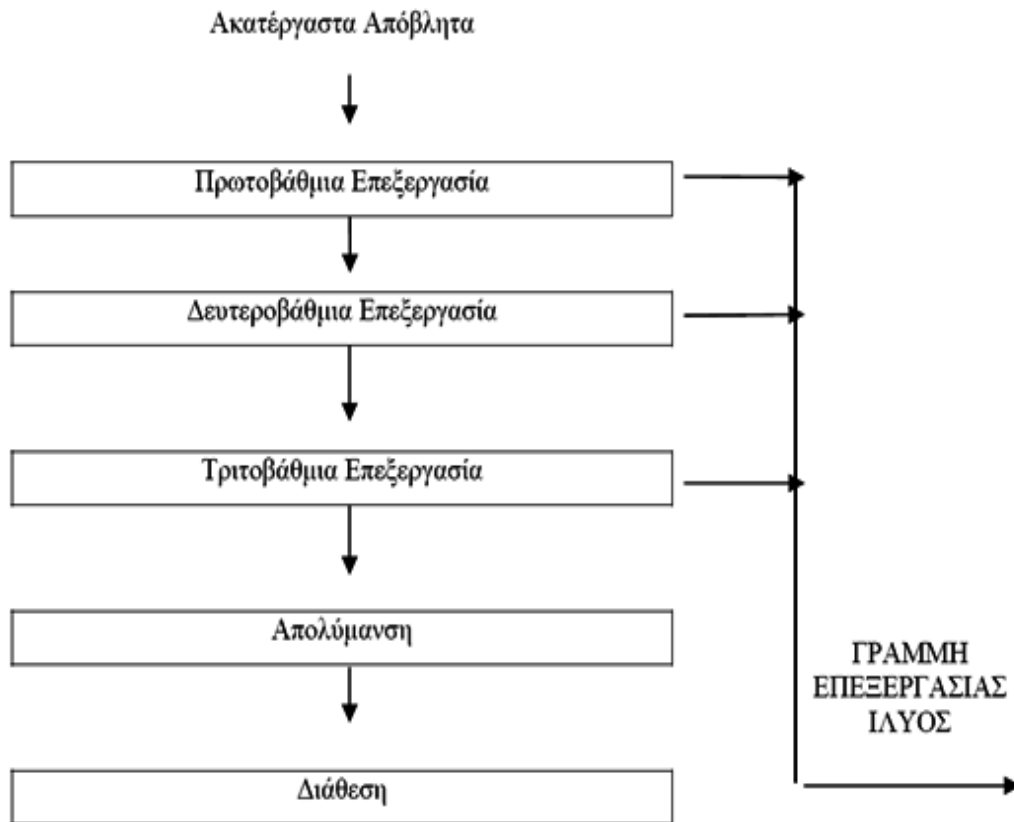
III. Δευτεροβάθμια επεξεργασία (Βιολογικός καθαρισμός): Στη δευτεροβάθμια επεξεργασία πραγματοποιείται βιολογική απομάκρυνση της οργανικής ύλης των λυμάτων από μικροοργανισμούς και ακολούθως το διαχωρισμό των βιολογικών

στερεών από τα επεξεργασμένα λύματα. Ο βαθμός απομάκρυνσης της οργανικής ύλης και των στερεών είναι υψηλός και μπορεί να φτάσει μέχρι ποσοστό 95%. Στο στάδιο αυτό επιτελείται σχεδόν πλήρης απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και του BOD, κατά περίπτωση μάλιστα, μπορεί να γίνει και απομάκρυνση του αζώτου και φωσφόρου (Ανδρεαδάκης κ.α., 2001).

Υπό ειδικές συνθήκες και εάν η εγκατάσταση επεξεργασίας λειτουργεί σωστά, με συνδυασμό της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, επιτυγχάνεται ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων τέτοια ώστε το υγρό κλάσμα, να μπορεί να διατεθεί στους φυσικούς αποδέκτες ή να χρησιμοποιηθεί για άρδευση λυμάτων (Κουλούμπης κ.α., 2005).

IV. Τριτοβάθμια επεξεργασία (Χημικός καθαρισμός): Το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας αποτελεί σύνθεση επιμέρους μονάδων, η οποία ποικίλει ανάλογα με τους ρύπους που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία (Ανδρεαδάκης κ.α., 2001). Όταν το υγρό κλάσμα που περιλαμβάνεται μετά το τέλος της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας προορίζεται για επαναχρησιμοποίηση ή υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα ρύπανσης του υδροφόρου ορίζοντα, τότε ακολουθεί τριτοβάθμια επεξεργασία για την απομάκρυνση ορισμένων ρυπαντικών ουσιών που δεν επιτυγχάνονται με τα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας. Η επεξεργασία αυτή είναι πολυδάπανη και περιλαμβάνει πολλά επί μέρους στάδια, όπως απολύμανση και ραφινάρισμα, απομάκρυνση θρεπτικών κλπ (Κουλούμπης κ.α., 2005).

Μια τυπική παραγωγική διαδικασία της επεξεργασίας υγρών αποβλήτων-λυμάτων απεικονίζεται στο Σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1: Στάδια γραμμής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1998, όπως παρουσιάστηκε από τη Μάστακα, 2007).

1.4 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΥΤΙΜΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι κάνουν λόγο για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων κυρίως για την άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων (Stansfield, 1997; Banin 1999; Manios *et al.*, 2006). Αν και υπάρχουν αρκετά τεχνολογικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα στην εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων είναι γεγονός ότι, αν και δε θα έλυne πλήρως το πρόβλημα, θα μπορούσε να συμβάλει στη δημιουργία ενός πιο ισορροπημένου υδατικού ισοζυγίου (Asano and Tchobanoglous, 1991; Lazarova *et al.*, 2001). Παρόλα αυτά σε καμία περίπτωση δε θα πρέπει να θεωρηθεί πανάκια και φυσικά να εφαρμοστεί ανεξέλεγκτα (Mara, 2001). Η επένδυση σε τέτοια συστήματα θα πρέπει να γίνει πρώτα σε περιοχές με αποδεδειγμένο πρόβλημα ελλειμματικού υδατικού ισοζυγίου, όσο και σε περιοχές που το μέγεθος του

οικισμού ή των οικισμών, η τοπογραφία και οι καλλιέργειες το επιτρέπουν (Brenner *et al.*, 1994; Conte, 2001; Mara, 2001).

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών απόβλητων έχει μια ιστορία δεκαετιών σε χώρες που το υδατικό ισοζύγιο είναι ελλειμματικό και η υποδομή σε μονάδες επεξεργασίας αναπτυγμένη (Ισραήλ, ΗΠΑ, Κύπρος, Νότιος Αφρική, Αυστραλία κλπ) συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων (Asano, 1993; Angelakis *et al.*, 1999).

Από το έτος 2000 στο Δήμο Χερσονήσου του Νομού Ηρακλείου χρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα λύματα από το βιολογικό καθαρισμό για αρδευτικού σκοπούς, κυρίως για την άρδευση ελαιόδεντρων. Στη Χαλκίδα εγκαινιάσθηκε τον Ιούλιο του 2002 έργο επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων, όπου περιλαμβάνει άρδευση 13000 δένδρων στη ζώνη εργατικών κατοικιών στις παρυφές της πόλης. Έτσι επετεύχθη αλλαγή της εικόνας υποβαθμισμένων περιοχών και δημιουργήθηκαν χώροι αναψυχής για τους κάτοικους της πόλης. Επίσης σχεδιάζεται η βιομηχανική χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για ψύξη στη υδροβόρο βιομηχανία ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΚΙΔΑΣ, καθώς επίσης και για αστική χρήση (πλύσεις δρόμων, δασοπυρόσβεση) εξοικονομώντας πολύτιμους υδατικούς πόρους. Στην Ελλάδα συνολικά, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση βρίσκεται σε ερευνητικό επίπεδο με πιλοτικά έργα να λειτουργούν ή να βρίσκονται σε φάση κατασκευής. Από τις πλέον συστηματικές εργασίες επαναχρησιμοποίησης που έχουν πραγματοποιηθεί είναι αυτές του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. στη περιοχή Θεσσαλονίκης οι οποίες αφορούσαν άρδευση ζαχαροτεύτλων, βάμβακος, ρυζιού, τομάτας, ζέρμπερας σε θερμοκήπιο με ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., 1998; Ντάνος κ.α., 2001) καθώς και αυτές του Α.Τ.Ε.Ι. (Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας) στη περιοχή του Ηρακλείου οι οποίες αφορούσαν άρδευση με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα σε οπωροκηπευτικά με επίσης ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα (Παπαγρηγορίου, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Η υδροπονία εφαρμόζεται από τα προχριστιανικά χρόνια στην Αίγυπτο και την Ινδία όπου χρησιμοποιούνταν διαλυμένες κοπριές για την καλλιέργεια πεπονιών και άλλων λαχανοκηπευτικών σε αμμώδεις όχθες ποταμών όπου και ονομάστηκε «*παραποτάμια καλλιέργεια*». Η πρώτη γραπτή αναφορά σε υδροπονική καλλιέργεια αφορά τους κρεμαστούς κήπους της Βαβυλώνας, όπου καλλιεργούνταν φυτά ενώ το νερό έρεε συνεχώς. Οι επιπλέοντες κήποι του Κασμίρ αλλά και οι καλλιέργειες πάνω σε σχεδίες μέσα σε αβαθείς λίμνες από τους Ατζέκους στο Μεξικό αποτελούν επίσης παραδείγματα υδροπονίας από το παρελθόν. Αργότερα επιστήμονες-φυσιολόγοι άρχισαν να αναπτύσσουν φυτά με ειδικά θρεπτικά στοιχεία για πειραματικούς σκοπούς, ονόμασαν τη μέθοδο καλλιέργειας «*καλλιέργεια με θρεπτικά στοιχεία*» (nutri-culture). Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν όροι όπως «*υδροκαλλιέργεια*» (water-culture), «*καλλιέργεια σε διάλυμα*» (solution-culture), «*καλλιέργεια σε στρώμα χαλικιών*» (gravel bed culture) κ.α.

Ο όρος «*υδροπονία*» όπως χρησιμοποιείται σήμερα υιοθετήθηκε για πρώτη φορά στα τέλη του 1920 από τον καθηγητή Dr. W. F. Gericke από την Καλιφόρνια, ΗΠΑ. Αυτός εμπνευσμένος από τις έρευνες Γερμανών επιστημόνων (Sachs 1860, Κνορ 1861 & 1865) ανέπτυξε μια τεχνική για καλλιέργεια φυτών σε κλίμακα. Οι Sachs και Κνορ ήταν μεταξύ των επιστημόνων του 19^{ου} αιώνα οι οποίοι ερευνούσαν τη θρέψη των φυτών και αναζητούσαν ένα διάλυμα που θα έλυne τα προβλήματα που εμφανιζόντουσαν σε προηγούμενες προσπάθειες υδροπονικής καλλιέργειας.

Η καλλιέργεια «χωρίς έδαφος», ήταν γνωστή από το 1699 όταν ο Woodward από την Αγγλία πραγματοποίησε πειράματα με τα οποία προσπάθησε να

αποδείξει αν ήταν το νερό ή το στερεό μέρος του εδάφους το οποίο ήταν υπεύθυνο για την ανάπτυξη των φυτών.

Οι τεχνολογίες υδροπονίας αναπτύχθηκαν περαιτέρω στη Βόρεια Αμερική, Ευρώπη και Ιαπωνία, χάρη σε επινοήσεις από τις θεωρίες του Gericke. Κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, ο Αμερικανικός στρατός χρησιμοποιούσε την υδροπονία για την παραγωγή φρέσκων προϊόντων για το στρατό που ήταν σταθμευμένος σε άγονα νησιά του Ειρηνικού (Τζωρτζάκης, 2008). Το 1950 υπήρχαν ήδη στην Αμερική, Ευρώπη, Αφρική και Ασία βιώσιμες εμπορικά επιχειρήσεις με υδροπονία. Το 1981, μια αυστραλιανή εταιρεία παράγει πετροβάμβακα για ανθοκομικές και λαχανοκομικές καλλιέργειες με την επωνυμία «growool». Αυτός έγινε άμεσα αποδεκτός και βρήκε μέρος εφαρμογής στις αυστραλιανές επιχειρήσεις δρεπτών ανθέων.

Σήμερα η υδροπονία χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα για την καλλιέργεια λαχανοκομικών, ανθέων, φρούτων και αρωματικών φυτών από επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο. Η τεχνολογία της υδροπονίας εξελίχθηκε σημαντικά ανά τους αιώνες (Αγουρίδας, 2006).

2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Η υδροπονία είναι μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε σε στερεά υποστρώματα εμποτισμένα με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα, είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το οποίο τα φυτά απορροφούν τις απαραίτητες για την ανάπτυξη τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

2.2.1 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Τα υδροπονικά συστήματα ταξινομούνται ως εξής:

- Στατική Αεριζόμενη Τεχνική
- Τεχνική «Αμπωτις-Παλλίρροια»
- Τεχνική Βαθείας Ροής

- Τεχνική Ροής Αεριζόμενου Διαλύματος
- Τεχνική Λεπτής Στρώσης
- Τεχνική Στάγδην Άρδευσης
- Τεχνική Ψεκασμού Ριζόσφαιρας
- Τεχνική Νέφωσης Ριζόσφαιρας (Αγουρίδας, 2006)

2.2.2 ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντήθηκαν πολλοί διαφορετικοί τρόποι υδροπονικών τεχνικών και συστημάτων καλλιέργειας. Σύμφωνα με τον καθηγητή Παπαδόπουλο τα υδροπονικά συστήματα προέρχονται από διαφορετικούς συνδυασμούς των στοιχείων από τα οποία απαρτίζονται, τα οποία διαμορφώνονται ως εξής:

- Θρεπτικά διαλύματα

- στερεά (ανόργανα, οργανικά, συνθετικά και μικτά)
- ρευστά (υγρά και αέρια)

- Μέσα ανάπτυξης

- σταθερά (υδρορροές, πλαίσια, κλπ)
- κινητά (σάκοι, φύλλα, νάιλον, κλπ)

- Μέσα άρδευσης

- με ασυνεχή ροή (ανακυκλούμενα ή μη)
- με συνεχή ροή ανακυκλούμενα (π.χ. NFT - στοιβάδα θρεπτικού διαλύματος)

Για την περιγραφή των διαφορετικών συστημάτων υδροπονικής καλλιέργειας συνιστάται συνεπώς πώς να γίνεται περιγραφή καθενός από τα παραπάνω συστήματα καλλιέργειας σε σάκους περλίτη με ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα με συνεχή ροή κ.α.). Τα συστήματα διακρίνονται σε ανακυκλούμενο και μη διάλυμα και στη συνέχεια αναφέρονται ως κυριότερα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας τα ακόλουθα:

- I. Σύστημα με ψεκασμό του ριζικού συστήματος - Αεροπονική καλλιέργεια
- II. Σύστημα στοιβάδας ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος - NFT
- III. Καλλιέργεια σε φυτοδοχεία
- IV. Καλλιέργεια σε πλαίσια
- V. Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα
- VI. Καλλιέργεια σε σάκους (Αγουρίδας, 2006)

2.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ - ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

Οι σημαντικότερες θετικές πτυχές (πλεονεκτήματα) της υδροπονίας παρουσιάζονται παρακάτω:

- ❖ Η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες,
- ❖ Δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους ενώ παράλληλα μειώνεται δραστικά η ανάγκη εφαρμογής φυτοφαρμάκων,
- ❖ Λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου,
- ❖ Ιδιαίτερη χρήσιμη είναι η υδροπονία όταν το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα,
- ❖ Στις υδροπονικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι μειωμένο,
- ❖ Έχει αποδειχτεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα επιφέρει σημαντική πρωίμιση,

- ❖ Η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει γίνει κάποιο λάθος,
- ❖ Η καλλιέργεια των φυτών εκτός εδάφους απαλλάσσει τον καλλιεργητή από τις εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση, κ.λπ.) με αποτέλεσμα, αφενός μεν να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά και αφετέρου να είναι δυνατή η φύτευση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης,
- ❖ Αύξηση των αποδόσεων, οι αποδόσεις των υδροπονικών καλλιεργειών είναι κατά μέσο όρο γύρω στο 15-20% υψηλότερες,
- ❖ Τα παραγόμενα στις υδροπονικές καλλιέργειες καλλωπιστικά φυτά είναι καλύτερης ποιότητας, και τέλος,
- ❖ Υπάρχει η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Χάρη στη δυνατότητα συνεχούς ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται από τα φυτά με συνέπεια να μην διαφεύγουν κάποιες ποσότητες στο περιβάλλον και να το επιβαρύνουν.

Όμως, μια νέα μορφή καλλιέργειας φυτών, έχει και ορισμένα μειονεκτήματα:

- ❖ Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μιας υδροπονικής μονάδας είναι σημαντικό,
- ❖ Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και συχνά πιο έντονη στις υδροπονικές καλλιέργειες,
- ❖ Η εφαρμογή υδροπονίας σε μία θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο,
- ❖ Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό, και τέλος,

- ❖ Ορισμένοι παραγωγοί παραπονιούνται ότι στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη σε σύγκριση με το έδαφος (Τζωρτζάκης, 2008).

2.4 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ NFT (Nutrient Film/Flow Technique - Τεχνική Λεπτής Θρεπτικής Στοιβάδας)

Είναι μια υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δεν γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, το οποίο όμως είναι τρεχούμενο. Το NFT είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται.

Μία εγκατάσταση NFT αποτελείται από ένα σύστημα παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών, μέσα στις οποίες κυλάει θρεπτικό διάλυμα με ρυθμό ροής περίπου 2-3 λίτρων ανά λεπτό, από το σύστημα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος στις υδρορροές, καθώς και από τις εγκαταστάσεις συλλογής του διαλύματος από τις υδρορροές και ανακύκλωσης του. Μέσα σε κάθε υδρορροή τοποθετούνται τα φυτά σε καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι υδρορροές συνήθως είναι κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό πολυαιθυλένιο ή από PVC ή από άλλη πλαστική ύλη ή ακόμα (όμως περιορισμένα) και από γαλβανισμένο μέταλλο. Τα κανάλια από πολυαιθυλένιο είναι δυο στρώσεων, την εσωτερική μαύρου χρώματος και την εξωτερική λευκού χρώματος για να αποφεύγεται η απορρόφηση θερμότητας και η αύξηση της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος, ιδιαίτερα στη διάρκεια ημερών με υψηλή ηλιοφάνεια, αλλά και για να αυξάνεται η ποσότητα της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Είναι συνήθως τριγωνικά σε κάθετη τομή. Για τα περισσότερα είδη το πλάτος είναι συνήθως 22cm, ενώ για αυτά που απαιτούν καλύτερο αερισμό μπορεί να είναι μεγαλύτερο (25-30cm).

Οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών αντιστοιχούν στις αποστάσεις μεταξύ των γραμμών φύτευσης που επιλέγονται να εφαρμοστούν στην εκάστοτε καλλιέργεια. Για να είναι δυνατή η ροή του

διαλύματος μέσα στις υδρορροές, αυτές θα πρέπει να έχουν μια κλίση γύρω στο 1,5-3% κατά μήκος ενώ τα κανάλια δεν θα πρέπει να ξεπερνούν σε μήκος τα 20m, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής συγκέντρωση οξυγόνου. Τα κανάλια που κατασκεύαζε η εταιρεία Nutrient Film Technology Ltd ήταν από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 1-2cm, είχαν πλάτος 25-30cm και μήκος 2-3m. Τα κανάλια έμπαιναν το ένα μετά το άλλο, σχηματίζοντας μια συνεχή γραμμή, όπου τοποθετούνταν στη συνέχεια το φύλλο πλαστικού για το σχηματισμό της λεκάνης καλλιέργειας των φυτών. Η επιθυμητή κλίση επιτυγχάνονταν με των καναλιών επάνω σε ειδικά στηρίγματα **H** με αυξομειούμενο ύψος.

Το θρεπτικό διάλυμα, από την κεντρική εγκατάσταση παρασκευής του μεταφέρεται αρχικά στον χώρο ανάπτυξης των φυτών μέσω σωλήνων κατάλληλης διατομής (Φ_{50} , Φ_{60}) και στη συνέχεια διανέμεται σε μικρότερους σωλήνες οι οποίοι το οδηγούν στην αρχή κάθε υδρορροής. Αφού εισαχθεί στις υδρορροές το διάλυμα αρχίζει να ρέει μέσα στην κοίτη τους λόγω της κλίσης τους. Κατά τη διάρκεια της ροής του το διάλυμα βρέχει τις ρίζες των φυτών και ένα μέρος του απορροφάται από αυτές. Το υπόλοιπο μέρος του διαλύματος διατρέχει όλη την υδρορροή κατά μήκος και αφού φτάσει στο τέλος της, απορρέει και μέσω ειδικά τοποθετημένων σωλήνων ή υδρορροών συλλέγεται και συγκεντρώνεται όλο μαζί σε κάποιο ειδικό δοχείο συγκέντρωσης. Από το δοχείο αυτό το διάλυμα οδηγείται ξανά στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του διαλύματος, είτε μέσω μίας αντλίας, είτε μέσω ελεύθερης ροής, εφόσον υπάρχει υψομετρική διαφορά. Εκεί, το συλλεχθέν διάλυμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία ώστε να αποκτήσει ξανά τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) και ξαναχρησιμοποιείται.

Η αντλία θα πρέπει να εξασφαλίζει τουλάχιστον μια παροχή από 2lt/λεπτό σε κάθε κανάλι. Μια εφεδρική αντλία θα πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε, καθώς ακόμη και μικρής διάρκειας διακοπή στη παροχή του θρεπτικού διαλύματος προς τα φυτά μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες.

Το NFT δίνει τη δυνατότητα για ικανοποιητικό έλεγχο της θερμοκρασίας στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος. Ανάλογα με τις συνθήκες, το θρεπτικό

διάλυμα μπορεί να θερμαίνεται ή να ψύχεται, ώστε η θερμοκρασία στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος να είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα. Όμως, ο έλεγχος της θερμοκρασίας με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατός μόνο όταν η παροχή του θρεπτικού διαλύματος είναι συνεχής και όχι διακεκομμένη.

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος περιορίζει την εφαρμογή του κυρίως σε καλλιέργειες υψηλής αξίας. Η πιο διαδεδομένη καλλιέργεια λαχανικών στο NFT είναι η καλλιέργεια της τομάτας.

Σε μια παραλλαγή του συστήματος NFT, για κάθε γραμμή καλλιέργειας υπάρχουν δυο κανάλια, στα οποία κυκλοφορούν θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής σύστασης και το ριζικό σύστημα των φυτών μοιράζεται και στα δύο κανάλια (Τζωρτζάκης, 2008).

2.5 ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

Όσον αφορά τις υδροπονικές καλλιέργειες, τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έναντι των συμβατικών καλλιεργειών είναι πολλά και ήδη γνωστά. Στην χώρα μας τα τελευταία χρόνια έγινε μια σημαντική προσπάθεια για την εφαρμογή της μεθόδου και τα αποτελέσματα μέχρι στιγμής είναι αρκετά ικανοποιητικά. Όμως ο μικρός αριθμός των στρεμμάτων που καλλιεργούνται με υδροπονικά συστήματα δείχνει ότι η εφαρμογή της μεθόδου βρίσκεται ακόμη σε εμβρυακή κατάσταση. Παρόμοια πειράματα σε Υδροπονικό Σύστημα αγγουριάς έδειξαν ότι:

- Η επίδραση των χουμικών παραγόντων στην ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριού, είχε αρκετά καλά αποτελέσματα και σημειώθηκαν ευεργετικές επιδράσεις των χουμικών οξέων στα φυτά παρότι η γενική απόδοση των φυτών δεν ήταν ικανοποιητική. Ο αριθμός και το βάρος των καρπών ανά φυτό αυξήθηκαν από τη στιγμή που προστέθηκαν τα χουμικά σε σχέση ειδικά με τον μάρτυρα ο οποίος παρουσίασε πολύ μεγάλη διαφορά στις αντίστοιχες κατηγορίες. Θα ήταν επομένως σκόπιμο και προφανώς ευεργετικό να ενημερωθούν οι παραγωγοί για τον τρόπο χρήσεως των χουμικών οξέων στην καλλιέργειά

τους με απώτερο αποτέλεσμα να μειωθεί η χρήση των χημικών λιπασμάτων τα οποία συσσωρεύονται στο έδαφος και μετά από κάποια χρόνια το καθιστούν ακατάλληλο για τις καλλιέργειες (Αγουρίδας, 2006).

- Η έκθεση του θρεπτικού διαλύματος με υψηλή συγκέντρωση NaCl σε υδροπονική καλλιέργεια αγγουριάς (σε NFT) όπου το μισό τμήμα ή ολόκληρο το ριζικό σύστημα ήταν εκτεθειμένο σε αλατότητα σε συνδυασμό με εμπλουτισμό θρεπτικού διαλύματος επηρέασε την ανάπτυξη και την απορρόφηση καλίου από το φυτά. Συγκεκριμένα η έκθεση και των δύο τμημάτων του ριζικού συστήματος της αγγουριάς στην αλατότητα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών κατά 34%. Η μείωση αυτή οφείλονταν αποκλειστικά στη μείωση του μέσου μεγέθους των φύλλων αφού ο αριθμός των φύλλων ανά φυτών δεν επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις. Η έκθεση μέρους του ριζικού συστήματος των φυτών σε κανονικό θρεπτικό διάλυμα πήρε τις αρνητικές επιπτώσεις της έκθεσης του υπόλοιπου ριζικού συστήματος σε αλατότητα, όσον αφορά την ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας. Όσον αφορά την συνολική ανάπτυξη της ρίζας ανά φυτό, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση (24%) όταν και τα δύο τμήματα της ρίζας αναπτύχθηκαν σε αλατούχο διάλυμα. Όταν η ανάπτυξη των δύο τμημάτων της ρίζας έγινε σε περιβάλλον ίδιας ηλεκτρικής αγωγιμότητας, η ανάπτυξη του κάθε τμήματος ήταν ίσης έκτασης. Η ανάπτυξη των δύο τμημάτων της ρίζας όταν έγινε σε περιβάλλον διαφορετικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, η ανάπτυξη του τμήματος της ρίζας που βρίσκονταν στο κανονικό θρεπτικό διάλυμα ήταν διπλάσια συγκριτικά με το αντίστοιχο τμήμα που βρίσκονταν στο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα, το άθροισμα όμως των δυο τμημάτων δεν διέφερε από αυτό του μάρτυρα. Ο λόγος των συγκεντρώσεων Rb/K στα φύλλα των φυτών που είχαν και τα δύο τμήματα της ρίζας τους σε περιβάλλον αλατότητας έδειξε ίδιο ρυθμό απορρόφησης των δύο στοιχείων. Όταν μονάχα το μισό ριζικό σύστημα ήταν σε αλατότητα, ο λόγος Rb/K έδειξε ότι η μεγαλύτερη απορροφούμενη ποσότητα K^+ (67%) προήλθε από τη ρίζα που αναπτύχθηκε στο κανονικό διάλυμα. Η μεγαλύτερη έκταση της ρίζας στο τμήμα που αναπτύχθηκε στο κανονικό διάλυμα συγκριτικά με το τμήμα που αναπτύχθηκε στο αλατούχο θρεπτικό διάλυμα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αυξημένη απορρόφηση K^+ από την πλευρά του

κανονικού διαλύματος οφείλεται στην μεγαλύτερη επιφάνεια της ρίζας (Πελεκάνος κ.α., 2009).

- Έπειτα από αξιολόγηση πρωτοβάθμιων, δευτεροβάθμιων και τριτοβάθμιων υγρών αποβλήτων σε καλλιέργεια οπωροκηπευτικών βρέθηκε ότι η καλλιέργεια τομάτας και το αγγουριάς είχαν τα καλύτερα αποτελέσματα και συγκεκριμένα ήταν περισσότερο αναπτυγμένα, ζωηρά, με μεγαλύτερο ύψος, πλούσιο φύλλωμα και με περισσότερη παραγωγή (Παπαγρηγορίου, 2004; Manios *et al.*, 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ

3.1 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η καλλιέργεια της αγγουριάς στη χώρα μας καταλαμβάνει μια έκταση περίπου 30-40000 στρεμμάτων, απ' τα οποία σχεδόν τα 10.000 στρέμματα είναι καλλιέργειες εκτός εποχής (θερμοκηπιακές καλλιέργειες), σε περιοχές της Κρήτης και της Πελοποννήσου αλλά και στη Χαλκιδική (Δημητράκης, 1998). Η ετήσια παραγωγή αγγουριών κυμαίνεται μεταξύ 130-140000 τόνων.

Από την ποσότητα αυτή εξάγεται το 30% περίπου στις χώρες της Δ. Ευρώπης.

Ο μεγαλύτερος όγκος παράγεται από τις αρχές Νοεμβρίου έως τα μέσα Ιανουαρίου περίπου, αξιοποιώντας δηλαδή τις υψηλές θερμοκρασίες του φθινοπώρου (Ζιώγας κ.α., 1992) (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1: Καρποί αγγουριάς.

3.2 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η λατινική ονομασία της αγγουριάς είναι *Cucumis sativus* και ανήκει στην οικογένεια Cucurbitaceae, είναι φυτό πολυετές βοτανικά αλλά καλλιεργείται σαν ετήσιο, ανήκει στα φυτά θερμής εποχής, ζημιώνεται δηλαδή από θερμοκρασίες κάτω των 10°C. Το εδώδιμο τμήμα του είναι ο άγουρος καρπός ενώ έχει αυξημένη προτίμηση λόγω της δροσιστικής του γεύσης και της διαιτητικής του αξίας, επειδή περιέχει πολύ λίγες θερμίδες. Είναι φυτό

πωδες, έρπον ή αναρριχώμενο, με κληματίδες που φέρουν έλικες για τη στήριξη του. Τα φύλλα είναι απλά με λωβούς γωνιώδους απολήξεως (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2: Φύλλο αγγουριάς.

Από άποψη αναπαραγωγικών οργάνων, το φυτό είναι μόνοικο και δίκλινες. Στο ίδιο φυτό δηλαδή υπάρχουν άνθη μόνο αρσενικά και άνθη μόνο θηλυκά, που βρίσκονται στις μασχάλες των φύλλων (Εικόνα 3.3). Τα άνθη διακρίνονται εύκολα γιατί τα θηλυκά βρίσκονται πάνω στον υποτυπώδη καρπό που είναι η αγωνιμοποίητη ωοθήκη και έχουν χονδρό μίσχο, ενώ στα αρσενικά ο μίσχος είναι λεπτός και μακρύς. Επίσης, τα αρσενικά εμφανίζονται κατά ομάδες ανά 3-4, ενώ τα θηλυκά είναι μονήρη.



Εικόνα 3.3: Θηλυκά άνθη αγγουριάς.

Η γονιμοποίηση κανονικά γίνεται με τα έντομα και κυρίως μέλισσες, οι καλλιεργούμενες σε θερμοκήπιο ποικιλίες όμως που έχουν μόνο θηλυκά άνθη, παράγουν τους καρπούς τους παρθενοκαρπικά. Το φυτό στα πρώτα στάδια της ζωής του αναπτύσσει μια πρωτεύουσα ρίζα, γρήγορα όμως σταματά την ανάπτυξή της και παράγει πολλές πλευρικές, μάλλον επιφανειακά (χρειάζεται συχνό πότισμα με μικρή ποσότητα νερού).

Οι ποικιλίες χωρίζονται σε κανονικές και αυτοκλαδεύόμενες που έχουν και μικρότερη διάρκεια ζωής από ότι οι πρώτες (Γιαλιάς και Γάτος, 2003). Υπάρχουν πολλά συστήματα κλαδέματος και η εφαρμογή του ενός ή του άλλου είδους εξαρτάται από το πότε θέλουμε να πάρουμε τον κύριο όγκο της παραγωγής, από το κλίμα και από τις συνθήκες της περιοχής. Φαίνεται πως το μονοστέλεχο σύστημα δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα για τις συνθήκες της Ελλάδος γιατί η παραγωγή είναι βελτιωμένη και η καταπολέμηση των ασθενειών πιο εύκολη.

Παρακάτω περιγράφονται το κλάδεμα της μεγαλόκαρπης και της μικρόκαρπης-πολυκαρπικής αγγουριάς.

3.2.1 ΚΛΑΔΕΜΑ ΜΕΓΑΛΟΚΑΡΠΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

Από την επιφάνεια του εδάφους και σε ύψος 0,5-1,0m αφαιρούνται όλοι οι πλάγιοι βλαστοί και όλοι οι καρποί ενώ παραμένουν μόνο τα φύλλα. Το ύψος του 1,0m εφαρμόζεται σε πρώιμες φυτείες και του 0,5m σε όψιμες, σύμφωνα πάντοτε με τη ζωνηρότητα του φυτού, δηλαδή όσο πιο ζωνηρό τόσο λιγότερη απόσταση. Στη συνέχεια (στους επόμενους 5 κόμβους) αφαιρούνται οι πλευρικοί βλαστοί και αφήνονται 2-5 καρποί. Κατόπιν αφήνονται 2 πλευρικοί βλαστοί να αναπτυχθούν σε ζωνηρές κυρίως ποικιλίες για να παράγουν 1 καρπό ο καθένας και κλαδεύονται σε 2 φύλλα μετά τον καρπό. Οι καρποί που βρίσκονται στη βάση των δύο πλευρικών αυτών βλαστών αφαιρούνται. Στη συνέχεια πάλι αφαιρούνται οι πλευρικοί βλαστοί και αφήνονται 3-7 καρποί να αναπτυχθούν μέχρι το οριζόντιο σύρμα. Πάνω από το οριζόντιο σύρμα αφήνονται οι δύο βλαστοί (πλάγιοι 1^{ης} τάξης) να μεγαλώσουν και να πέσουν προς τα κάτω, ένας από κάθε πλευρά του φυτού σε σχήμα «ομπρέλας», ενώ κορυφολογείται ο κεντρικός βλαστός (πάνω από το σύρμα). Οι πλάγιοι αυτοί κορυφολογούνται όταν φτάσουν σε απόσταση 0,5m από το έδαφος. Οι καρποί που βρίσκονται στη βάση των δυο πλάγιων αφαιρούνται. Πάνω στους 2 πλάγιους αφαιρούμαι όλους τους βλαστούς (πλάγιοι 2^{ης} τάξης) και εναλλάξ τους καρπούς.

Επτά έως δεκατέσσερις (7-14) καρποί πάνω στον κεντρικό βλαστό θεωρούνται ικανοποιητικοί. Υπάρχει όμως η τάση από πολλούς καλλιεργητές να αφήνονται περισσότεροι καρποί στο κεντρικό βλαστό εάν το φυτό είναι ζωνηρό χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα (υποβάθμιση) στην ποιότητα των καρπών. Γενικά, κάθε φυτό θα πρέπει να εξετάζεται σαν ξεχωριστή περίπτωση όσον αφορά το κλάδεμα ανάλογα με τη ζωνηρότητα και το φορτίο σε καρπούς που φέρει κατά τη στιγμή που γίνεται το κλάδεμα. Πρέπει να διατηρείται μια ισορροπία μεταξύ βλάστησης και καρποφορίας. Το κλάδεμα επαναλαμβάνεται κατά εβδομαδιαία διαστήματα μέχρι να αρχίσει η συγκομιδή ενώ στη συνέχεια γίνεται πιο αραιά ανάλογα την καρποφορία.

3.2.2 ΚΛΑΔΕΜΑ ΜΙΚΡΟΚΑΡΠΗΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

Το κλάδεμα που συνιστάται για τη μικρόκαρπη-πολυκαρπική αγγουριά είναι απλούστερο. Μετά τη μεταφύτευση αφαιρούνται οι πλάγιοι βλαστοί και οι καρποί που αναπτύσσονται στα πρώτα 0,4-0,5m του φυτού, για να δοθεί η ευκαιρία στο φυτό να αναπτυχθεί. Στο επόμενο 0,5m αφαιρούνται μονάχα οι πλάγιοι, ενώ επιτρέπεται να αναπτυχθούν οι καρποί. Στη συνέχεια αφήνεται το φυτό ελεύθερο να σχηματίσει πλάγιους βλαστούς και καρπούς. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πλάγιοι που εμφανίζονται είναι περιορισμένης ανάπτυξης, δηλαδή η ανάπτυξη τους σταματά μετά την έκπτυξη 2-3 φύλλων. Όταν το φυτό φτάσει στο οριζόντιο σύρμα, στερεώνεται και οδηγείται κατά μήκος του σύρματος στη θέση του επόμενου φυτού, το επόμενο στη θέση του μεθεπόμενου κ.ο.κ. Το τελευταίο φυτό της σειράς θα περάσει στην απέναντι γραμμή φύτευσης. Όταν η βλάστηση θεωρείται υπερβολική τότε εφαρμόζεται ένας «κλαδοκάθαρος», δηλαδή αφαιρούνται μερικοί πλάγιοι βλαστοί όταν είναι νεαρής ηλικίας, για να ελεγχθεί η βλάστηση του φυτού και να διευκολυνθεί ο εξαερισμός. Επίσης αφαιρούνται όλοι οι κακοσχηματισμένοι καρποί μόλις εμφανιστούν αλλά και γερασμένα και καταστραμμένα από προσβολές παθογόνων φύλλα (Ολύμπιος, 2001; Πεδιαδιτάκης, 2002) (Εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.4: Άνθη, πλάγιοι βλαστοί, καρποί και φύλλα αγγουριάς.

Η στήριξη των φυτών γίνεται με δέσιμο ενός σπάγκου σε οριζόντιο σύρμα 2 μέτρα πάνω από κάθε φυτό και τύλιγμα του βλαστού γύρω από τον σπάγκο (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5: Στήριξη φυτών αγγουριάς.

Στις εργασίες κλαδέματος περιλαμβάνεται και η αφαίρεση ελίκων που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα αν τυλιχτούν γύρω από τους αναπτυσσόμενους καρπούς (Πεδιαδιδάκης, 2002).

3.3 ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η αγγουριά είναι φυτό θερμής εποχής και δεν αντέχει σε θερμοκρασίες κάτω των 10°C. Αναπτύσσεται σε πολλούς τύπους εδαφών αλλά προτιμά έδαφος αμμοπηλώδες, γόνιμο, καλά στραγγιζόμενο, πλούσιο σε οργανική ουσία, με pH 5,5-7,0. Το αγγούρι προσαρμόζεται για καλλιέργεια σε όλους τους τύπους εδάφους, εφόσον αυτά δεν είναι υπερβολικά αργιλώδη (Εικόνα 3.6). Απαραίτητες συνθήκες είναι οπωσδήποτε, η καλή δομή, η εύκολη αποστράγγιση, η παρουσία ασβεστίου, η ουδέτερη ή ελαφρά αλκαλική αντίδραση. Οι άριστες θερμοκρασίες ανάπτυξης του φυτού κυμαίνονται μεταξύ 18 και 24°C (24°C τη μέρα και 18°C τη νύχτα). Οι θερμοκρασίες εδάφους κάτω των 18°C έχουν ως αποτέλεσμα το ριζικό σύστημα να γίνεται ευαίσθητο σε μυκητολογικές προσβολές. Η σχετική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 70 και 80%, ενώ οι υψηλές υγρασίες πρέπει να αποφεύγονται καθώς ευνοούν τις ασθένειες. Η άνθηση μπορεί να πραγματοποιηθεί στους 16°C ενώ η γύρη βλαστάνει καλά στους 26-30°C.

Για την ωρίμανση του καρπού η ελάχιστη θερμοκρασία δεν πρέπει να κατεβαίνει κάτω από τους 18°C, ειδικά για τις εξωεποχιακές καλλιέργειες, όπου και απαιτείται πρωιμότητα στην ωρίμανση (Παπαδάκης, 2005).



Εικόνα 3.6: Καλλιέργεια αγγουριάς στο έδαφος.

3.4 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Η αγγουριά πολλαπλασιάζεται με σπόρους οι οποίοι τοποθετούνται σε βάθος 1,5-2,0cm, σε ατομικά γλαστράκια κ.τ.λ. σε μείγμα που διατηρείται για μερικές ημέρες (μέχρι να φυτρώσουν) σε θερμοκρασία 25-30°C. Η εποχή σποράς και μεταφύτευσης εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, τον τρόπο καλλιέργειας και τον προορισμό της καλλιέργειας (Πεδιαδιτάκης, 2002).

3.5 ΛΙΠΑΝΣΗ

Η αγγουριά είναι φυτό που αναπτύσσεται γρήγορα και γι' αυτό χρειάζεται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων και νερού για να διατηρηθεί σε κανονικά επίπεδα ο ρυθμός ανάπτυξής του. Η βασική λίπανση γίνεται πριν τη μεταφύτευση κυρίως με P, K και Mg και όταν υπάρχει ζωική κοπριά με προσθήκη 3-4 tn/στρέμμα. Η επιφανειακή λίπανση γίνεται κυρίως με N και K (150 ppm N και 100 ppm K που παρέχονται σε μορφή KNO₃ και NH₄NO₃), που διοχετεύονται στο σύστημα αρδύσεως. Οι ποσότητες των λιπασμάτων

εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως ο καιρός, η ποιότητα του νερού κ.τ.λ. (Πεδιαδιτάκης, 2002).

3.5.1 ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ

Για να πετύχουμε κάποια αντοχή σε αρρώστιες του εδάφους, πρωίμηση της παραγωγής και αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες, μπορούμε να εμβολιάσουμε την ποικιλία που θέλουμε πάνω σε κάποιο ανθεκτικό υποκείμενο, συνήθως το *Cucurbita vicifolia*. Το υποκείμενο φυτεύεται 4-5 ημέρες πριν το εμβόλιο ενώ μετά τον εμβολιασμό είναι απαραίτητη η υψηλή σχετική υγρασία για μερικές μέρες για να έρθουν σε επαφή τα δυο κάμβια μεταξύ εμβολίου και υποκειμένου (Πεδιαδιτάκης, 2002).

3.6 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Όσον αφορά την άρδευση, το αγγούρι είναι είδος που απαιτεί μια σταθερή, μόνιμη υγρασία του εδάφους. Τα φυτά που υποφέρουν από ξηρασία εκτός του ότι έχουν μειωμένη απόδοση, δίνουν καρπούς πιο πικρούς, ακόμα και αν πρόκειται για ποικιλίες χωρίς πικράδα. Σύμφωνα με μερικούς Γάλλους συγγραφείς, υπολογίζεται ότι ένα φυτό αγγουριού, σε πλήρη βλάστηση καταναλώνει 2,3 λίτρα νερό την ημέρα. Οι ποσότητες νερού θα πρέπει να δίνονται κατά μικρά χρονικά διαστήματα, με τρόπο ώστε το έδαφος να διατηρείται πάντοτε στο άριστο σημείο της υδατικής του ικανότητας. Το σημείο αυτό μπορεί να θεωρηθεί άριστο όταν είναι γύρω στο 40-50% της ολικής υδατοχωρητικότητας του εδάφους.

Τα άριστα επίπεδα σε φωτισμό της αγγουριάς είναι 15000-40000 lux και συνθήκες μεγάλης διάρκειας μέρας, γιατί τότε είναι μεγαλύτερη η ένταση του φωτός. Η ανάπτυξη, η άνθιση και η καρποφορία του φυτού είναι άριστη σε μήκος μέρας, μικρότερο από 12 ώρες, με την προϋπόθεση ότι η ένταση του φωτός θα βρίσκεται σε ικανοποιητικό επίπεδο. Σε μέρες βραχείας διάρκειας (κάτω των 8 ωρών) επιμηκύνεται το στέλεχος του φυτού, τα μεσογονάτια

διαστήματα είναι μικρά, τα φύλλα γίνονται μικρά χωρίς έλικες, τα φυτά αποκτούν αδύνατη, χλωμή όψη, μεγαλώνουν και καρποφορούν δύσκολα και περιορίζονται οι αποδόσεις. Το φως επιδρά στην άνθηση και καθορίζει την θέση των ανθέων στην περίπτωση που υπάρχουν και αρσενικά και την σχέση αρρένων - θηλέων μεταξύ των. Την περίοδο του χειμώνα ο φωτισμός είναι φτωχός και γι' αυτό η περατότητα στο φως των υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου πρέπει να προσεχθεί, ώστε το πλαστικό ή το γυαλί να είναι τελείως καθαρά από σκόνη, ασβέστη, στόκο ή άλλες ουσίες. Την άνοιξη, το καλοκαίρι και το φθινόπωρο η ένταση του φωτισμού είναι πολύ μεγάλη (πάνω από 8000 lux).

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα είναι κανονικά 0,03% ή 300 ppm και στα θερμοκήπια συνήθως 0,08% ή 800ppm, εφ' όσον έχει γίνει προσθήκη στο έδαφος οργανικής ουσίας. Όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού βρίσκονται σε άριστα επίπεδα (πλήρως ελεγχόμενα γυάλινα θερμοκήπια), πρέπει να εξετάζεται η τεχνοοικονομική δυνατότητα εμπλουτισμού του θερμοκηπίου με διοξείδιο του άνθρακα και σε επίπεδα μέχρι 1500-2000ppm την περίοδο του χειμώνα που τα ανοίγματα του εξαερισμού του θερμοκηπίου είναι κλειστά και δεν λειτουργούν οι εξαεριστήρες (Νοέμβριο - Μάρτιο). Με τον εμπλουτισμό σε διοξείδιο του άνθρακα αναφέρονται αυξήσεις των στρεμματικών αποδόσεων ποσοτικά και ποιοτικά 30-50% στο αγγούρι. Η συγκέντρωση του CO₂ στο θερμοκήπιο θα πρέπει να ελέγχεται τακτικά ειδικότερα τις ηλιόλουστες ημέρες όπως και τις χειμερινές όπου το θερμοκήπιο αερίζεται λιγότερο. Επίσης το CO₂ μπορεί να αυξηθεί χωρίς να έχει γίνει εμπλουτισμός ειδικότερα τις πρωινές ώρες (έως 1000ppm) γι' αυτό θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή (Γιαλιάς και Γάτος, 2003).

3.7 ΕΧΘΡΟΙ - ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

Οι κυριότεροι ζωικοί εχθροί της αγγουριάς είναι: Τετράνυχος, Αφίδες, Βρωμούσα, Άλτης των κολοκυνθοειδών και Νηματώδεις.

Οι κυριότερες ασθένειες είναι: Βοτρύτης, Ωίδιο, Ψευδοπερονόσπορος, Αλτερνάρια και Μωσαικό Νο 1 και 2.

3.8 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ

1. Τοπική διόγκωση του καρπού
2. Εντονη κύρτωση του καρπού (Εικόνα 3.7)
3. Πίκριση του καρπού (Πεδιαδιτάκης, 2002).



Εικόνα 3.7: Φυσιολογικές ανωμαλίες.

3.9 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ - ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Η συγκομιδή αρχίζει περίπου δύο μήνες μετά την μεταφύτευση (2,5-5 μήνες από την σπορά), και γίνεται με το χέρι κάθε 1-2 μέρες ανάλογα με τις συνθήκες. Η παραγωγή είναι γύρω στους 10-12tn/στρέμμα. Οι καρποί συλλέγονται, τοποθετούνται σε πλαστικά κιβώτια και μεταφέρονται στο συσκευαστήριο στην πόλη προσεκτικά να μη τραυματισθούν. Διατηρούνται

άριστα σε θερμοκρασία 10-11°C και με σχετική υγρασία 90% για 10-15 μέρες (Πεδιαδιτάκης, 2002) (Εικόνα 3.8).



Εικόνα 3.8: Καρποί έτοιμοι προς συγκομιδή.

3.10 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΑ

Μερικές από τις πλέον διαδεδομένες ποικιλίες που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι:

- ❖ Αγγούρι μακρύ: CRETA, TOYNTRA, ZOUGLA, CRETA RZ, SARIC F1, DIAS, NEVARA, HANA, 722 VIRGINIA, BETHALPHA, COLUMBIA F1, NOVA F1, SHERRA F1
- ❖ Αγγούρι κοντό: AVLOS, KNOSOU, ROBIN, BARAKA, SAED, MULTINA, BASIL, SELIM, KASPIAN, KAMARON, BALORE (Εικόνα 3.10).

Τα κυριότερα υβρίδια είναι τα παρακάτω:

- ❖ KASTOR

- ❖ VALTOS
- ❖ DELTA STAR
- ❖ HENDE
- ❖ HANA



Εικόνα 3.9: Μεγαλόκαρπο και μικρόκαρπο αγγούρι.

3.11 ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ

Το αγγούρι με την εξαιρετική δροσιστική γεύση, περιέχει πλήθος θρεπτικές ουσίες, παρά το γεγονός ότι περιέχει νερό σε ποσοστό 96%. Οι ουσίες αυτές περιλαμβάνουν αντιοξειδωτικές βιταμίνες Α και C, καθώς και μέταλλα, όπως ασβέστιο, κάλιο, μαγγάνιο και θείο. Τα μέταλλα προστατεύουν τα νύχια από το σπάσιμο και διατηρούν τα μαλλιά υγιή ενώ το κάλιο ρυθμίζει την πίεση του αίματος.

Λόγω της χαμηλής θερμιδικής αξίας, το αγγούρι είναι κατάλληλη τροφή για όσους κάνουν δίαιτα αδυνατίσματος ενώ η διουρητική του δράση επιτείνει την απώλεια βάρους σε περίπτωση κατακράτησης υγρών (Εικόνα 3.10).



Εικόνα 3.10: Κομμένοι καρποί αγγουριού.

Προερχόμενο από την Ανατολή, όπου επί χιλιάδες χρόνια η ικανότητα του να δροσίζει και να ξεδιψάει αποδείχτηκε πολύτιμη στη ζέστη, το αγγούρι είναι ένα από τα πρώτα λαχανικά που καλλιεργήθηκαν συστηματικά. Οι θεραπευτικές ιδιότητες χρησιμοποιούνται από παλιά για την αντιμετώπιση της ζέστης και της φλόγωσης του σώματος. Στην Ινδία το αγγούρι τρώγεται για να δροσίζεται το στομάχι και να εξισορροπηθούν τα καυτερά φαγητά. Ο χυμός του με νερό είναι μια παλιά λαϊκή Ευρωπαϊκή θεραπεία για τον πυρετό. Μερικές φορές έβαζαν ένα αγγούρι δίπλα στο άρρωστο παιδί και θεωρούσαν ότι απορροφούσε τη θερμότητα του πυρετού. Ο Gerard, Άγγλος βοτανολόγος του 16^{ου} αιώνα, συνέστηνε αγγούρι για τα πνευμονικά προβλήματα, την φλεγμονή του στομάχου και της κύστης, και τους ερεθισμούς του δέρματος. Υποστήριζε όμως, πως το αγγούρι «γεμίζει τις φλέβες με ζωηρούς, δροσερούς χυμούς». Ιδανικά για το καλοκαίρι, τα ποτά με αγγούρι μας δροσίζουν και προλαμβάνουν την ιδρώτα και την κνίδωση (ουρτικάρια).

Ο χυμός του αγγουριού μπορεί να εξαχθεί τοποθετώντας φέτες ξεφλουδισμένου αγγουριού σε ένα σκεύος και κατόπιν πιέζοντας τις σε ένα λεπτό ύφασμα. Με γιαούρτι και μέντα, το αγγούρι γίνεται ένα νόστιμο συνοδευτικό για κρύα πιάτα και σούπες, το οποίο ανακουφίζει τη φλόγωση της πεπτικής οδού, τις καούρες και τη δυσπεψία, και καταπολεμά τις γαστρεντερικές λοιμώξεις. Για να αποδώσει τη μέγιστη θρεπτική του αξία, πρέπει να τρώγεται με τη φλούδα (McIntyre, 2005).

ΜΕΡΟΣ Β ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

4.1 ΤΟΠΟΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Η πειραματική μελέτη για την αξιολόγηση πρωτοβάθμιων και δευτεροβάθμιων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για τις αρδευτικές ανάγκες υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριάς πραγματοποιήθηκε στο Ηράκλειο Κρήτης και συγκεκριμένα στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στο χώρο του Αγροκτήματος του τμήματος Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιέργειών και Ανθοκομίας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης (Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης), στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου «Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους». Το πείραμα διήρκησε 6 εβδομάδες εκ των οποίων τη πρώτη εβδομάδα λειτουργούσε με τη προσθήκη μόνο θρεπτικού διαλύματος και τις υπόλοιπες 5 με τη προσθήκη επεξεργασμένων αποβλήτων πρώτου και δεύτερου βαθμού. Πιο συγκεκριμένα το πείραμα ξεκίνησε στις 15/4/2009 και ολοκληρώθηκε στις 26/5/2009.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος παρατηρήθηκε και καταγράφηκε ανάπτυξη και η παραγωγή των φυτών και πιο συγκεκριμένα μετρήθηκαν σε εβδομαδιαία κλίμακα:

- ❖ Η διάμετρος του κεντρικού στελέχους
- ❖ Ο αριθμός των φύλλων και το μέγεθος (μήκος X πλάτος) συγκεκριμένου φύλλου
- ❖ Το ύψος του φυτού
- ❖ Ο αριθμός των σχηματιζόμενων ανθέων και συγκομισμένων καρπών
- ❖ Τα επίπεδα της χλωροφύλλης
- ❖ Ο φθορισμός των φύλλων
- ❖ Η φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων

- ❖ Η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων
- ❖ Η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ των φύλλων
- ❖ Το pH του διαλύματος απορροής
- ❖ Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του διαλύματος απορροής
- ❖ Η κατανάλωση νερού, θρεπτικού διαλύματος και νιτρικού οξέος (για την ρύθμιση του pH)
- ❖ Το νωπό βάρος καρπών και η παραγωγή
- ❖ Τη διάμετρο και το μήκος του καρπού
- ❖ Ανάπτυξη μικροοργανισμών (ολικά και θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια, σαλμονέλα)

Όταν ολοκληρώθηκε το πείραμα πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις όσο αφορά:

- ❖ Το νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος και της ρίζας
- ❖ Το μήκος της ρίζας
- ❖ Το νωπό και το ξηρό βάρος της ρίζας

4.2 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΥΤΩΝ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

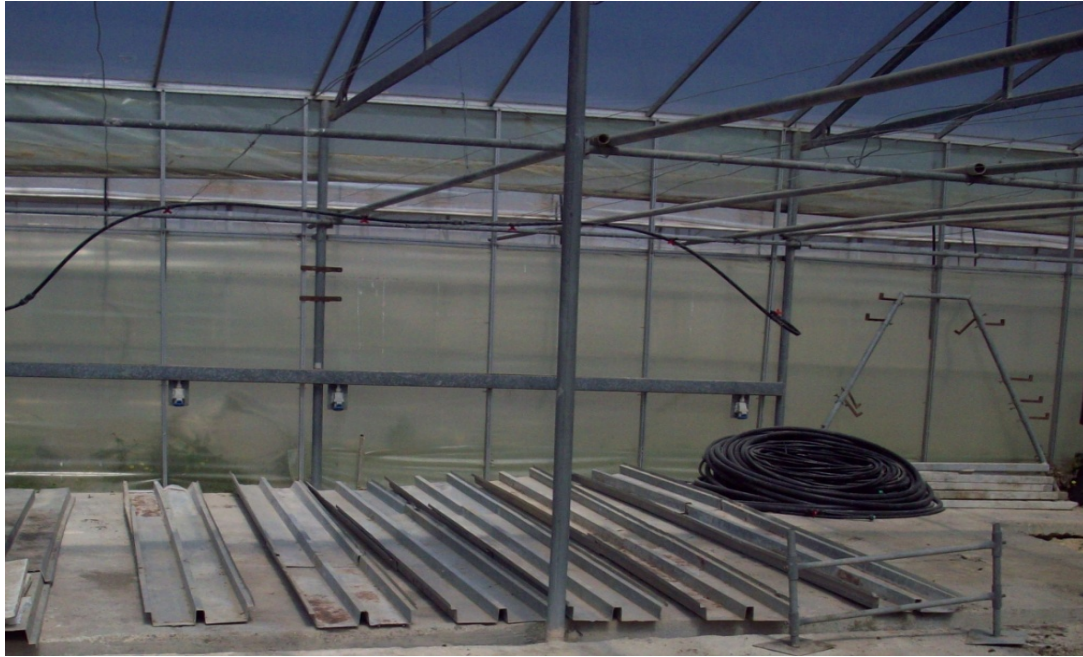
Στο υποκεφάλαιο αυτό, γίνεται αναφορά για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις εργασίες που πραγματοποιήθηκαν τόσο για την προετοιμασία όσο και για την εγκατάσταση των φυτών αγγουριάς σε σύστημα NFT.

Από τον χώρο του θερμοκηπίου χρησιμοποιήθηκε ένα τμήμα περίπου 50τ.μ., το δάπεδο ήταν από μπετό, απομονωμένο από το έδαφος, όπου αυτό συνεπάγεται και απομόνωση από τα διάφορα εδαφογενή παθογόνα/παράσιτα.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή και υλοποίηση του πειράματος είναι τα ακόλουθα:

- ❖ 8 γαλβανιζέ λαμαρίνες με δύο κανάλια η κάθε μία, κατάλληλες για υδροπονική καλλιέργεια (Εικόνα 4.1)

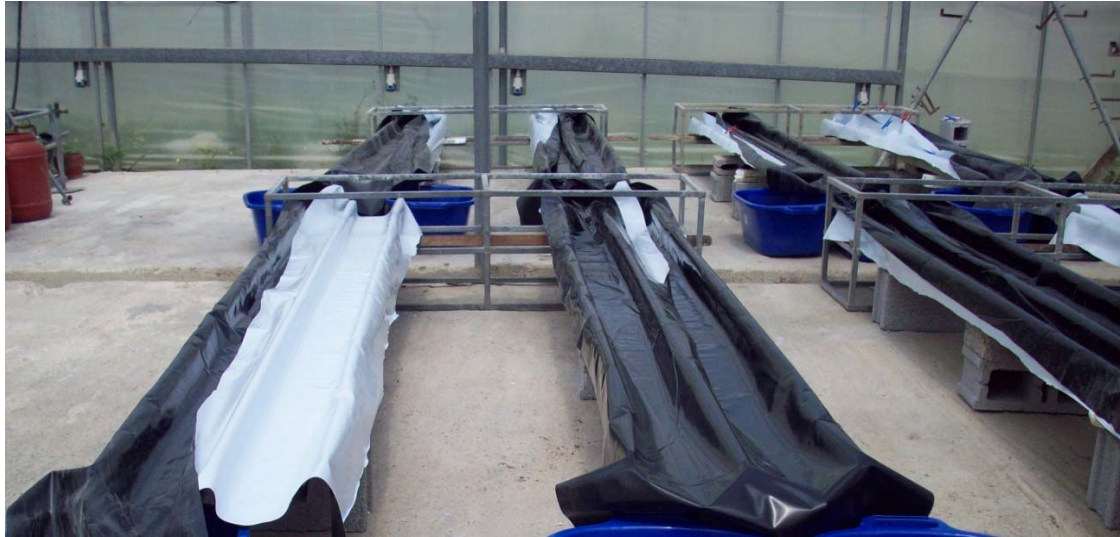
- ❖ Ειδικές κατασκευές ή κατασκευές τύπου **H** για τη στήριξη και ανύψωση των καναλιών από το έδαφος (Εικόνα 4.2)
- ❖ 30 νάιλον 2 διαφορετικών διαστάσεων, 3×0,80 m για τη βάση της λαμαρίνας και 3.5×0.45m για το κάθε κανάλι ξεχωριστά. Τα νάιλον ήταν διπλής όψεως, όπου η λευκή πλευρά ήταν εξωτερικά ενώ η μαύρη εσωτερικά (Εικόνα 4.3)
- ❖ 15 λάστιχα άρδευσης Φ₂₀, 3,5m, χωρίς σταλακτήρες
- ❖ 6 βαρέλια των 30 λίτρων για τη κατασκευή των πυκνών θρεπτικών διαλυμάτων (Εικόνα 4.4)
- ❖ 2 βυτία των 1000 λίτρων για τη τοποθέτηση των αποβλήτων (ένα για τα πρωτοβάθμια και ένα για τα δευτεροβάθμια)
- ❖ 15 υποβρύχιες αντλίες (τύπου EHEIM compact 1000), για την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος στα κανάλια και 1 αντλία για τη μεταφορά των αποβλήτων από τα βυτία στις λεκάνες (Εικόνα 4.5)
- ❖ 15 λεκάνες (ως δεξαμενές) χωρητικότητας 35 λίτρων (Εικόνα 4.6)
- ❖ Σύρμα για τη στήριξη του πλαστικού στα κανάλια, σπάγκο για την υποστήριξη των φυτών καθώς και μανταλάκια για τη δημιουργία της τριγωνικής δομής του συστήματος NFT
- ❖ 95 φυτά μικρόκαρπης αγγουριάς ποικ. Κνωσού (Εικόνα 4.7), από το φυτώριο Κρόνος, που βρίσκεται στην Ιεράπετρα, από τα οποία χρησιμοποιήθηκαν τα 90 για μεταφύτευση στα κανάλια.



Εικόνα 4.1: Γαλβανιζέ λαμαρίνες με δύο κανάλια.



Εικόνα 4.2: Στήριγμα **H** για την κατασκευή του συστήματος NFT.



Εικόνα 4.3: Τοποθέτηση της λευκής όψης του νάιλον στη βάση της λαμαρίνας και της μαύρης στο εσωτερικό σε κάθε κανάλι ξεχωριστά.



Εικόνα 4.4: Δοχεία 30 λίτρων για τη κατασκευή του θρεπτικού διαλύματος.



Εικόνα 4.5: Υποβρύχιες αντλίες EHEIM compact 1000.



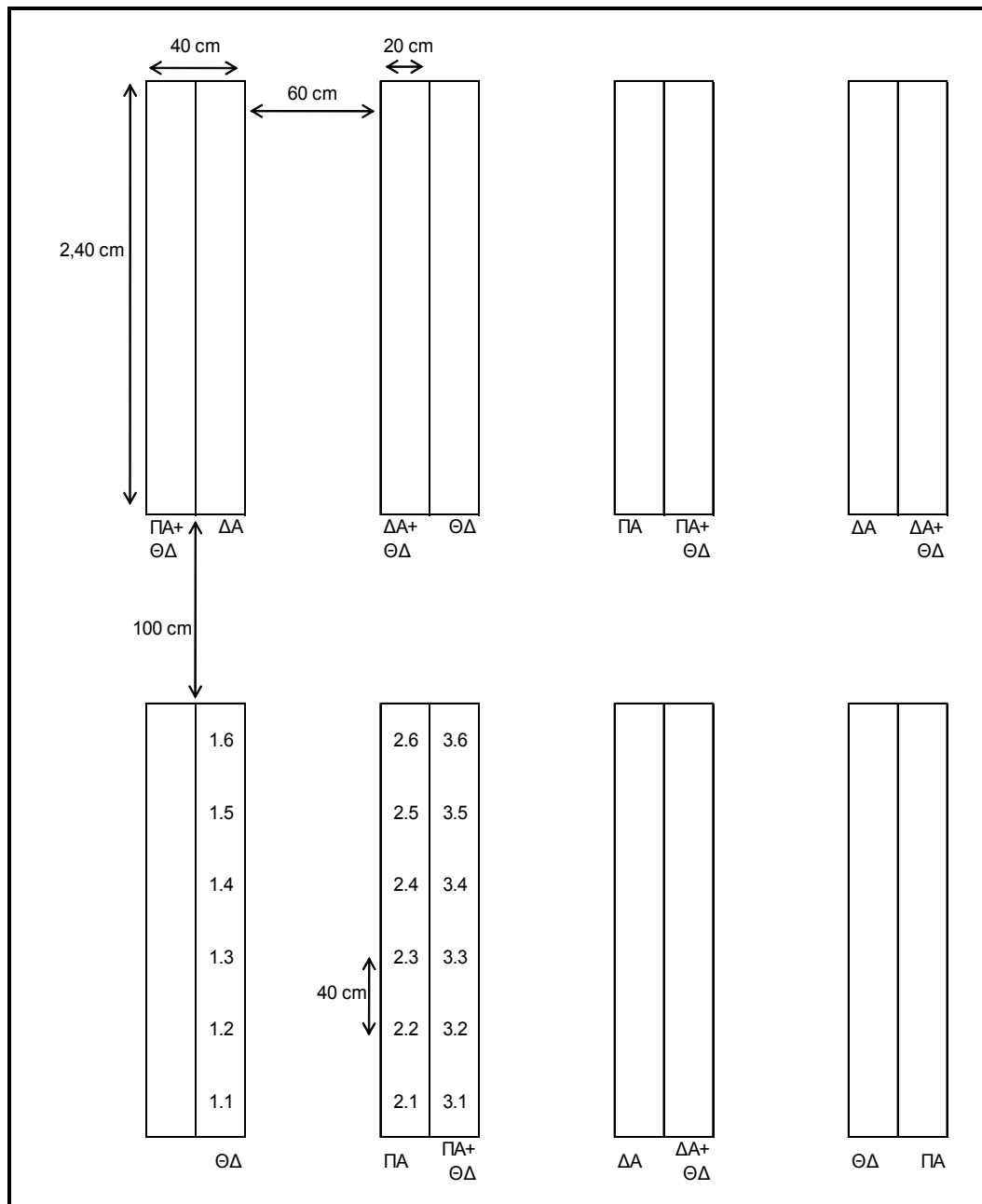
Εικόνα 4.6: Λεκάνες 35 λίτρων, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως δεξαμενές απορροής.



Εικόνα 4.7 : Σπορόφυτα μικρόκαρπης αγγουριάς.

Κατασκευάστηκαν 15 κανάλια (Εικόνα 4.8) με 5 διαφορετικές επεμβάσεις, όπου η κάθε επέμβαση αποτελούνταν από 3 επαναλήψεις, οι οποίες ήταν:

1. Μάρτυρας (ΘΔ)
2. Πρωτοβάθμια απόβλητα (ΠΑ)
3. Πρωτοβάθμια απόβλητα και θρεπτικό διάλυμα (ΠΑ+ΘΔ₁)
4. Δευτεροβάθμια απόβλητα (ΔΑ)
5. Δευτεροβάθμια απόβλητα και θρεπτικό διάλυμα (ΔΑ+ΘΔ₂)



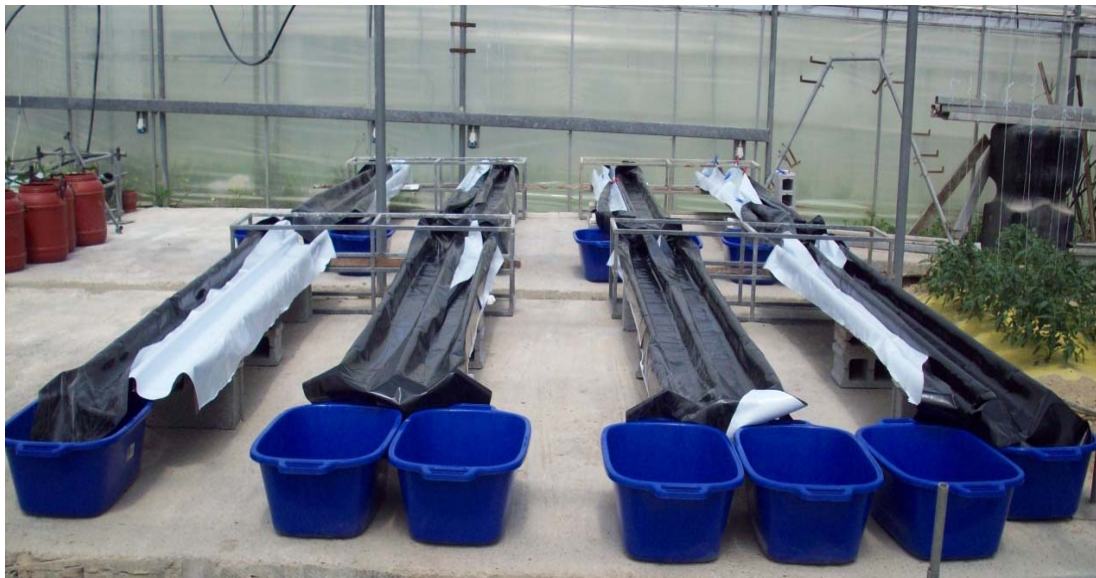
Εικόνα 4.8: Σχεδιάγραμμα με κανάλια συστήματος NFT με 5 διαφορετικές επεμβάσεις.

Η διαδικασία κατασκευής των καναλιών σε κλειστό υδροπονικό σύστημα NFT είναι η εξής: Αρχικά έγινε διευθέτηση του χώρου του θερμοκηπίου στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τα στηρίγματα **H** τα οποία είχαν μια ελαφριά κλίση 1-3% (για να διευκολύνεται η ροή του θρεπτικού διαλύματος σε όλο το μήκος του καναλιού) και απόσταση 60cm το ένα με το άλλο. Εκεί τοποθετήθηκαν οι γαλβανιζέ λαμαρίνες με απόσταση 1,20m το ένα κανάλι από το άλλο.

Επάνω στις λαμαρίνες τοποθετήθηκαν τα φύλλα πλαστικού. Πρώτα το πλαστικό που είχε διαστάσεις 3×0,80m με τη λευκή επιφάνεια από τη πάνω πλευρά ενώ πάνω από αυτό τοποθετήθηκε ένα δεύτερο φύλλο πλαστικού με διαστάσεις 3,5×0,45m με την λευκή επιφάνεια από την επάνω μεριά (Εικόνα 4.9).

Στις δύο άκρες των καναλιών τοποθετήθηκε σύρμα το οποίο στερεώθηκε στα άκρα των στηριγμάτων **H** έτσι ώστε αφού τοποθετηθούν τα φυτά το πλαστικό θα κλείσει από τις άκρες με μανταλάκια και θα στερεωθεί στο σύρμα.

Στο τέλος κάθε καναλιού τοποθετήθηκαν λεκάνες, μέσα στις οποίες είχαν τοποθετηθεί οι υποβρύχιες αντλίες νερού όπου ήταν συνδεδεμένες με το σωλήνα άρδευσης ο οποίος κατέληγε στο τέλος του καναλιού έτσι ώστε το θρεπτικό διάλυμα ή τα απόβλητα, ανάλογα με την επέμβαση, να πέφτει μέσα στο κανάλι και να γίνεται ανακύκλωση (Εικόνες 4.10-4.11).



Εικόνα 4.9: Φύλλα πλαστικού τοποθετημένα επάνω στα κανάλια.



Εικόνα 4.10: Σωλήνας άρδευσης που ξεκινάει από τη λεκάνη (όπου είναι συνδεδεμένος με την αντλία) και καταλήγει στο τέλος του καναλιού για να γίνει η ανακύκλωση.



Εικόνα 4.11: Κλείσιμο των νάιλον με μανταλάκια (για να μη εισέρχεται φώς στη ρίζα).

Αφού πραγματοποιήθηκαν οι παραπάνω εργασίες, τοποθετήθηκαν τα φυτά στην οριστική τους θέση στα κανάλια, έχοντας αφαιρέσει μέρος από το βάση (πάτο) του πλαστικού δοχείου όπου αναπτύχθηκαν τα σπορόφυτα απόσταση 0,40m μεταξύ τους. Στο κάθε κανάλι τοποθετήθηκαν 6 φυτά. Τα φυτά υποστύλωθηκαν με σπάγκο, από τη βάση, τυλίγοντας το βλαστό ενώ ο σπάγκος δέθηκε σε οριζόντιο σύρμα (περίπου 2m από το έδαφος) (Εικόνα 4.12).

Τέλος τοποθετήθηκαν χρωμοπαγίδες δύο ειδών, κίτρινου και μπλε χρώματος για την παγίδευση διάφορων εντόμων (Εικόνα 4.13).



Εικόνα 4.12: Τοποθέτηση και δέσιμο των φυτών με σπάγκο στην τελική τους θέση.



Εικόνα 4.13: Χρωμοπαγίδες κίτρινου και μπλε χρώματος.

Κατασκευάστηκαν 15 κανάλια με 5 διαφορετικές επεμβάσεις, οι οποίες έχουν ως εξής: στο πρώτο κανάλι εγκαταστάθηκαν φυτά του μάρτυρα (πλήρες θρεπτικό διάλυμα), στο δεύτερο κανάλι επεξεργασμένα απόβλητα πρώτου βαθμού, στο τρίτο κανάλι επεξεργασμένα απόβλητα πρώτου βαθμού με θρεπτικό διάλυμα, στο τέταρτο κανάλι επεξεργασμένα απόβλητα δεύτερου βαθμού και τέλος στο πέμπτο κανάλι επεξεργασμένα απόβλητα δεύτερου βαθμού με θρεπτικό διάλυμα, ενώ η παραπάνω ακολουθία έγινε 3 φορές για να δημιουργηθούν οι απαραίτητες 3 επαναλήψεις (Εικόνα 4.14).



Εικόνα 4.14: Ολοκλήρωση εργασιών και τελική εμφάνιση πειράματος.

4.3 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

4.3.1 ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Τα απόβλητα πρώτου βαθμού τα προμηθεύτηκαν από τις εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού Ηρακλείου ενώ τα δευτεροβάθμια από τον Υδροβιότοπο του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης από το εργαστήριο «Διαχείρισης Στερεών

Υπολειμμάτων & Υγρών Αποβλήτων» όπου πραγματοποιείται και η δευτεροβάθμια επεξεργασία. Η χημική και μικροβιολογική ανάλυση των πρωτοβάθμιων και δευτεροβάθμιων αποβλήτων φαίνονται στους Πίνακες 4.1 και 4.2, σύμφωνα με αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο και σε προηγούμενες μελέτες (Παπαγρηγορίου, 2004).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: Χημική και μικροβιολογική ανάλυση πρωτοβάθμιων υγρών αποβλήτων.

ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ		
Parameter	n	Mean (min-max)
Total-N (mg L ⁻¹)	51	70 (52-87)
Total-P (mg L ⁻¹)	51	15 (8-21)
NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	51	11.3 (1.7-32.1)
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	50	0.85 (0-0.30)
Total coliforms (CFU ml ⁻¹)x10 ³	7	411 (174-690)
Fecal coliforms (CFU ml ⁻¹)x10 ³	7	39 (14-73)
Fecal streptococci (CFU ml ⁻¹)x10 ³	7	46 (10-85)

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	
Total-N (mg L ⁻¹)	28.0 ± 5.1
Total-P (mg L ⁻¹)	8.6 ± 0.7
NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	27.8 ± 13.3
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	4.4 ± 2.0

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2:
Χημική
ανάλυση
δευτεροβάθμι
ων
αποβλήτων.

4.3.2 ΘΡΕΠΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ

Για τις θρεπτικές ανάγκες της καλλιέργειας, χρησιμοποιήθηκε βασικό πυκνό (1/100) θρεπτικό υδροπονικό διάλυμα, το οποίο διαχωριζόταν σε δυο δοχεία, το δοχείο Α και το δοχείο Β, χωρητικότητας 30lit έκαστο. Τα χημικά λιπάσματα ή στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος ήταν για το δοχείο Α: Calcium nitrate (Νιτρικό ασβέστιο), Potassium nitrate (Νιτρικό κάλιο), Ammonium nitrate (Νιτρικό αμμώνιο), Fe-chelate (Χηλικός σίδηρος) και για το δοχείο Β: Potassium nitrate (Νιτρικό κάλιο), Magnesium sulphate (Θειικό μαγνήσιο), Magnesium nitrate (Νιτρικό μαγνήσιο), Potassium sulphate (Θειικό κάλιο), Phosphoric acid (Φωσφορικό οξύ - 86% κ.ο.), Manganese sulphate (Θειικό μαγγάνιο), Zinc sulphate (Θειικός ψευδάργυρος), Copper sulphate (Θειικός χαλκός), Boric acid (Βορικό οξύ), Ammonium heptamolybdate (Αμμωνιακό μολυβδαίνιο), 5% κ.ο., Nitric acid (Νιτρικό οξύ). Επομένως το βασικό θρεπτικό διάλυμα είχε την παρακάτω σύσταση: $\text{NO}_3\text{-N} = 17,00$; $\text{NH}_4\text{-N} = 0,60$; $\text{K} = 8,00$; $\text{PO}_4\text{-P} = 1,00$; $\text{Ca} = 5,50$; $\text{Mg} = 2,25$; $\text{SO}_4\text{-S} = 1,56$ και $\text{Na} = 1,30 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ και Β = $40,52$; $\text{Fe} = 20,39$; $\text{Mn} = 12,02$; $\text{Cu} = 1,10$; $\text{Zn} = 5,02$ και $\text{Mo} = 0,52 \text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ αντίστοιχα, με επιθυμητή τιμή pH 5,6 και EC 2,41dS/m.

Στα συμπληρωματικά διαλύματα $\Theta\Delta_1$ και $\Theta\Delta_2$ για την μεταχείριση των πρωτοβάθμιων και δευτεροβάθμιων υγρών αποβλήτων αντίστοιχα είχαν περιεκτικότητα $\text{NH}_4\text{-N} = 0,81 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ και $\text{P} = 0,48 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ για τα ΠΑ και $\text{NH}_4\text{-N} = 1,75 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ και $\text{P} = 0,28 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ για τα ΔΑ, αντίστοιχα.

4.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ

Οι καλλιεργητικές φροντίδες που εφαρμόστηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν ο έλεγχος παροχής θρεπτικού διαλύματος και αποβλήτων στα κανάλια.

Η καλλιέργεια παρακολουθήθηκε σε καθημερινή βάση για τυχόν μεταχρωματισμούς, μαρασμούς, κάποια παραμόρφωση σε καρπό, βλαστό ή φύλλα και γενικά τυχόν προβλήματα στην ανάπτυξη του φυτού. Τέλος ανά τρεις μέρες περίπου γινόταν συμπλήρωμα αποβλήτων και θρεπτικού διαλύματος στις λεκάνες. Επίσης καθημερινά ελεγχόταν οι αντλίες για να τη σωστή λειτουργία τους και για τυχόν βλάβη.

Για τη διευκόλυνση στις καθημερινές μετρήσεις μας, μετά τη τοποθέτηση των φυτών στα κανάλια, πραγματοποιήθηκε κωδικοποίηση του συστήματος ως εξής σε όλα τα κανάλια:

- ❖ 1.1
- ❖ 1.2
- ❖ 1.3
- ❖ 1.4
- ❖ 1.5
- ❖ 1.6

Όπου 1 το πρώτο κανάλι και 1 το πρώτο φυτό και αντίστοιχα ισχύει και για τα υπόλοιπα κανάλια και φυτά (2.1, 2.2, 2.3, 2.4.....3.1, 3.2, 3.3, 3.4....)

Στη συνέχεια από τα αριθμημένα φυτά επιλέξαμε τα 4 ενδιάμεσα (από τα 6 φυτά ανά κανάλι, για αποφυγή του αλληλοεπίδρασης περιμετρικών φυτών-site effect) για τις εβδομαδιαίες μετρήσεις που γινόταν.

Κατά την διάρκεια της καλλιέργειας ελέγχονταν κάθε 1 ή 2 ημέρες το pH και η EC των διαλυμάτων απορροής (Εικόνα 4.16), και γινόταν οι απαραίτητες διορθώσεις, δηλαδή προσθήκη νιτρικού οξέος (5% κ.ο.) για μείωση του pH, προσθήκη πυκνών θρεπτικών διαλυμάτων για να επιτευχθεί η επιθυμητή EC και συμπλήρωμα ή ξαναγέμισμα των λεκανών με απόβλητα ή νερό.



Εικόνα 4.16: Φορητό πεχάμετρο και αγωγιμόμετρο (Hanna HI 98130).

4.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν εβδομαδιαίως από την ημέρα που εγκαταστάθηκαν τα φυτά, ξεκινώντας από τη δεύτερη εβδομάδα μετά που τοποθετήθηκαν στη τελική τους θέση (24/4/2009).

Πιο αναλυτικά όσον αφορά τα δεδομένα ανάπτυξης, πραγματοποιούνταν οι εξής μετρήσεις κάθε εβδομάδα:

- ❖ η διάμετρος του στελέχους: μετριόταν με το παχύμετρο η διάμετρος του κεντρικού στελέχους στα 20cm ύψος (Εικόνα 4.17)
- ❖ ο αριθμός φύλλων: μετριόταν ο συνολικός αριθμός των φύλλων του φυτού οπτικά
- ❖ το μέγεθος ενός συγκεκριμένου φύλλου: είχε οριστεί ένα συγκεκριμένο φύλλο και μετριόταν το μήκος και το πλάτος του φύλλου κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας
- ❖ το ύψος του φυτού: με μέτρο καταγράφονταν το ύψος του φυτού από τη βάση
- ❖ ο αριθμός των σχηματισθέντων ανθέων και καρπών: μετριόταν οπτικά ανά ταξιανθία και συνολικά σε όλο το φυτό
- ❖ το νωπό και το ξηρό βάρος καρπών: το νωπό βάρος των καρπών μετριόταν μετά από κάθε συγκομιδή με ζυγαριά ακριβείας (κάθε καρπός ζυγιάζονταν ξεχωριστά). Μετά επιλεγόταν από κάθε φυτό ένας

καρπός, κοβόταν ο καρπός σε ροδέλα 2-3 εκατοστών περίπου, μετριόταν το βάρος του τμήματος αυτού, τυλιγόταν σε αλουμινόχαρτο και ακολουθούσε ξήρανση τους (σε φούρνους για 48 ώρες, στους 75°C, στο εργαστήριο Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων και Υγρών Αποβλήτων) (Εικόνα 4.18)

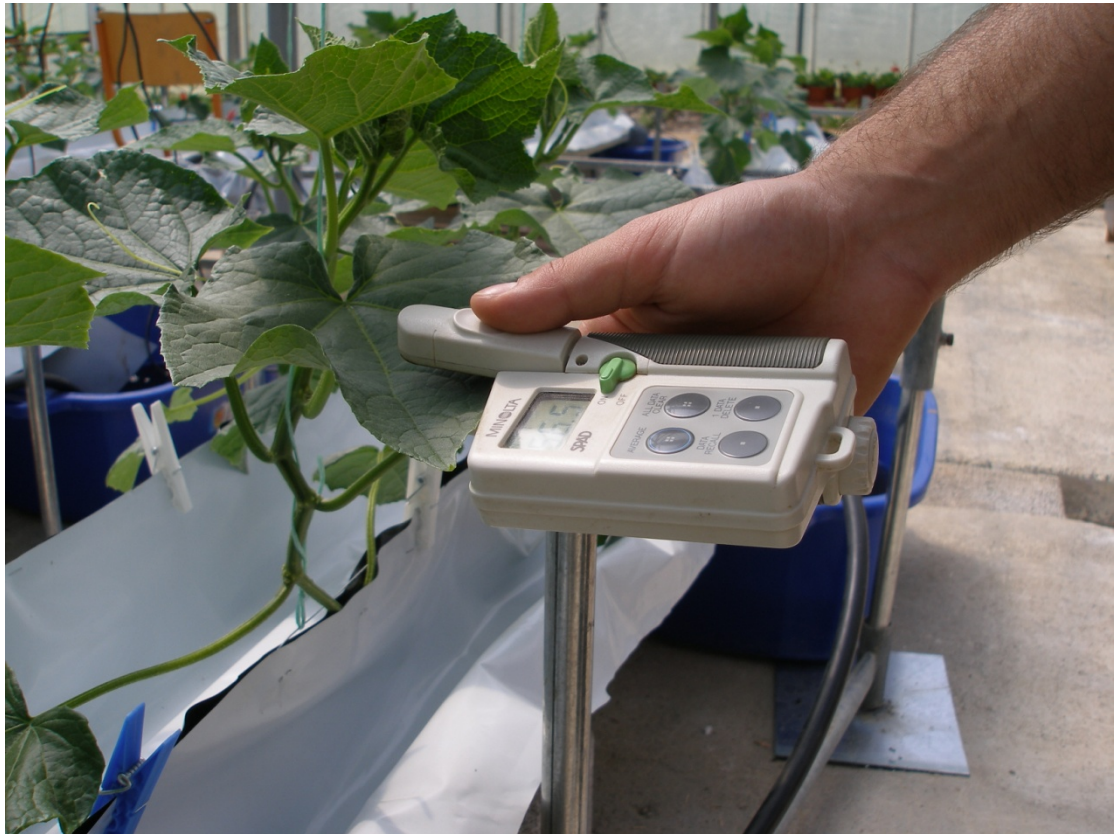
- ❖ τα επίπεδα χλωροφύλλης: η μέτρηση της περιεχόμενης χλωροφύλλης των φυτών έγινε με εξειδικευμένη συσκευή (Minolta SPAD) ενώ η ένδειξη εμφανίζονταν σε οθόνη LCD. Η μέτρηση της χλωροφύλλης και του φθορισμού γινόταν πάντα στο ίδιο φυτά, στα ίδια φύλλα, σε ίδιες ώρες ανά εβδομάδα περίπου (Εικόνα 4.19)
- ❖ ο φθορισμός των φύλλων: πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πρακτικού οργάνου μέτρησης, το φθορίμετρο, (opti-sciences OS-30p, UK). Χρησιμοποιώντας ειδικά 'μανταλάκια' καλύφθηκε η πάνω επιφάνεια των φύλλων για τουλάχιστον 5 λεπτά. Έπειτα χρησιμοποιώντας το φθορίμετρο και μετρήθηκε το F_o-F_{max} στο πιο αντιπροσωπευτικό φύλλο κάθε φυτού. Το φθορίμετρο μπορεί να μετρήσει την ικανότητα της φωτοχημικής δράσης του φωτοσυστήματος II και να αποτελέσει αξιόπιστο δείκτη της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας του φυτού. Αυτό συμβαίνει επειδή η χλωροφύλλη εκπέμπει ερυθρό φθορισμό σε μεγάλο μήκος κύματος από 680nm έως 720nm που μπορεί εύκολα να μετρηθεί χρησιμοποιώντας οπτικοηλεκτρονικό εξοπλισμό (Εικόνα 4.20)
- ❖ η φωτοσυνθετική ικανότητα (P_n), τη στοματική αγωγιμότητα (g_s) και την εσωτερική συγκέντρωση CO_2 (C_i): πραγματοποιήθηκε με την φορητή συσκευή υπέρυθρης ανάλυσης αερίων (model LI-6200, Li-Cor, Inc., Lincoln, NE) (Εικόνα 4.21). Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν το πρωί μεταξύ 9:00-11:30, με θερμοκρασία από 28-30°C, σε πλήρως διαμορφωμένα φύλλα (4 φύλλα από 4 διαφορετικά φυτά σε κάθε κανάλι), υγιή, άμεσα εκτεθειμένα στον ήλιο
- ❖ η κατανάλωση νερού και θρεπτικού διαλύματος: υπολογίστηκε σε εβδομαδιαία κλίμακα αλλά και η διακύμανση του pH και EC των διαλυμάτων απορροής.



Εικόνα 4.17: Παχύμετρο.



Εικόνα 4.18: Ζυγαριά για τη μέτρηση νωπού και ξηρού βάρους.



Εικόνα 4.19: Μέτρηση της χλωροφύλλης με το εξειδικευμένο όργανο Minolta SPAD.



Εικόνα 4.20: Φθορίμετρο, opti-sciences OS-30r, UK και τα ειδικά 'μανταλάκια'.



Εικόνα 4.21: Φορητή συσκευή υπέρυθρης ανάλυσης αερίων (model LI-6200, Li-Cor, Inc., Lincoln, NE).

Με την ολοκλήρωση του πειράματος πραγματοποιήθηκαν οι εξής μετρήσεις στα φυτά:

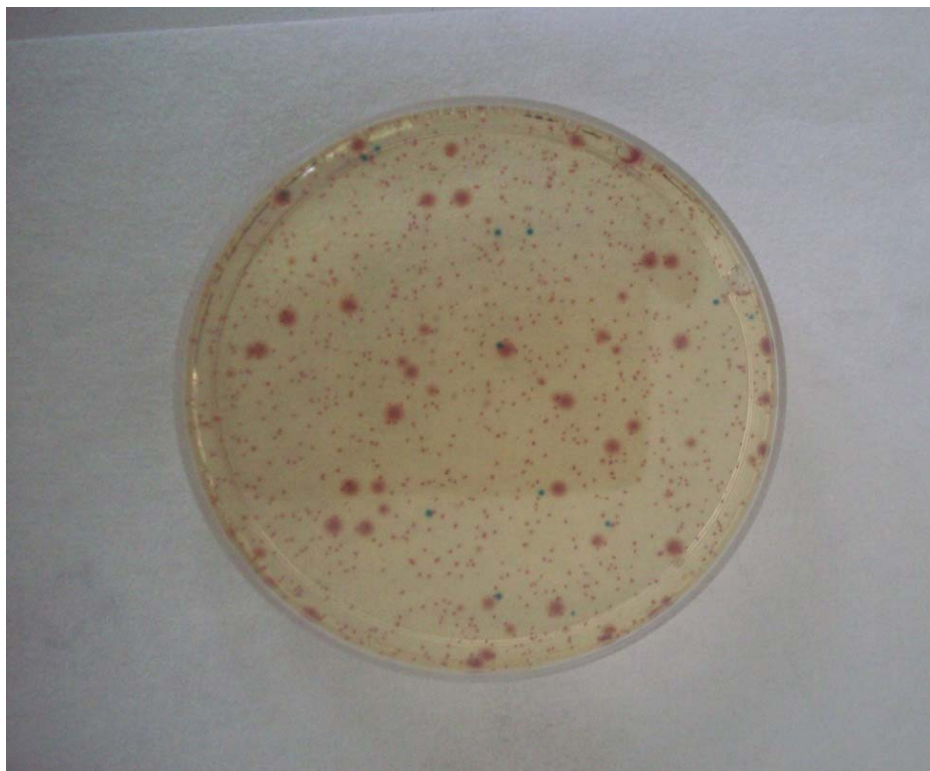
- ❖ το νωπό και το ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος και ρίζας: τα φυτά αφαιρέθηκαν από τα κανάλια και ζυγίστηκαν αμέσως (για την αποφυγή τυχόν απώλειας υγρασίας) με ζυγαριά ακριβείας για την μέτρηση του νωπού βάρους. Η μέτρηση του ξηρού βάρους ολοκληρώθηκε αφού τα φυτά τοποθετηθήκαν μέσα σε χάρτινες σακούλες σε φούρνους για 1 εβδομάδα περίπου, στους 75°, στο εργαστήριο [Διαχείρισης Στερεών Υπολειμμάτων & Υγρών Αποβλήτων](#). Αφού ξεράθηκαν μετρήθηκε το ξηρό του υπέργειου τμήματος και της ρίζας σε ζυγαριά ακριβείας (βλέπε Παράρτημα 6.2)
- ❖ το μήκος της ρίζας: αφού αφαιρέθηκαν τα φυτά από την αρχική τους θέση μετρήθηκε το μήκος της ρίζας κάθε φυτού ξεχωριστά.

4.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

4.6.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΥΧΟΝ ΥΠΑΡΞΗΣ ΟΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΑΝΘΕΚΤΙΚΩΝ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΩΝ

Ζυγίσθηκε ο κάθε καρπός ενώ με άσηπτο τρόπο αραιώθηκε με ποσότητα όγκου διαλύματος 0,1% w/v PW (αποστειρωμένο διάλυμα πεπτόνης 0,1% w/v) πεπτόνη + 0.85% w/v NaCl, τόση όσο το βάρος του καρπού σε gr επί g (g*x). Στη συνέχεια ξεπλύθηκε με αυτό το διάλυμα ο καρπός. Από το προκύπτον διάλυμα διηθήθηκε 1ml σε μεμβράνη κυτταρίνης (Millipore Membrane 0.45μm) η οποία τοποθετήθηκε σε στερεό υπόστρωμα (Merck Chromocult Coliform Agar) σε αποστειρωμένα τριβλία. Στη συνέχεια επωάστηκαν στους 36°C για 24 ώρες (βλέπε Παράρτημα 6.2).

Οι χαρακτηριστικές κόκκινες (Εικόνα 4.22) και μπλε αποικίες εκφράζουν τον αριθμό των ολικών κολοβακτηριδίων ενώ οι σκούρες μπλε αποικίες αντιστοιχούν στα θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια (*Escherichia coli*) (Εικόνα 4.23).



Εικόνα 4. 22: Χαρακτηριστικές κόκκινες αποικίες κολοβακτηριδίων.



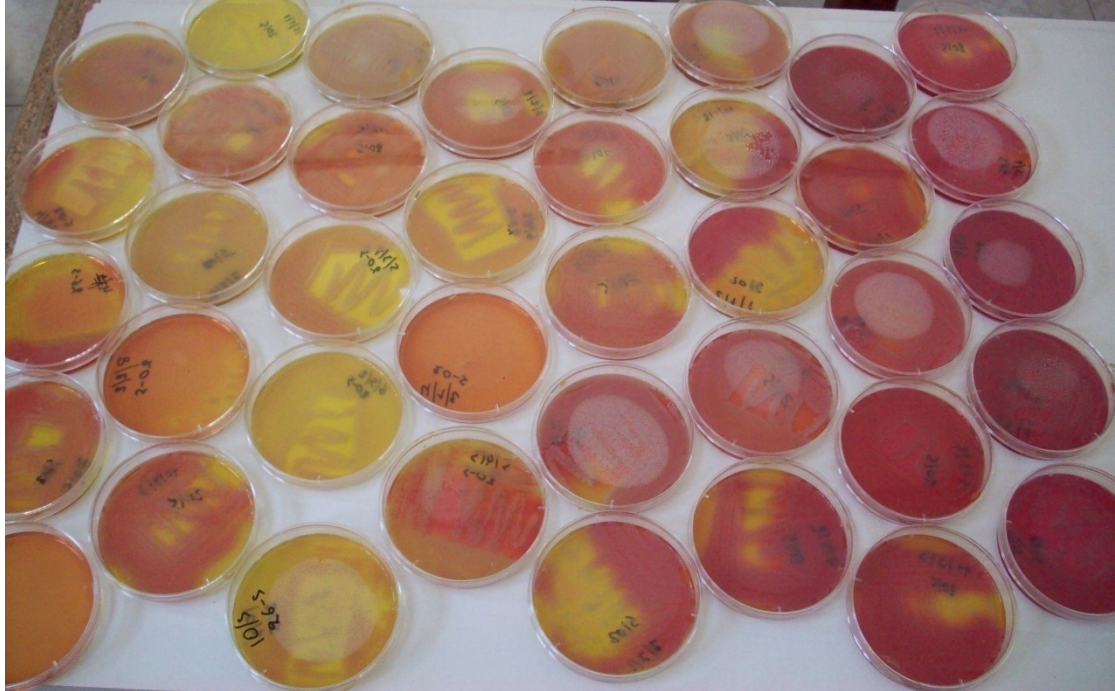
Εικόνα 4.23: Χαρακτηριστικές σκούρες μπλε αποικίες θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων.

4.6.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΕΞΑΚΡΙΒΩΣΗ ΤΥΧΟΝ ΥΠΑΡΞΗΣ ΣΑΛΜΟΝΕΛΑΣ

Από το ίδιο διάλυμα του ξεπλύματος των καρπών που προαναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκαν 25ml και εμβολιάστηκαν 225ml BPW (Buffered Pepton Water-Ρυθμιστικό υδατικό διάλυμα πεπτόνης) σε αποστειρωμένες σακούλες stomacher.

Αυτές επώαστηκαν για 24h στους 36°C (προεμπλουτισμός). Μετά την επώαση, λήφθηκε 1ml από το κάθε διάλυμα και εμβολιάστηκαν αποστειρωμένοι σωλήνες που περιείχαν εναιωρήματα των επιλεκτικών για τη σαλμονέλα θρεπτικών ζυμών (Rappaport Vassiliadis and Selenite), σε διπλούς για κάθε δείγμα σωλήνες. Ακολούθησε επώαση 24h στους 36°C. Τελικά έγινε σπορά με κρικοφόρο στυλεό, σε τριβλίο που περιείχε 2 διαφορετικά στερεά υποστρώματα και συγκεκριμένα salmonella/shigella (SS) άγαρ και xyline-lysine-desoxycholate άγαρ (XLD) (Εικόνα 4.24) σε τριβλία. Οι χαρακτηριστικές ύποπτες αποικίες για τη *Salmonella* μεταφέρθηκαν με

άσηπτο τρόπο και καλλιεργήθηκαν σε αποστειρωμένους σωλήνες με κεκλιμένο στερεό Άγαρ Kligler, όπου έγινε ένας γρήγορος βιοχημικός έλεγχος αν οι αποικίες ήταν πράγματι *Salmonella* spp ή όχι (Εικόνα 4.25).



Εικόνα 4.24: Σπορά σε τριβλίο για την ανάπτυξη σαλμονέλας.

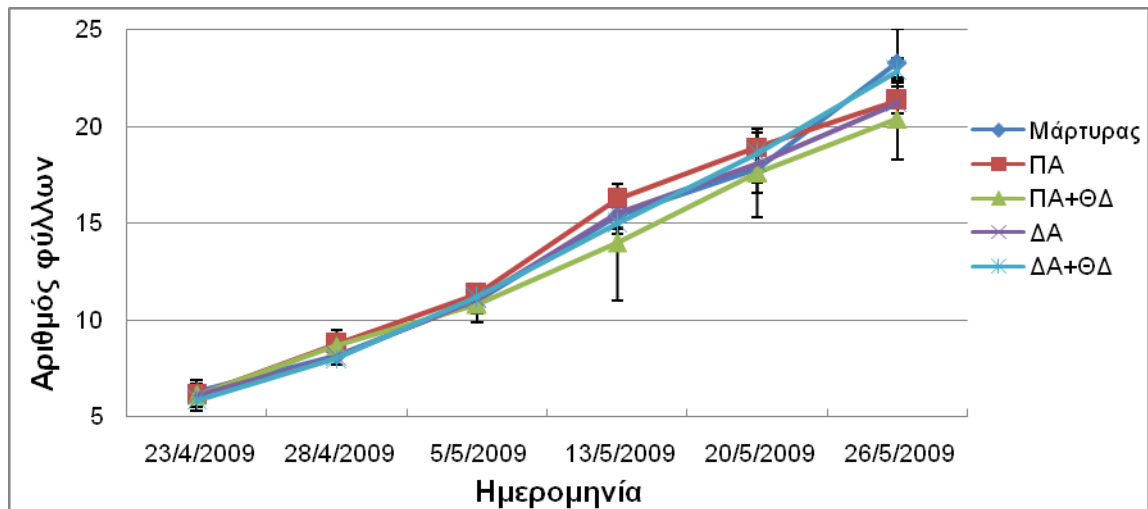


Εικόνα 4.25: Πρότυπο βιοχημικού ελέγχου, όπου παρατηρούνται οι μορφές που παίρνει το υπόστρωμα μετά την επώαση, ανάλογα με το είδος μικροοργανισμού που θα αναπτυχθεί.

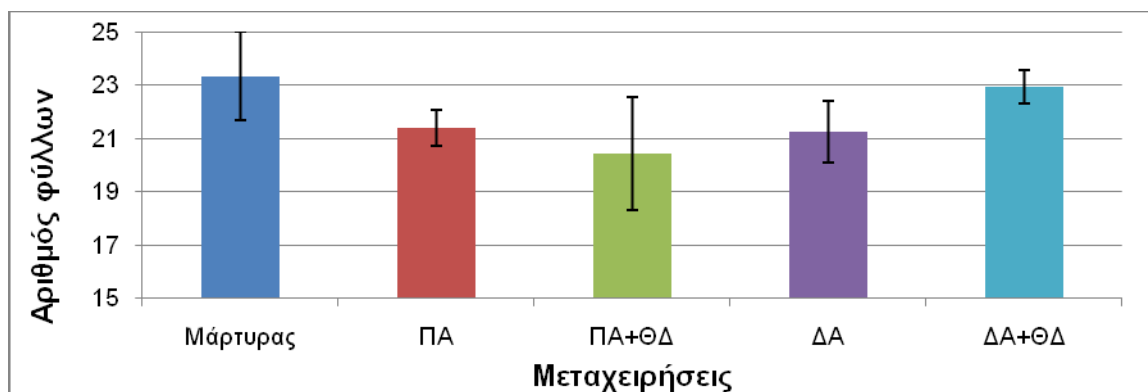
4.7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.7.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΠΑ ΚΑΙ ΔΑ) ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

Ο αριθμός φύλλων δεν μεταβλήθηκε κατά την διάρκεια της καλλιέργειας έπειτα από εφαρμογή ΠΑ και ΔΑ (Γραφήματα 4.1-4.2) ενώ με την ολοκλήρωση του πειράματος, τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε ΔΑ+ΘΔ είχαν μεγαλύτερο (κατά 7%) αριθμό φύλλων σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε ΠΑ, όμως δεν σημείωσαν διαφορές με τον μάρτυρα.

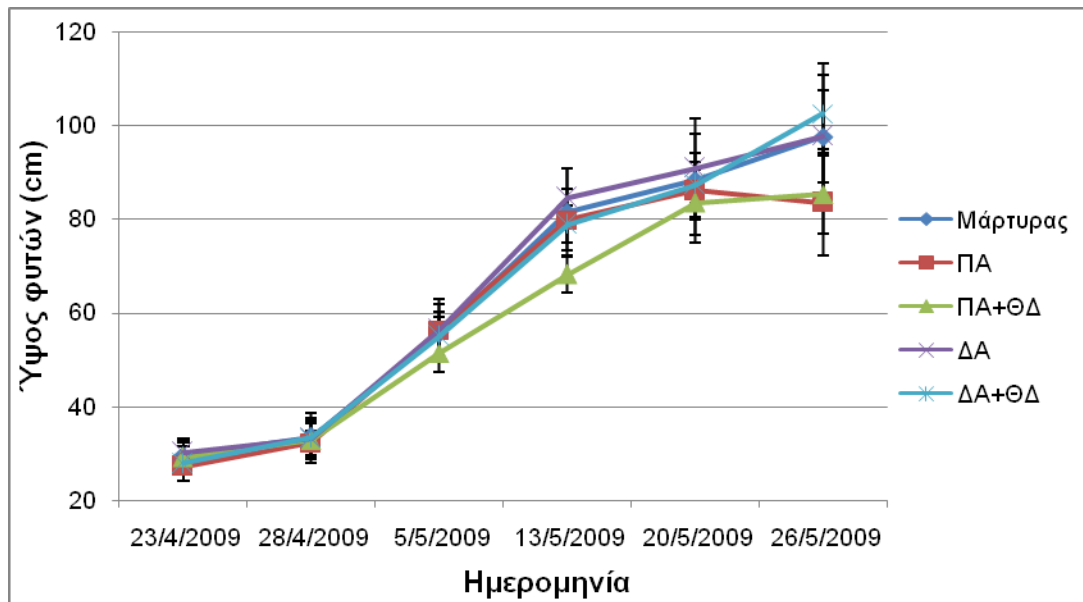


Γράφημα 4.1: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στον αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT, σε διάστημα 6 εβδομάδων. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

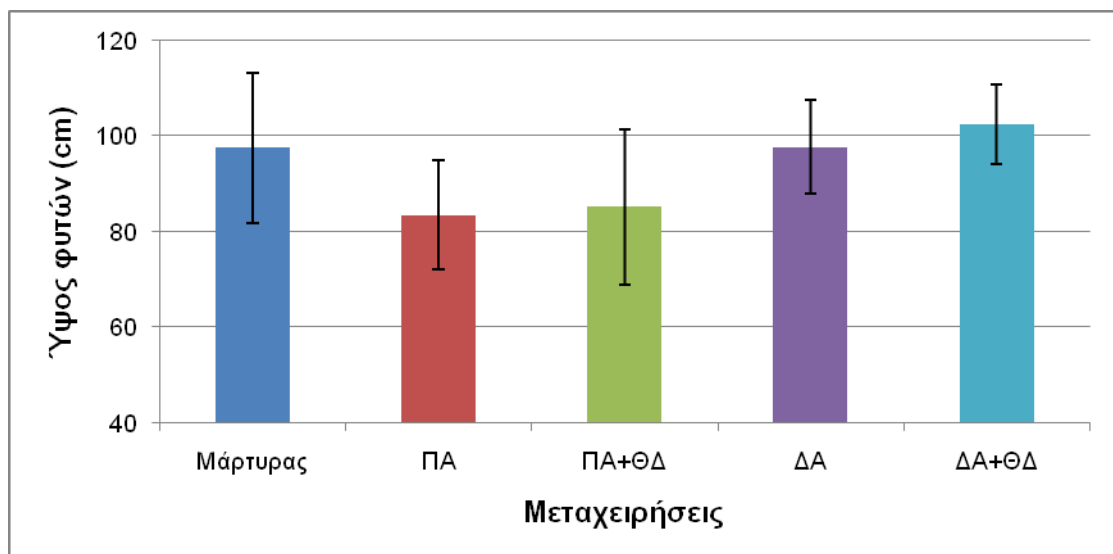


Γράφημα 4.2: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στον τελικό αριθμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Γραφήματα 4.3 και 4.4 παρουσιάζεται η επίδραση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στο ύψος των φυτών και προκύπτει ότι δεν σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αξίζει δε, να σημειωθεί όμως ότι η χρήση ΠΑ±ΘΔ μείωσε αριθμητικά το ύψος των φυτών μετά την 2^η εβδομάδα.



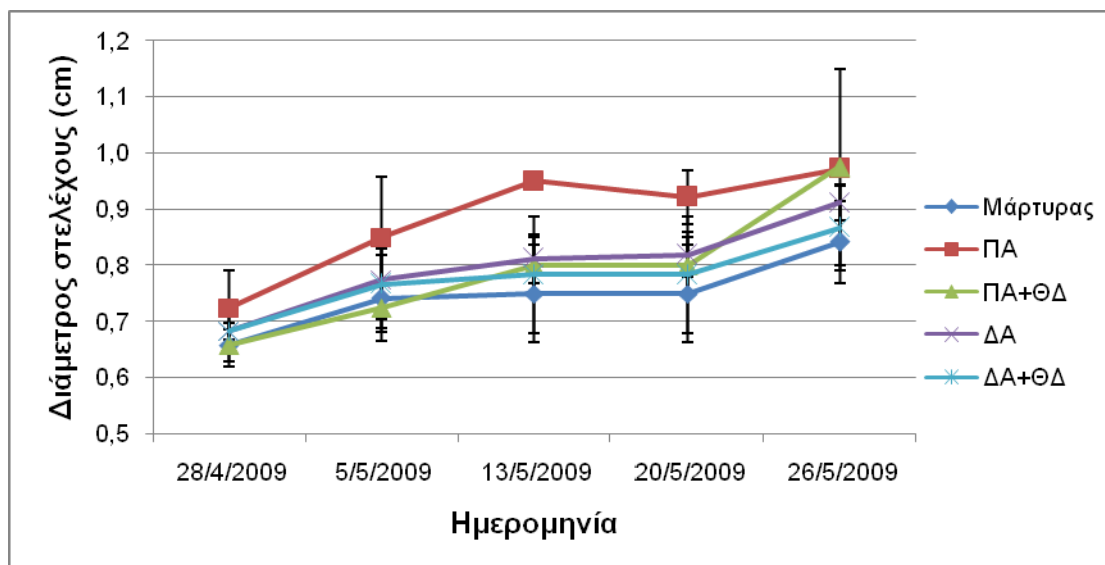
Γράφημα 4.3: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο ύψος σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT, σε διάστημα 6 εβδομάδων. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Γράφημα 4.4: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο τελικό ύψος σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

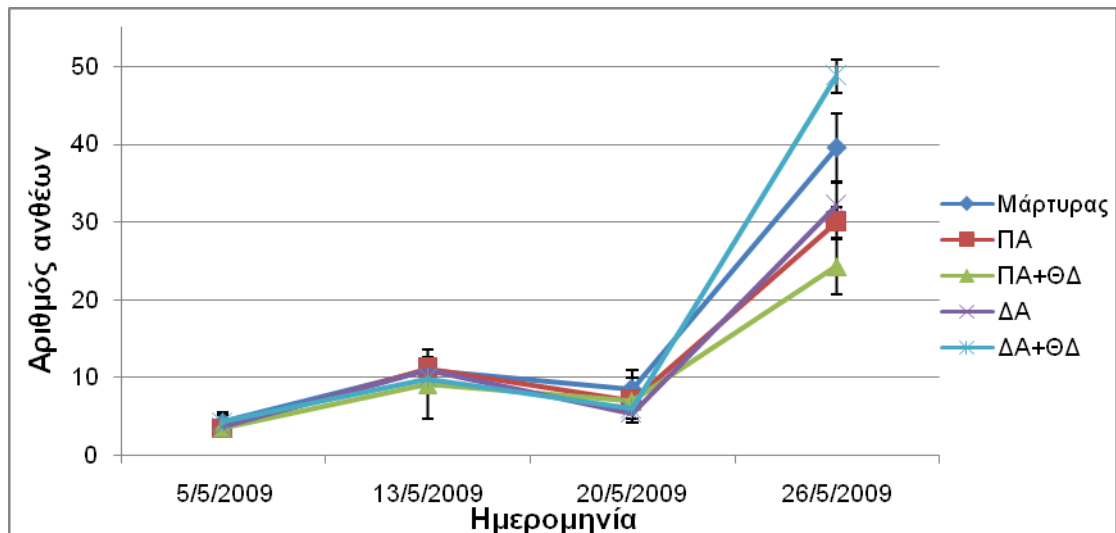
Η επέμβαση ΠΑ παρουσίασε στατιστικά σημαντική αύξηση (έως και 21%) της διαμέτρου των στελεχών από τη 2^η βδομάδα και μετά, σε σχέση με το μάρτυρα όπως παρατηρείται στο Γράφημα 4.5. Στο τέλος του πειράματος δεν

υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, αριθμητικά όμως οι επεμβάσεις ΠΑ με ή χωρίς (\pm) $\Theta\Delta$ είχαν τη μεγαλύτερη αύξηση.



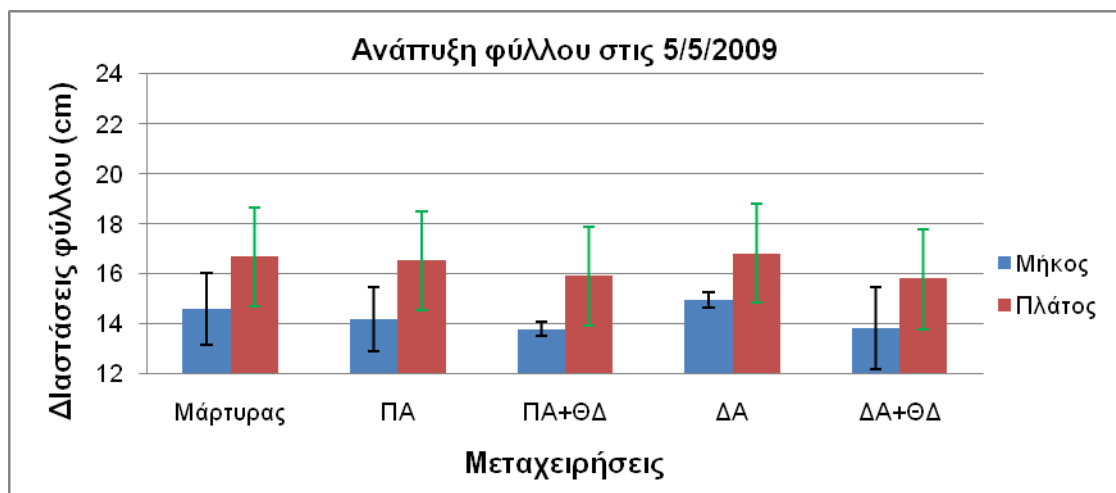
Γράφημα 4.5: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος ($\Theta\Delta$) στη διάμετρο της βάσης του στελέχους σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Ο αριθμός των σχηματισθέντων ανθέων όπως παρατηρείται στο Γράφημα 4.6 δεν διαφοροποιήθηκε κατά την διάρκεια της καλλιέργειας, αλλά σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν με την λήξη του πειράματος. Συγκεκριμένα, αύξηση (έως 19%) του αριθμού των ανθέων σημειώθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν με χρήση $\Delta\text{A}+\Theta\Delta$ σε σχέση με το μάρτυρα. Η χρήση ΠΑ με ή χωρίς (\pm) $\Theta\Delta$ μείωσε τον σχηματιζόμενο αριθμό ανθέων έως και 39% σε σχέση με τον μάρτυρα.



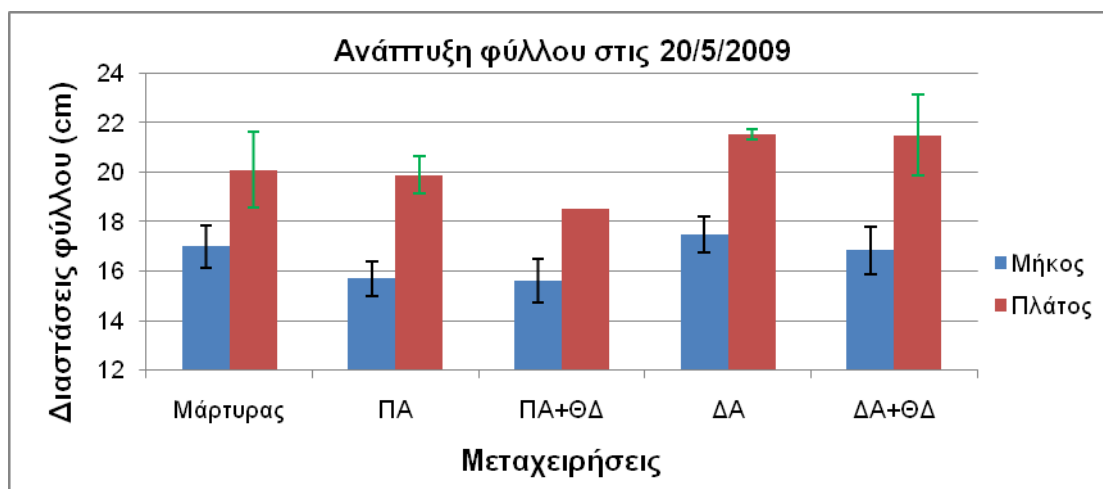
Γράφημα 4.6: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στον αριθμό καρπών σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Κατά τη διάρκεια του πειράματος δε σημειώθηκε σημαντική διαφοροποίηση στην ανάπτυξη των φύλλων (Γραφήματα 4.7-4.8). Προς το τέλος του πειράματος όμως η επέμβαση ΠΑ+ΘΔ μείωσε σημαντικά το πλάτος των φύλλων σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις, ενώ οι επέμβαση ΔΑ σημείωσε μεγαλύτερη αύξηση (κατά 10%) από την επέμβαση ΠΑ.



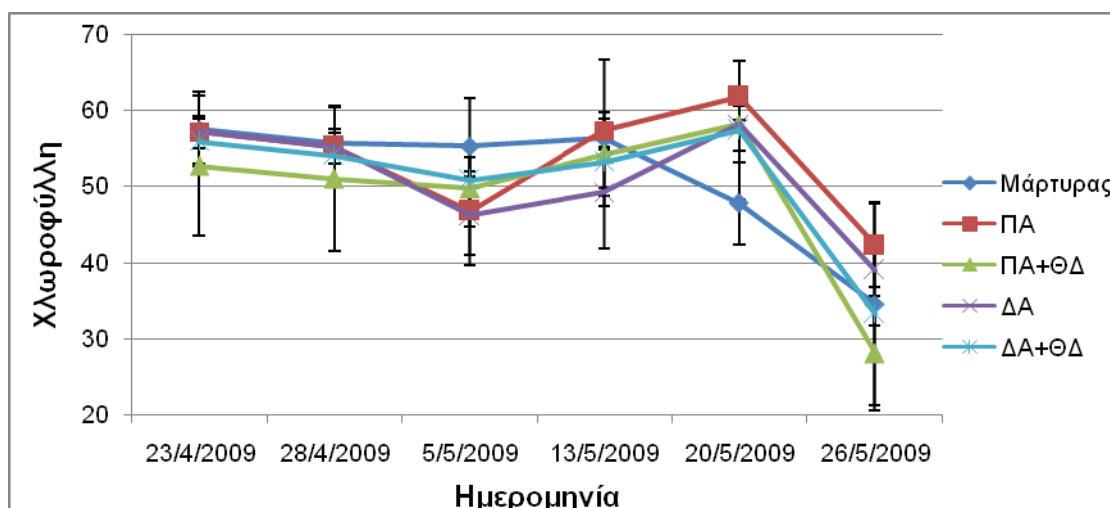
Γράφημα 4.7: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην ανάπτυξη των φύλλων (μήκος, πλάτος), σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές

αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

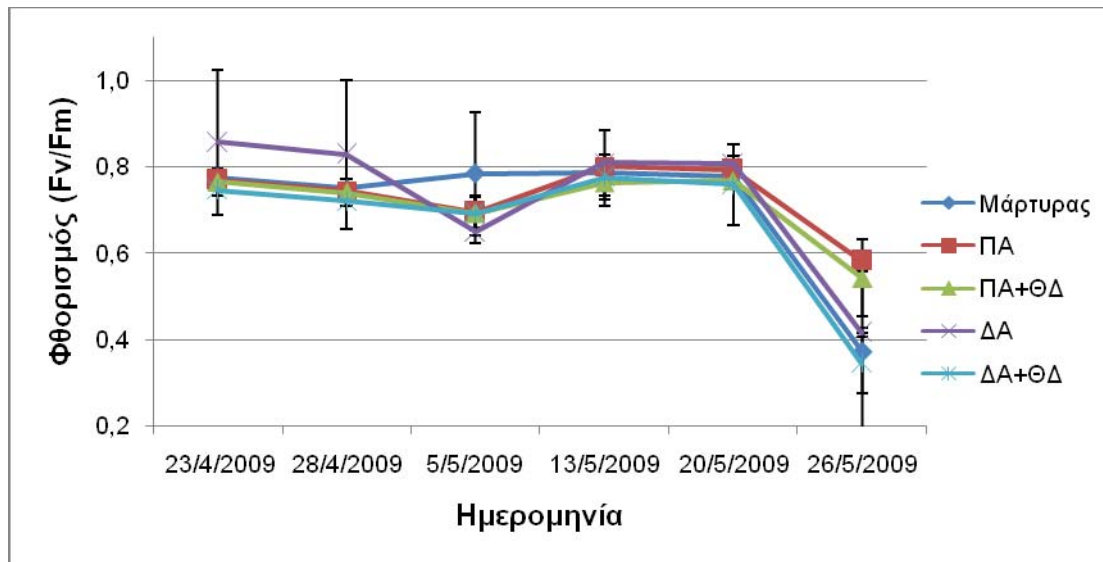


Γράφημα 4.8: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην ανάπτυξη των φύλλων (μήκος, πλάτος), σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Όπως φαίνεται στο Γράφημα 4.9 αρχικά δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στα επίπεδα χλωροφύλλης των φύλλων. Στη πορεία του πειράματος όμως ο μάρτυρας παρουσίασε σημαντική, σταδιακή, μείωση της χλωροφύλλης. Με την λήξη της καλλιέργειας βρέθηκε ότι η προσθήκη ΘΔ σε ΠΑ και ΔΑ αντίστοιχα μείωσε τα επίπεδα χλωροφύλλης κατά 33% και 15% αντίστοιχα. Παρόμοια τάση βρέθηκε και στα επίπεδα φθορισμού των φύλλων, όπως παρουσιάζονται στο Γράφημα 4.10.

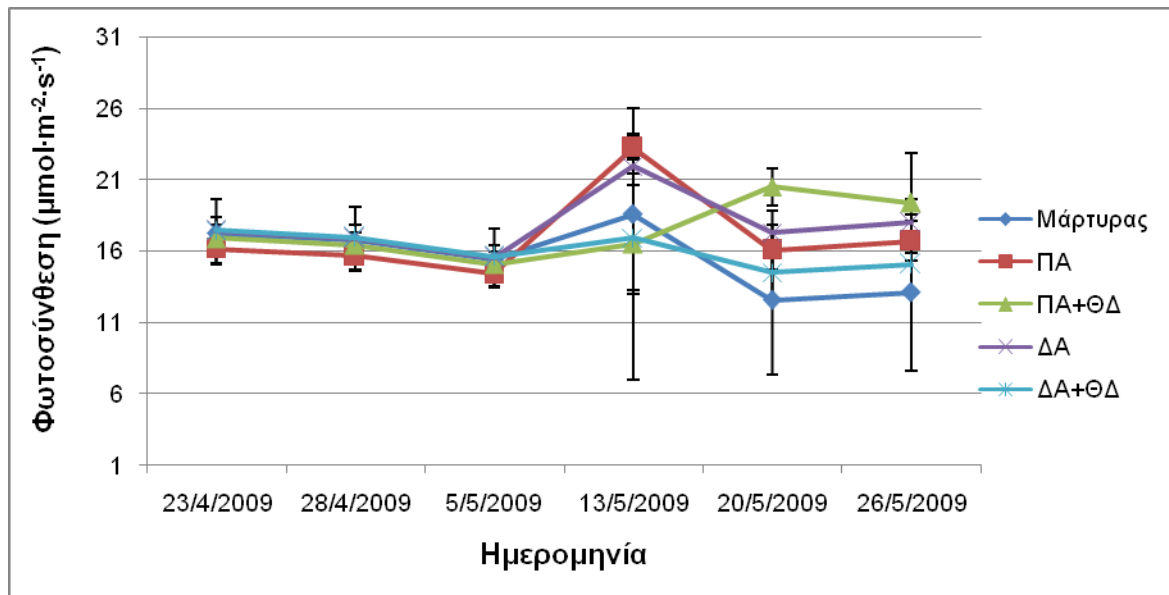


Γράφημα 4.9: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στα επίπεδα χλωροφύλλης φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT, σε διάστημα 6 εβδομάδων. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



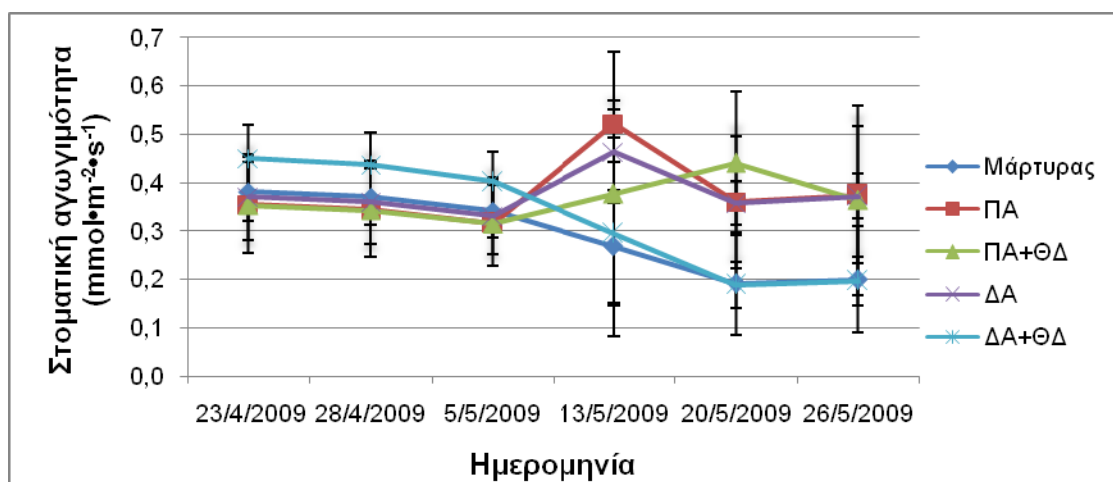
Γράφημα 4.10: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο φθορισμό φύλλων σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT, σε διάστημα 6 εβδομάδων. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Δεν παρουσιάστηκαν διαφορές ως προς την φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος (Γράφημα 4.11) ενώ φαίνεται ότι η προσθήκη ΘΔ σε ΠΑ και ΔΑ βελτίωσε την φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών.

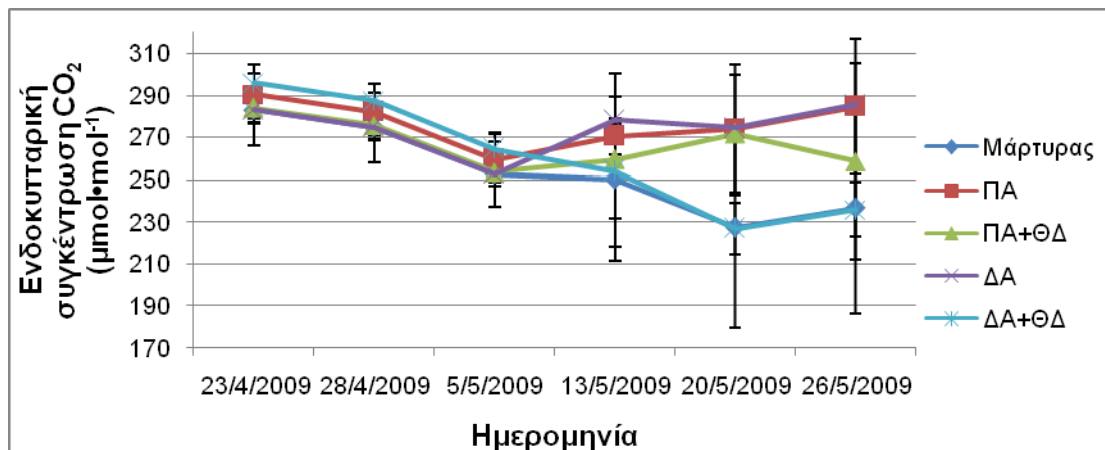


Γράφημα 4.11: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στη φωτοσύνθεση σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT, σε διάστημα 6 εβδομάδων. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η στοματική αγωγιμότητα και η ενδοκυτταρική συγκέντρωση CO₂ βρέθηκε αυξημένη (έως και 46%) στην μεταχείριση ΠΑ±ΘΔ και ΔΑ σε σχέση με τον μάρτυρα (βλέπε Γραφήματα 4.12 - 4.13). Παρόλο που η μεταχείριση ΔΑ+ΘΔ είχε αρχικά αυξημένη (16 έως 22%) αριθμητικά στοματική αγωγιμότητα και ενδοκυτταρική συγκέντρωση CO₂ σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις στη πορεία της καλλιέργειας παρουσιάστηκε σταδιακή μείωση μέχρι και την ολοκλήρωση του πειράματος, όπως συνέβη και στον μάρτυρα.

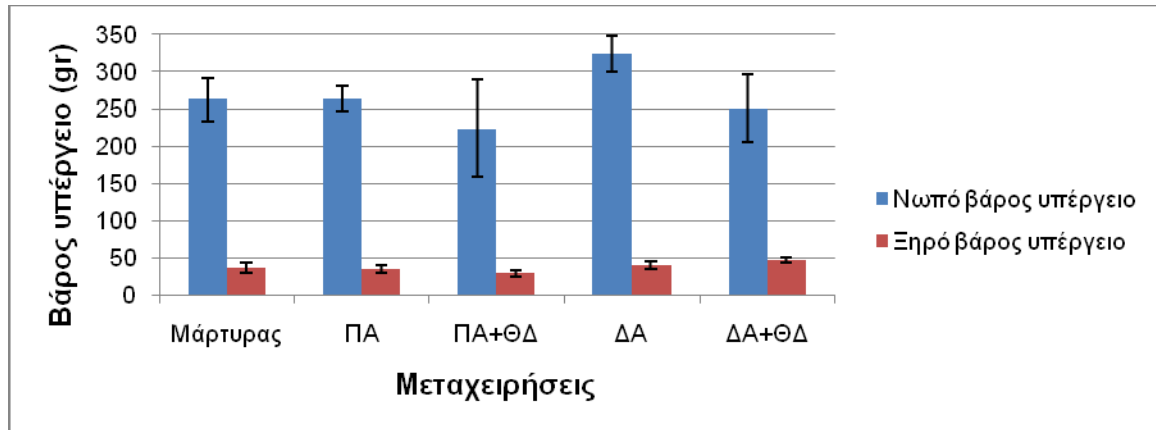


Γράφημα 4.12: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στη στοματική αγωγιμότητα σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT, σε διάστημα 6 εβδομάδων. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

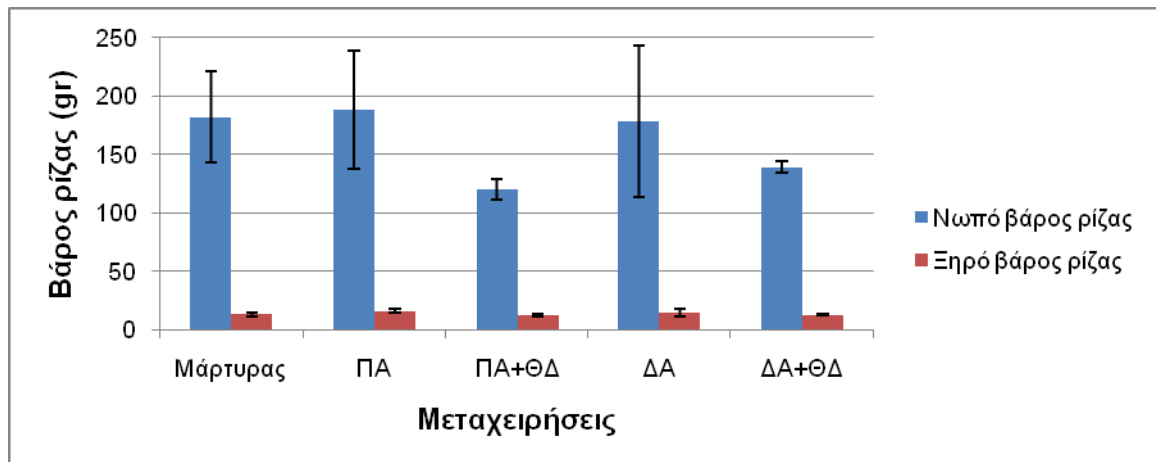


Γράφημα 4.13: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην ενδοκυτταρική συγκέντρωση CO₂ σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT, σε διάστημα 6 εβδομάδων. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

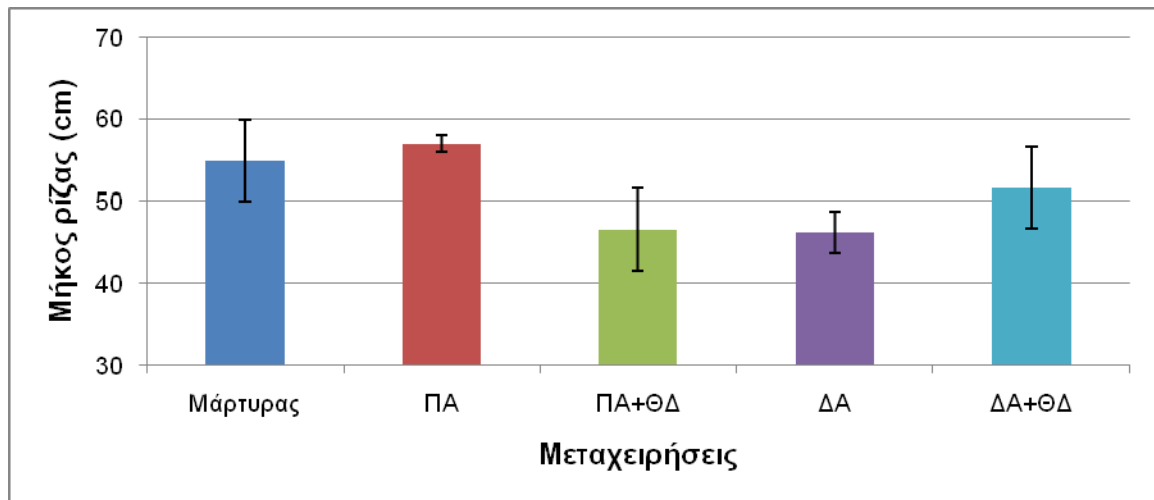
Αύξηση (κατά 23%) στο νωπό βάρος σημειώθηκε στην επέμβαση ΔΑ σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ δεν σημειώθηκαν διαφορές μεταξύ των υπολοίπων μεταχειρίσεων (Γράφημα 4.14). Αυξημένο ξηρό βάρος βρέθηκε στην επέμβαση ΔΑ+ΘΔ. Επιπλέον, σημειώθηκε μείωση στο νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας έπειτα από εμπλουτισμό με ΘΔ τόσο στα ΠΑ όσο και στα ΔΑ (Γράφημα 4.15). Το μήκος ρίζας (Γράφημα 4.16) παρουσιάστηκε μειωμένο σημαντικά στις επεμβάσεις ΠΑ+ΘΔ και ΔΑ σε σχέση με το μάρτυρα (έως και 16%). Το μήκος της ρίζας βρέθηκε αυξημένο στην επέμβαση ΠΑ σε σχέση με ΠΑ+ΘΔ και ΔΑ ενώ δεν διέφερε με τον μάρτυρα.



Γράφημα 4.14: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο νωπό και ξηρό υπέργειο βάρος σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

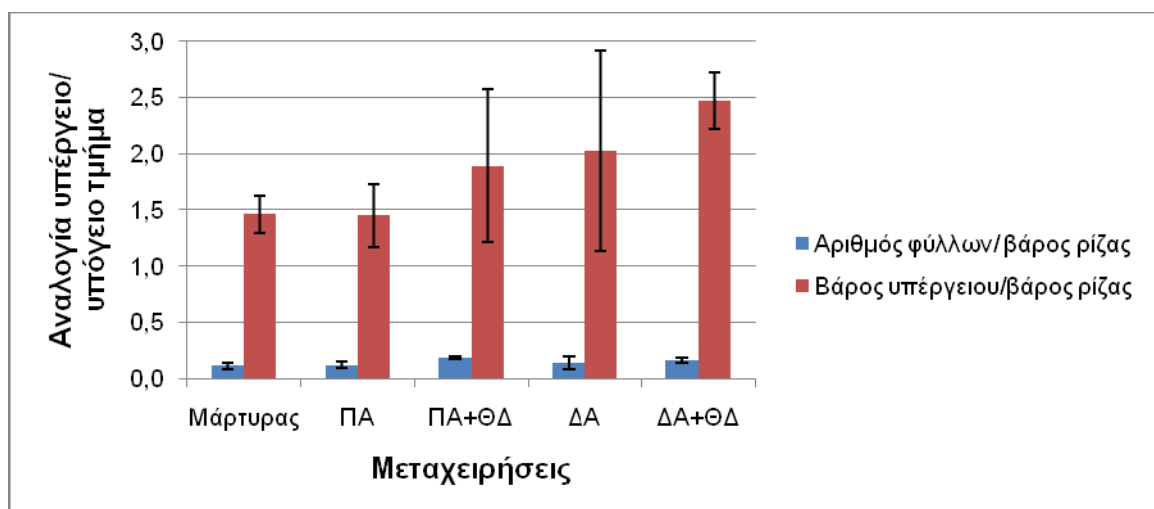


Γράφημα 4.15: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο νωπό και ξηρό βάρος ρίζας σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Γράφημα 4.16: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο μήκος ρίζας σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

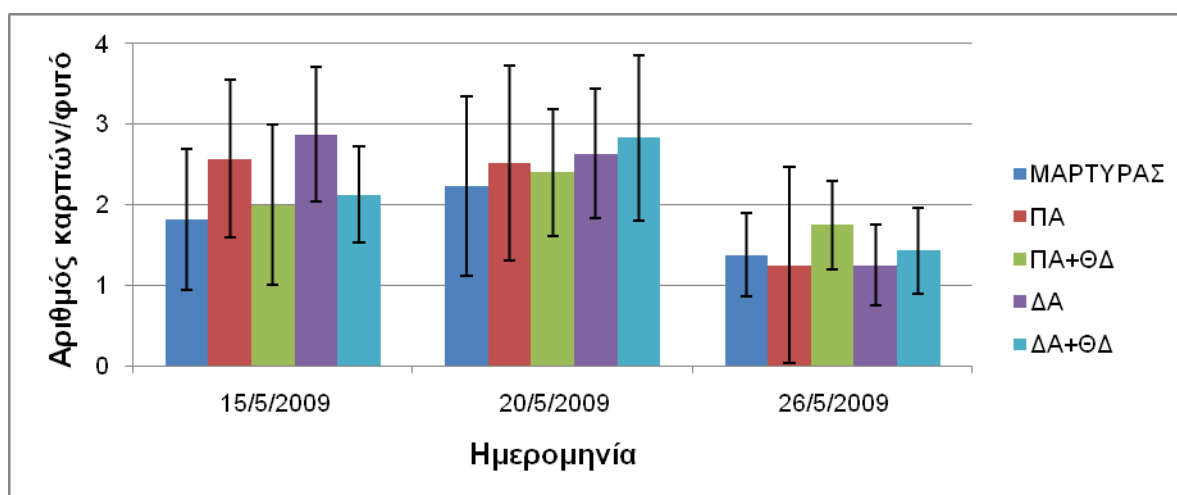
Σημαντικά αυξημένη αναλογία στο βάρος υπέργειου/ρίζα έδωσε η επέμβαση ΔΑ+ΘΔ (κατά 70%) σε σχέση με το μάρτυρα και την επέμβαση ΠΑ ενώ δεν σημείωσε σημαντικές διαφορές με τις επεμβάσεις ΠΑ+ΘΔ και ΔΑ (Γράφημα 4.17). Σημαντικά αυξημένη παρουσιάζεται και η αναλογία αριθμού φύλλων ανά βάρος ρίζας στην επέμβαση ΠΑ+ΘΔ σε σχέση με το μάρτυρα.



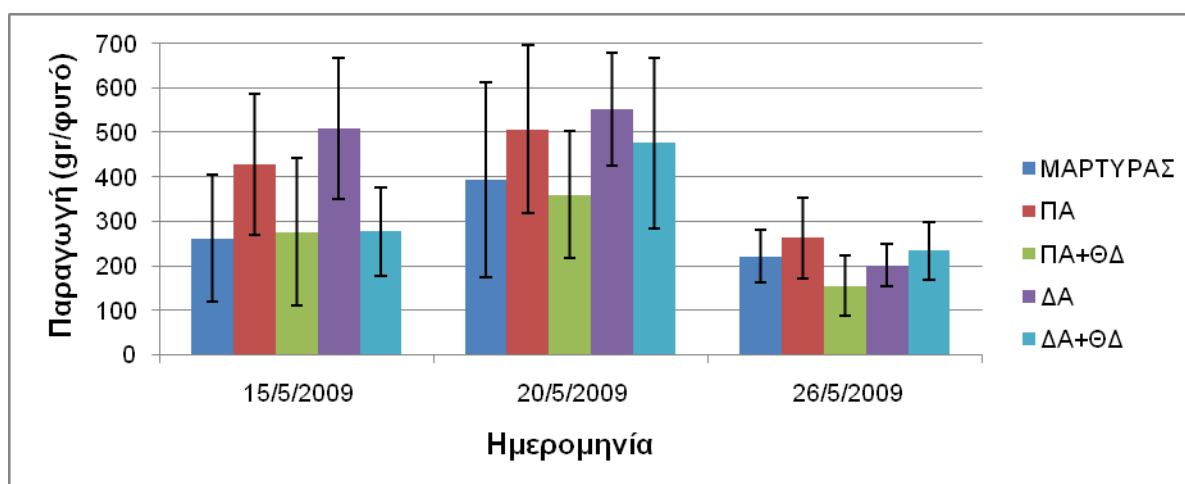
Γράφημα 4.17: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην αναλογία αριθμού φύλλων/βάρος ρίζας και στην αναλογία βάρους υπέργειου /ρίζας αντίστοιχα σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

4.7.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΠΑ ΚΑΙ ΔΑ) ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

Η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με ή χωρίς ΘΔ δε παρουσίασε σημαντικές διαφορές στον αριθμό καρπών ανά φυτό, στο βάρος αυτών αλλά ούτε και στη συνολική παραγωγή (Γραφήματα 4.18 - 4.19 - 4.20). Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με ή χωρίς ΘΔ παρουσίασε παρόμοια ή καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το μάρτυρα.

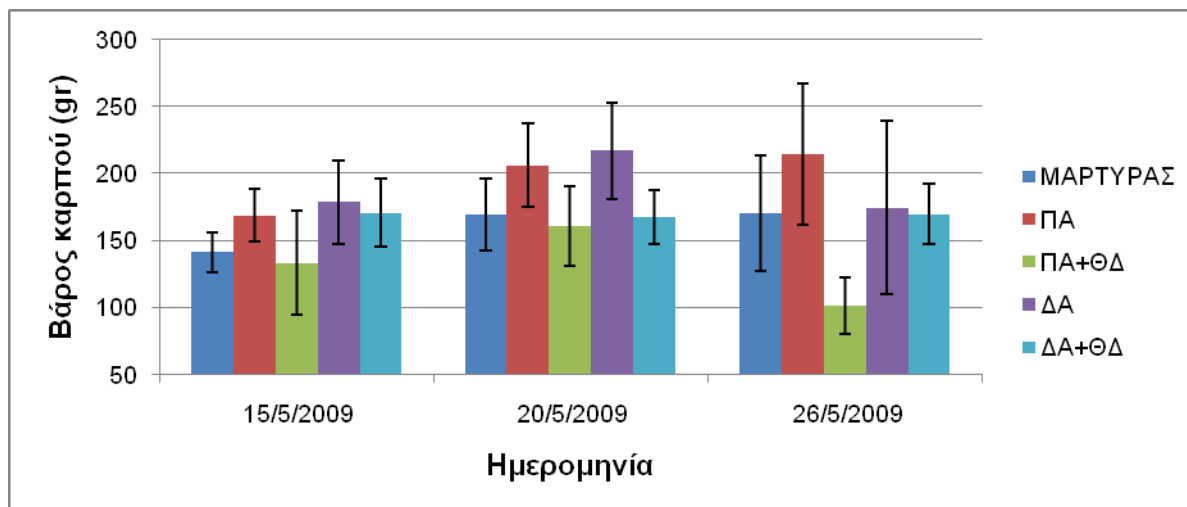


Γράφημα 4.18: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στον αριθμό καρπών ανά φυτό σε τρεις συγκομιδές σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



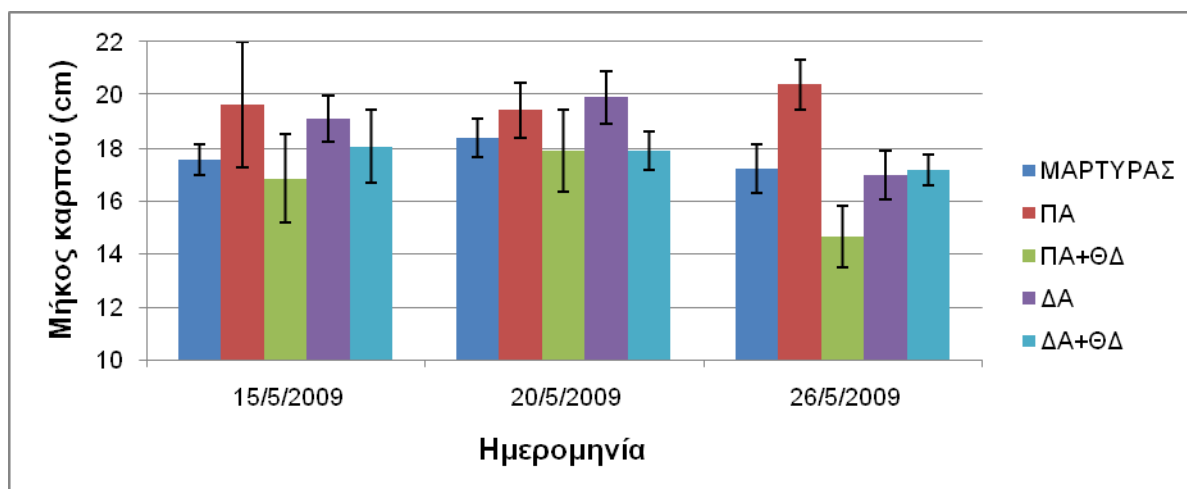
Γράφημα 4.19: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην παραγωγή ανά φυτό σε υδροπονική

καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

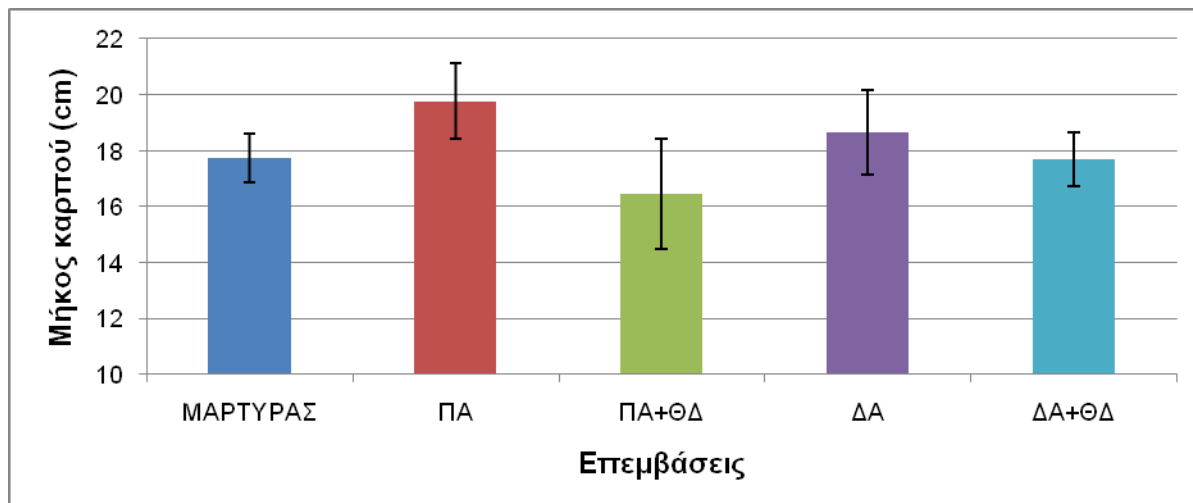


Γράφημα 4.20: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο βάρος καρπού ανά συγκομιδή σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπικό σφάλμα) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Το μήκος του καρπού παρουσιάζεται στα Γραφήματα 4.21-4.22 και παρατηρείται ότι δε σημειώθηκε σημαντική διαφορά στις πρώτες δυο συγκομιδές καρπών. Σημαντική διαφοροποίηση σημειώθηκε στη τρίτη συγκομιδή όπου η επέμβαση ΠΑ αύξησε το μήκος καρπού (κατά 15%) σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ στην ίδια επέμβαση με προσθήκη ΘΔ μειώθηκε το μήκος καρπού από τις υπόλοιπες επεμβάσεις (έως και 15%).

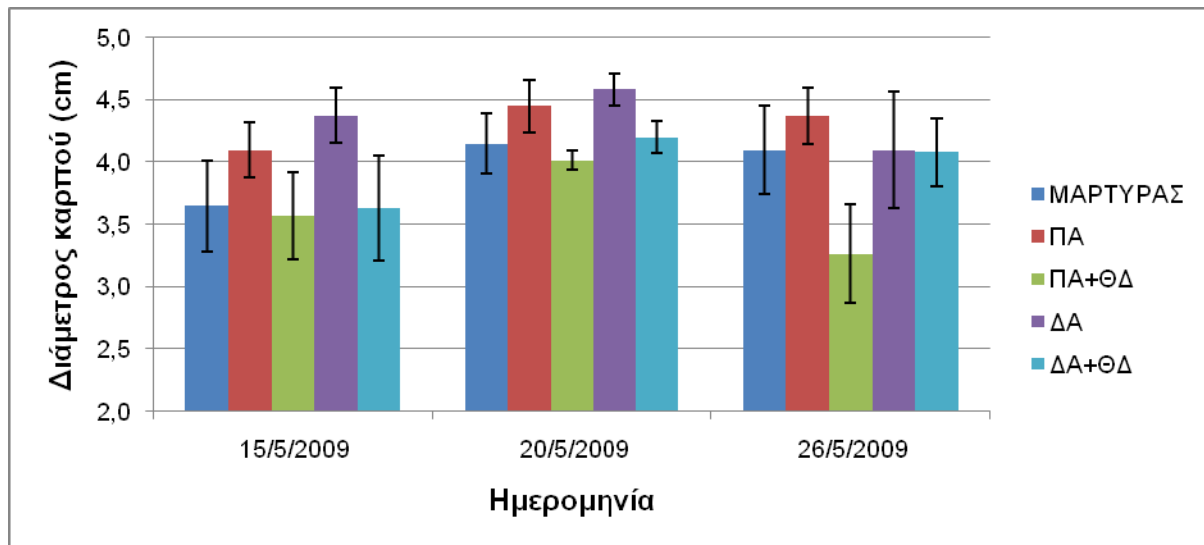


Γράφημα 4.21: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο μήκος καρπών ανά συγκομιδή σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) έπειτα από στατιστική ανάλυση σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

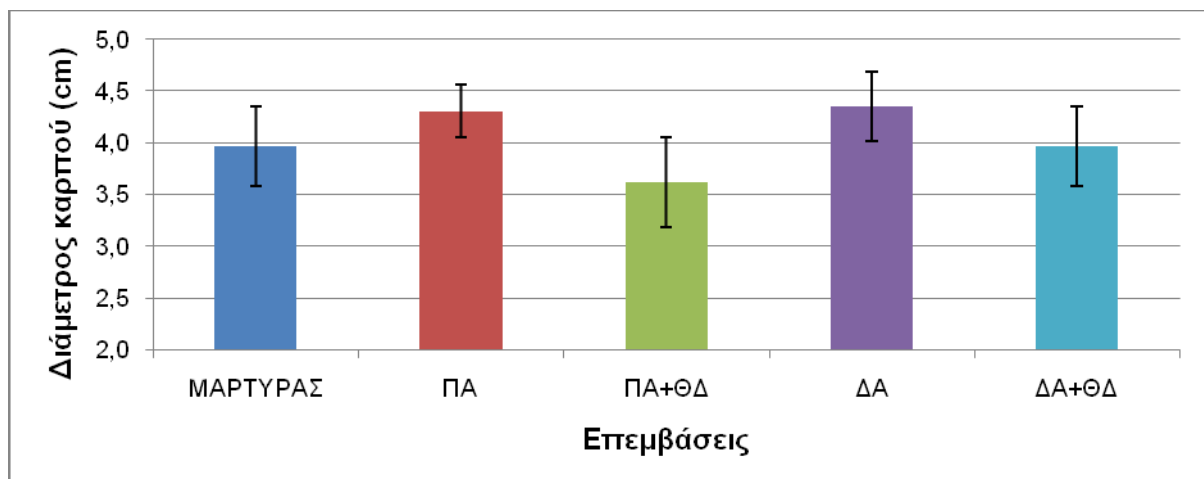


Γράφημα 4.22: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο μήκος καρπών σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Σημαντική μείωση της διαμέτρου της επέμβασης ΠΑ+ΘΔ (κατά 12%) παρουσιάστηκε στη δεύτερη συγκομιδή (Γράφημα 4.23) σε σχέση με τις επεμβάσεις ΠΑ και ΔΑ ενώ στη τρίτη συγκομιδή παρουσίασε σημαντική μείωση και σε σχέση με το μάρτυρα (κατά 20%). Συνολικά οι τρεις συγκομιδές δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις (Γράφημα 4.24).



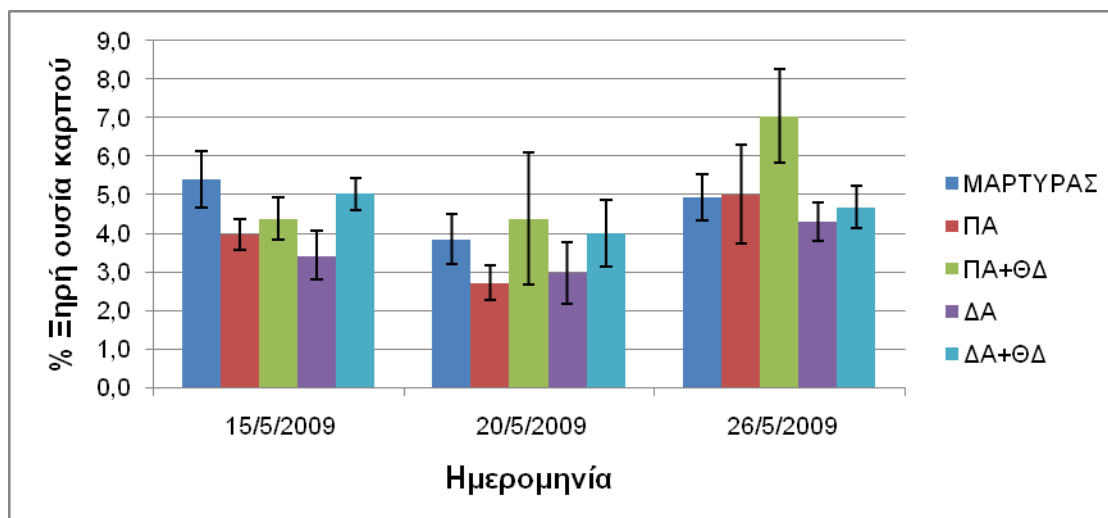
Γράφημα 4.23: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στη διάμετρο καρπών ανά συγκομιδή σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Γράφημα 4.24: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στη διάμετρο καρπών σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

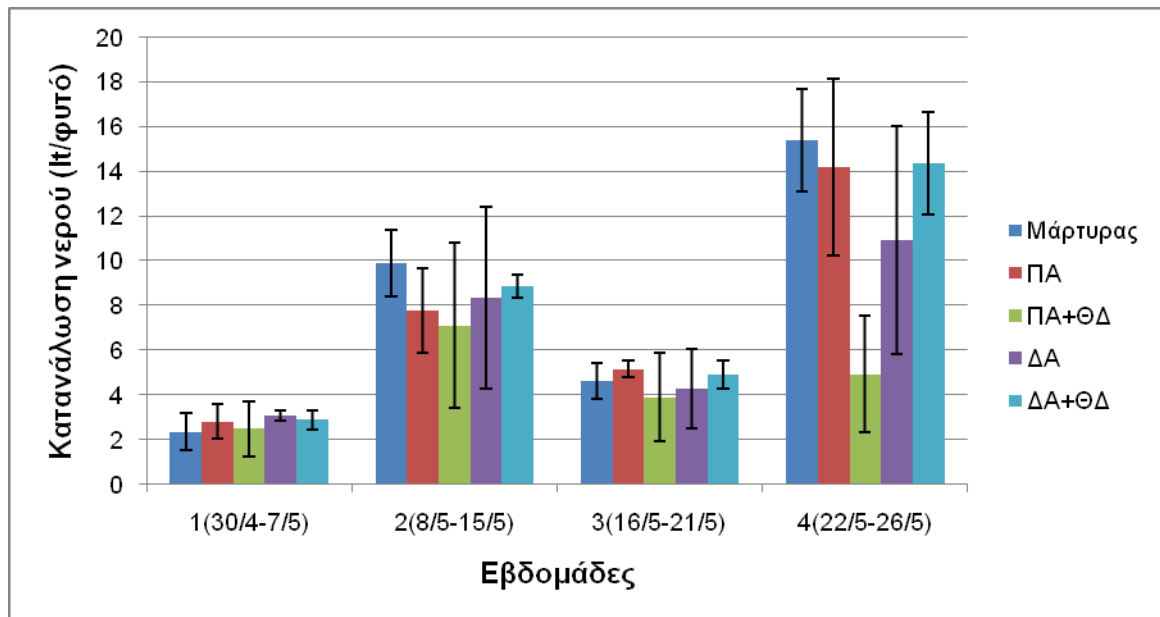
Σημαντική μείωση της επί % ξηρή ουσίας παρουσίασαν οι επεμβάσεις ΠΑ και ΔΑ στη πρώτη συγκομιδή σε σχέση με το μάρτυρα (Γράφημα 4.24). Σημαντική στατιστικά διαφορά παρουσιάστηκε και στη τρίτη συγκομιδή όπου η επέμβαση ΠΑ+ΘΔ σημείωσε τη μεγαλύτερη αύξηση της περιεκτικότητας σε

ξηρά ουσία (κατά 30%) σε σχέση με το μάρτυρα και (κατά 39 και 33% αντίστοιχα) με τις επεμβάσεις ΔΑ με ή χωρίς ΘΔ.



Γράφημα 4.24: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην επί % ξηρής ουσίας καρπών ανά συγκομιδή σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Εκτός από τη μειωμένη κατανάλωση νερού (κατά 68%) της επέμβασης ΠΑ+ΘΔ σε σχέση με το μάρτυρα στη τελευταία εβδομάδα, δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη κατανάλωση νερού όπως παρουσιάζεται στο Γράφημα 4.25. Συνολικά τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού ανά φυτό σημείωσε ο μάρτυρας (32.3 lt) και ακολούθησαν κατά σειρά οι επεμβάσεις ΔΑ+ΘΔ (31.1lt), ΠΑ (30.1lt), ΔΑ (26.7lt), ΠΑ+ΘΔ (18,5lt).



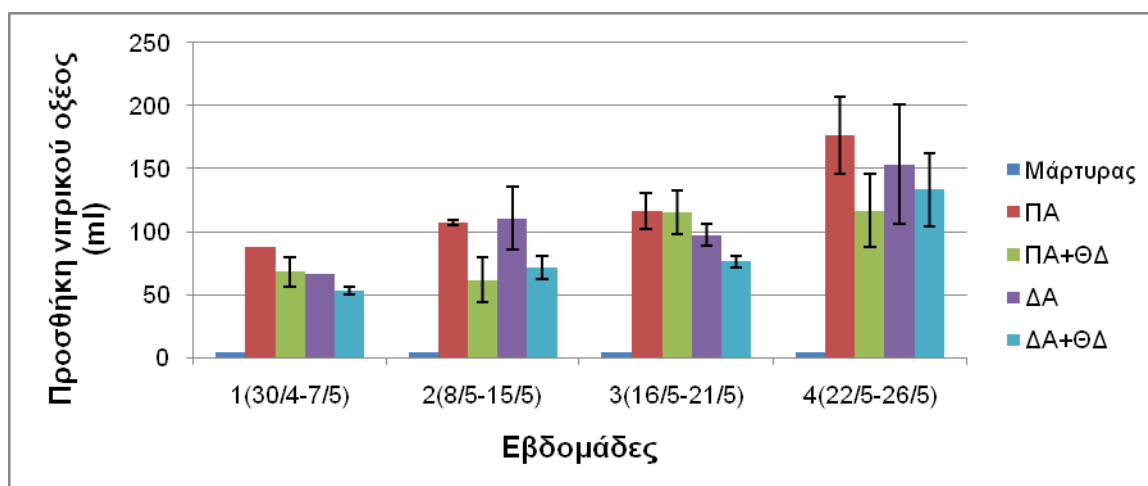
Γράφημα 4.25: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην απορρόφηση νερού σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Η προσθήκη θρεπτικού διαλύματος κατά την διάρκεια της καλλιέργειας παρουσιάζεται στο Πίνακα 4.1 και παρατηρείται αρχικά σημαντική αύξηση στην κατανάλωση του θρεπτικού διαλύματος από τα φυτά (αλλά και από μικροοργανισμούς που συμβίωναν) στην επέμβαση ΔΑ+ΘΔ (κατά 32%) σε σχέση με το μάρτυρα. Τη δεύτερη εβδομάδα του πειράματος δε σημειώθηκε σημαντική διαφοροποίηση ενώ τη τρίτη εβδομάδα η επέμβαση ΔΑ+ΘΔ σημείωσε σημαντική αύξηση της κατανάλωσης (κατά 90%) σε σχέση με το μάρτυρα και (κατά 24%) με το ΠΑ+ΘΔ. Στη τελευταία εβδομάδα, τα φυτά στις επεμβάσεις ΠΑ+ΘΔ και ΔΑ+ΘΔ δεν προστέθηκαν θρεπτικά στοιχεία σε αντίθεση με τον μάρτυρα. Όσον αφορά τη συνολική προσθήκη θρεπτικού διαλύματος ήταν μεγαλύτερη (35 έως 50%) στην επέμβαση ΔΑ+ΘΔ σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις.

Πίνακας 4.1: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην κατανάλωση θρεπτικού διαλύματος (Α και Β) σε ml σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Test (MRT).

	Εβδομάδες			
Επέμβαση	1(30/4-7/5)	2(8/5-15/5)	3(16/5-21/5)	4(22/5-26/5)
Μάρτυρας	180 ± 0	179 ± 5,1	31 ± 3,8	167 ± 57,7
ΠΑ	0	0	0	0
ΠΑ+ΘΔ	183 ± 16,7	131 ± 55	303 ± 4,7	0
ΔΑ	0	0	0	0
ΔΑ+ΘΔ	264 ± 3,8	196 ± 62,6	375 ± 0	0

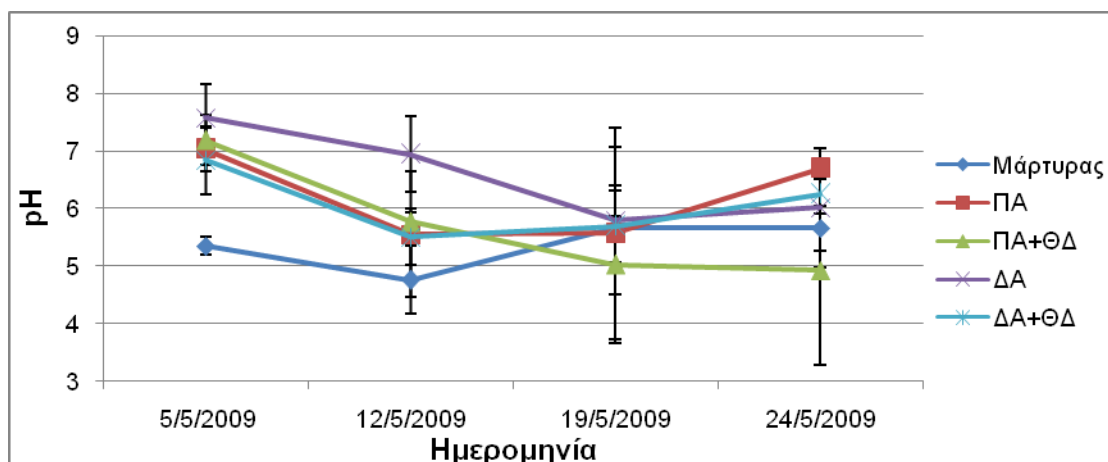
Στο μάρτυρα δεν έγινε προσθήκη νιτρικού οξέος αντίθετα με τις υπόλοιπες επεμβάσεις (Γράφημα 4.26). Αρχικά στην επέμβαση ΠΑ χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερη ποσότητα νιτρικού οξέος (29 έως 66%) σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Τη δεύτερη εβδομάδα στις επεμβάσεις ΠΑ και ΔΑ προστέθηκε περισσότερο νιτρικό οξύ (κατά 74 και 54%) από τις αντίστοιχες επεμβάσεις με ΘΔ. Μικρή προσθήκη οξέος σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις έγινε τη τρίτη εβδομάδα στην επέμβαση ΔΑ+ΘΔ ενώ δε παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές τη τελευταία εβδομάδα. Γενικότερα, προστέθηκε περισσότερο νιτρικό οξύ, με βάση τις ανάγκες ρύθμισης του pH στα υγρά απόβλητα που δεν είχε γίνει εμπλουτισμός με ΘΔ.



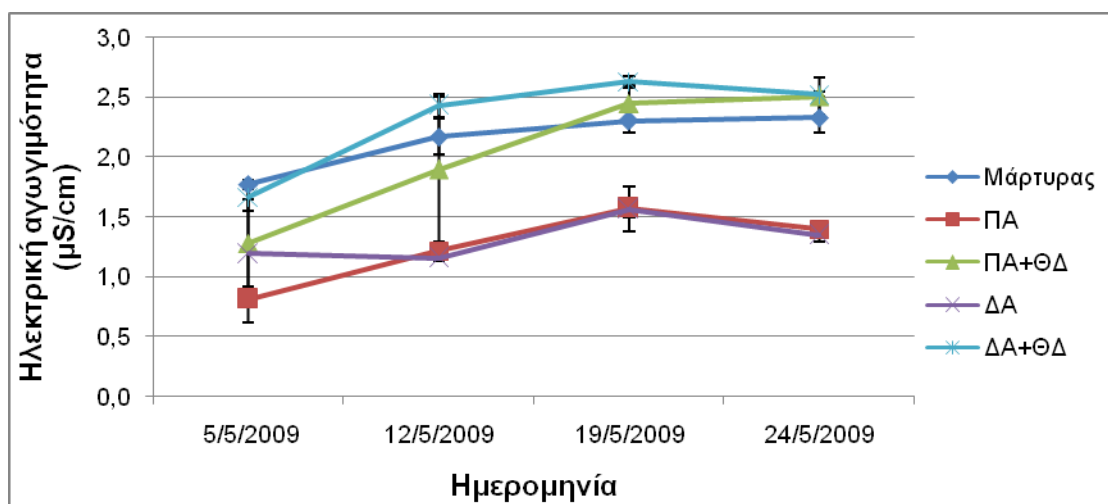
Γράφημα 4.26: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην προσθήκη οξέος σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

Στα Γραφήματα 4.27- 4.28 παρουσιάζονται η εβδομαδιαία διακύμανση του pH και EC κατά την διάρκεια της καλλιέργειας. Αρχικά ο μάρτυρας σημείωσε χαμηλό pH σχετικά με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Καθ' όλη τη διάρκεια της

καλλιέργειας το pH κυμάνθηκε 5,36 με 6,08 στις επεμβάσεις με ΘΔ και στο μάρτυρα, ενώ χωρίς ΘΔ στο 6,21 με 6,59. Η EC όπως ήταν αναμενόμενο παρουσιάστηκε μειωμένη στις επεμβάσεις ΠΑ και ΔΑ (από 0,82 έως 1,58 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ενώ στις υπόλοιπες επεμβάσεις διακυμάνθηκε από 1,25 έως 2,31 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



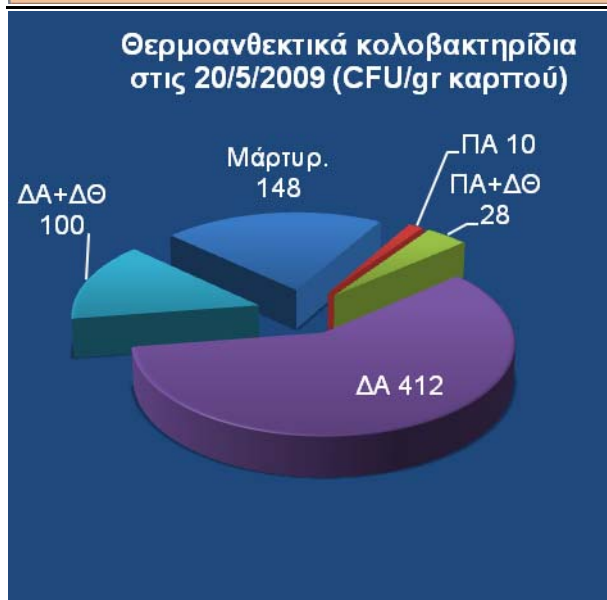
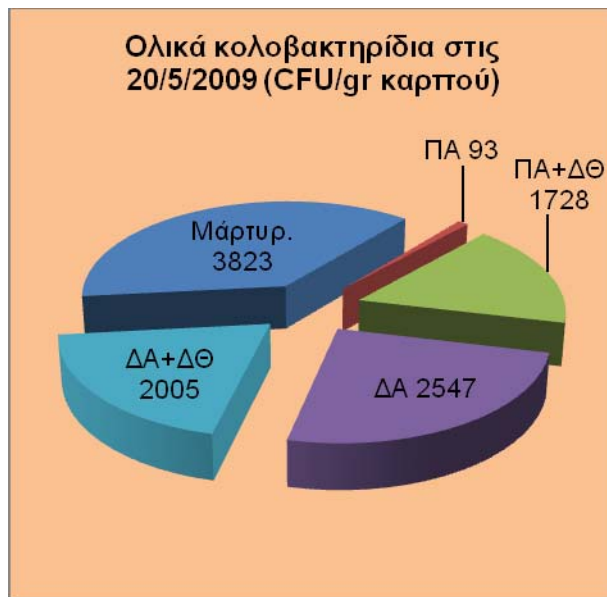
Γράφημα 4.27: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στο pH του υποστρώματος, σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).



Γράφημα 4.28: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του υποστρώματος, σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο μέσο όρο (\pm τυπική απόκλιση) σύμφωνα με το Duncan's Multiple Range Test (MRT).

**4.7.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΠΑ ΚΑΙ ΔΑ)
ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ**

Από τους καρπούς της πρώτης συγκομιδής που αναλύθηκαν ως προς την ανάπτυξη μικροοργανισμών (Εικόνα 4.26) παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα που φαίνονται στο Γράφημα 4.29. Όσον αφορά τα ολικά κολοβακτηρίδια παρουσίασαν μεγαλύτερη ποσοτικά ανάπτυξη (κατά 50 έως 121%) στην μεταχείριση του μάρτυρα σε σχέση με τις επεμβάσεις ΠΑ+ΘΔ, ΔΑ, ΔΑ+ΘΔ ενώ στη μεταχείριση του ΠΑ αναπτύχθηκαν ελάχιστα. Όσον αφορά τα θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια (*Escherichia coli*) έδειξαν μεγαλύτερη ανάπτυξη στην επέμβαση ΔΑ (κατά 178%) σε σχέση με την επέμβαση του μάρτυρα και (κατά 312%) σε σχέση με την επέμβαση ΔΑ+ΘΔ. Οι επεμβάσεις με ΠΑ με ή χωρίς ΘΔ έδωσαν μικρό αριθμό θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων.

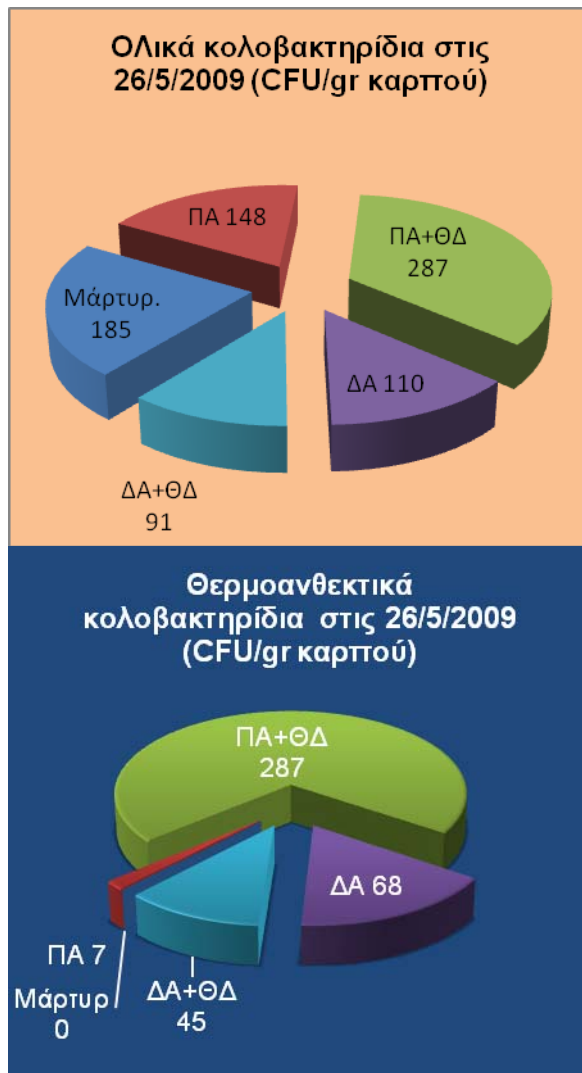


Γράφημα 4.29: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην ανάπτυξη ολικών και θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων, σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο αριθμό μικροοργανισμών (CFU) ανά gr καρπού.



Εικόνα 4.26: Χαρακτηριστικές σκούρο μπλε αποικίες θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων (αριστερά) και κόκκινες με μπλε αποικίες ολικών κολοβακτηριδίων (δεξιά).

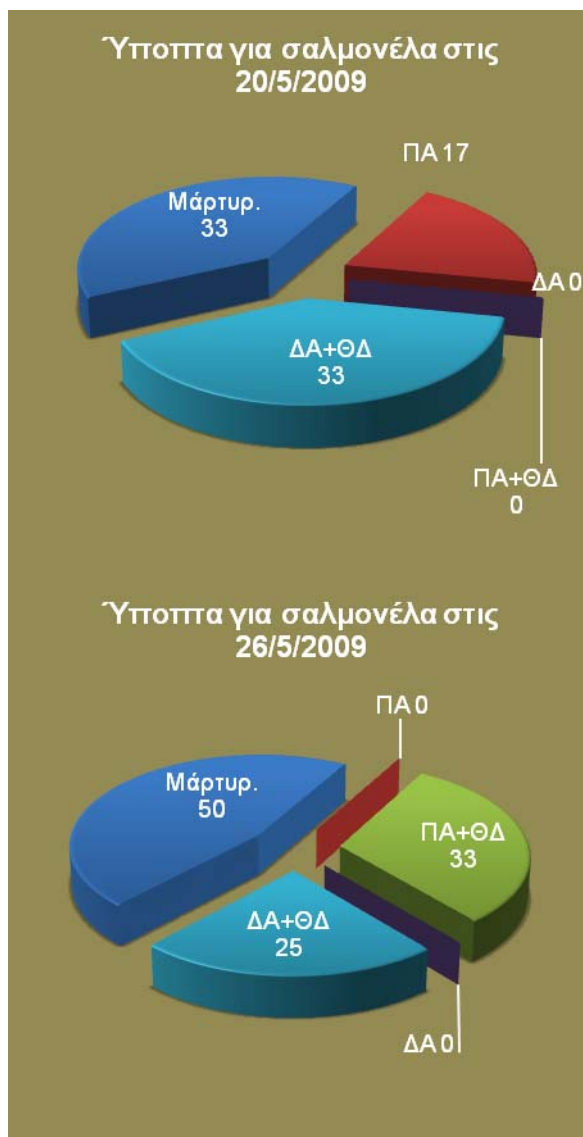
Διαφορετικά αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στην ανάλυση των καρπών της δεύτερης συγκομιδής (Γράφημα 4.30). Αναλυτικότερα οι επεμβάσεις μάρτυρα, ΠΑ και ΔΑ σημείωσαν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη ολικών κολοβακτηριδίων ενώ στην επέμβαση ΠΑ+ΘΔ παρατηρείται ότι όλοι οι μικροοργανισμοί που αναπτύχθηκαν ανήκουν στα θερμοανθεκτικά κολοβακτηρίδια. Στην ανάπτυξη θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων η επέμβαση ΠΑ+ΘΔ έδωσε τα μεγαλύτερα αποτελέσματα (287CFU/gr καρπού) σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις ενώ στο μάρτυρα δεν παρουσιάστηκε καθόλου ανάπτυξη. Συνολικά όσον αφορά τα ολικά κολοβακτηρίδια η μεγαλύτερη ανάπτυξη παρουσιάστηκε στην επέμβαση του μάρτυρα ενώ τα θερμοανθεκτικά παρουσίασαν καλύτερη ανάπτυξη στην επέμβαση ΔΑ.



Γράφημα 4.30: Επίδραση

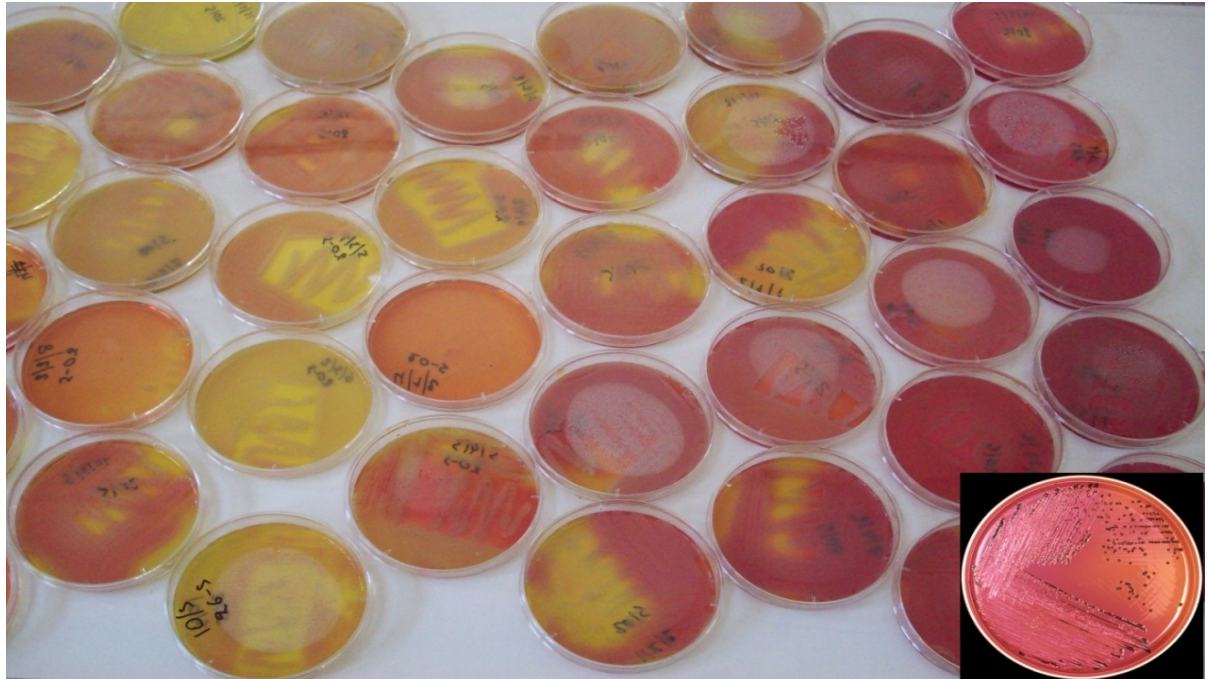
επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην ανάπτυξη ολικών και θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων, σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο αριθμό μικροοργανισμών (CFU) ανά gr καρπού.

Τα αποτελέσματα τα οποία κρίθηκαν ύποπτα για την ύπαρξη σαλμονέλας (*Salmonella* spp) παρουσιάζονται στο Γράφημα 4.31. Συγκεκριμένα, όσον αφορά την ανάλυση της πρώτης συγκομιδής, οι επεμβάσεις μάρτυρα και ΔΑ+ΘΔ κρίθηκαν ύποπτες κατά 33% του εξεταζόμενου δείγματος ενώ η επέμβαση ΠΑ κατά 17%. Όσον αφορά την ανάλυση της δεύτερης συγκομιδής ο μάρτυρας κρίθηκε ύποπτος κατά 50% και ακολούθησαν οι επεμβάσεις ΠΑ+ΘΔ (κατά 33%) και ΔΑ+ΘΔ (κατά 25%) ενώ οι επεμβάσεις ΠΑ, ΔΑ δεν παρουσίασαν πιθανή ύπαρξη σαλμονέλας. Η περαιτέρω ανάλυση των ύποπτων για σαλμονέλα καρπών έδειξε ότι ο μάρτυρας σε ποσοστό 50% περιείχε το βακτήριο της σαλμονέλας.



Γράφημα 4.31: Επίδραση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων [μάρτυρας, πρωτοβάθμια υγρά απόβλητα (ΠΑ), δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα (ΔΑ)] με ή χωρίς προσθήκη θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ) στην ανάπτυξη σαλμονέλας, σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπης αγγουριάς, σε σύστημα NFT. Οι τιμές αναφέρονται στο αριθμό μικροοργανισμών (CFU) ανά gr καρπού.

Η απεικόνιση των αναλύσεων για την ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών φαίνονται στις Εικόνες 4.27 και 4.28.



Εικόνα 4.27: Στα κίτρινου χρώματος τριβλία παρατηρούνται αποικίες από ολικά κολοβακτηρίδια (αριστερά) και στα ροζ έως κόκκινου χρώματος τριβλία μαύρες αποικίες ύποπτες για σαλμονέλα (δεξιά).



Εικόνα 4.28: Στους δυο πρώτους δοκιμαστικούς σωλήνες φαίνεται η χαρακτηριστική αναγωγή του S και παραγωγή αερίου H₂S (υδρόθειο) και μαύρου χρώματος, με αποτέλεσμα την ανύψωση του πυθμένα του θρεπτικού υποστρώματος.

4.8 ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο και ιδιαίτερα στη περιοχή της Μεσογείου παρατηρείται έντονη έλλειψη νερού στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Υπολογίζεται ότι μετά από 50 χρόνια περίπου το 65% της ανθρωπότητας θα αντιμετωπίσει σοβαρή έλλειψη νερού αν δε ληφθούν από τώρα τα απαιτούμενα μέτρα. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα η λανθασμένη διαχείριση των φυσικών πόρων, οι κλιματικές αλλαγές, η ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα καθώς και η επέκταση της αρδευόμενης γεωργίας ευθύνονται για την έλλειψη και τη ποιοτική υποβάθμιση του νερού. Λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας καλής ποιότητας νερού κρίνεται αναγκαία η εξέταση επαναχρησιμοποίησης υποβαθμισμένων νερών. Το νερό από βιολογικούς καθαρισμούς θα μπορούσε να αλλάξει τη σημερινή κατάσταση που προκαλεί η λειψυδρία, καθώς είναι μια πρόσθετη, αξιόπιστη και ανανεώσιμη πηγή νερού, η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για το πότισμα χιλιάδων στρεμμάτων καλλιεργειών και αστικού πρασίνου, αντί να

καταλήγει στη θάλασσα. Επιστημονικές έρευνες έχουν δείξει ότι τα υγρά απόβλητα περιέχουν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών υλικών που χρησιμοποιούν τα φυτά για την ανάπτυξή τους. Επίσης τα φυτά έχουν τη δυνατότητα αποδόμησης στοιχείων τα οποία στη συνέχεια είτε τα χρησιμοποιούν είτε τα αποβάλλουν σε καθαρή και αβλαβή για το οικοσύστημα μορφή.

Για το λόγο αυτό, στη παρούσα μελέτη, αξιολογήθηκε η επίδραση υγρών αποβλήτων (πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια) με ή χωρίς θρεπτικό διάλυμα, σε υδροπονική καλλιέργεια μικρόκαρπου αγγουριού σε σύστημα NFT. Όσον αφορά την ανάπτυξη των φυτών, δε βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς τον αριθμό φύλλων και το ύψος των φυτών. Αντίθετα όμως η διάμετρος των στελεχών στην επέμβαση ΠΑ παρουσίασε (κατά 15%) αύξηση σε σχέση με το μάρτυρα (συνεχής ροή θρεπτικού διαλύματος), ενώ στον αριθμό ανθέων η επέμβαση ΔΑ+ΘΔ έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα. Σε παλιότερη μελέτη επίδρασης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε οπωροκηπευτικά, χρησιμοποιήθηκε μείγμα υποστρώματος στην αναλογία 1:5:3:3 (ασπρόχωμα: άμμος: τύρφη: κόμποστ) και βρέθηκε ότι η επέμβαση των πρωτοβάθμιων υγρών αποβλήτων έδωσε παρόμοια ή και καλύτερα αποτελέσματα από την επέμβαση του μάρτυρα (με λίπασμα) όσο αφορά τον αριθμό φύλλων και το ύψος φυτών (Παπαγρηγορίου, 2004). Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ως προς την ανάπτυξη των φυτών, σε προηγούμενη μελέτη που αφορούσε την άρδευση δυο ειδών κωνοφόρων με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα και με σκέτο νερό (Sakellariou-Makrantonaki *et al.*, 2003). Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός ότι τα πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα περιέχουν ικανές ποσότητες οργανικών ουσιών οι οποίες αποτελούν τροφή για τα φυτά. Επίσης αυτό ίσως να οφείλεται στον προστατευτικό ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει το υπόστρωμα (φυσικοχημικές ιδιότητες) σε σχέση με την καλλιέργεια σε NFT, όπου διεξήχθη η παρούσα μελέτη.

Η προσθήκη θρεπτικού διαλύματος στις επεμβάσεις με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μείωσε τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων ενώ οι ίδιες επεμβάσεις παρουσίασαν βελτίωση ως προς τη φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων. Η στοματική αγωγιμότητα και η ενδοκυτταρική

συγκέντρωση CO₂ βρέθηκε αυξημένη (έως και 46%) στην μεταχείριση ΠΑ±ΔΑ και ΔΑ σε σχέση με τον μάρτυρα ο οποίος παρουσίασε σταδιακή μείωση έως το τέλος του πειράματος.

Όσον αφορά το βάρος των φυτών, η επέμβαση ΔΑ αύξησε το υπέργειο νωπό βάρος (κατά 23%) σε σχέση με το μάρτυρα και τις υπόλοιπες επεμβάσεις ενώ η επέμβαση ΔΑ+ΘΔ αύξησε το ξηρό βάρος. Η προσθήκη ΘΔ στις επεμβάσεις με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα μείωσε το νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας. Όσον αφορά το μήκος της ρίζας οι επεμβάσεις ΠΑ+ΘΔ και ΔΑ παρουσίασαν μείωση σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ αύξηση προκάλεσε η επέμβαση ΠΑ. Σημαντικά αυξημένη αναλογία στο βάρος υπέργειου/ρίζα έδωσε η επέμβαση ΔΑ+ΘΔ (κατά 70%) σε σχέση με το μάρτυρα και την επέμβαση ΠΑ ενώ δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές με τις υπόλοιπες επεμβάσεις. Σημαντική αύξηση παρουσίασε και η αναλογία αριθμού φύλλων ανά βάρος ρίζας στην επέμβαση ΠΑ+ΘΔ σε σχέση με το μάρτυρα.

Η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με ή χωρίς ΘΔ δε παρουσίασε σημαντικές διαφορές στον αριθμό καρπών ανά φυτό, στο βάρος αυτών αλλά ούτε και στη συνολική παραγωγή. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι η χρήση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με ή χωρίς ΘΔ παρουσίασε παρόμοια ή καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το μάρτυρα. Σε αντίστοιχο πείραμα σε καλλιέργεια τομάτας, όπου γινόταν επιφανειακή και σε βάθος 15cm εδάφους άρδευση με δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα, βρέθηκε ότι η επέμβαση με απόβλητα είχε υψηλότερη παραγωγή κατά 1,8 τόνους/στρέμμα σε σχέση με το μάρτυρα που αρδευόταν με σκέτο νερό (Najafi *et al.*, 2006). Σε άλλη ερευνητική μελέτη σε καλλιέργεια τομάτας βρέθηκε ότι η παραγωγή στην επέμβαση με υγρά απόβλητα αυξήθηκε κατά 55% σε σχέση με το μάρτυρα (σκέτο νερό) ενώ όταν προστέθηκαν και στις δυο επεμβάσεις 90gr/m³ N η παραγωγή ήταν και πάλι μεγαλύτερη κατά 10% (Χατζηαντώνης, 2009). Όσον αφορά το μήκος και τη διάμετρο των καρπών ενώ οι επεμβάσεις ΠΑ και ΔΑ παρουσίασαν τη μεγαλύτερη διάμετρο και μήκος καρπών από τις υπόλοιπες επεμβάσεις, σημείωσαν μείωση στην επί % ξηρή ουσία καρπού. Η επέμβαση ΠΑ+ΘΔ παρουσίασε τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία, αν και είχε τη μικρότερη διάμετρο και μήκος καρπών.

Δεν βρέθηκαν διαφορές στη κατανάλωση νερού παρά μόνο προς το τέλος του πειράματος όπου η επέμβαση ΠΑ+ΘΔ παρουσίασε μειωμένη κατανάλωση. Η επέμβαση ΔΑ+ΘΔ σημείωσε τη μεγαλύτερη συνολική απορρόφηση θρεπτικού διαλύματος από τις αντίστοιχες επεμβάσεις με προσθήκη θρεπτικού διαλύματος. Το pH των επεμβάσεων χωρίς θρεπτικό διάλυμα παρουσιάστηκε ελάχιστα αυξημένο από τις υπόλοιπες επεμβάσεις όπου κυμάνθηκε από 5,36 έως 6,08. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα όπως ήταν αναμενόμενο παρουσιάστηκε μειωμένη στις επεμβάσεις χωρίς θρεπτικό διάλυμα λόγω του ότι δεν έγινε επιπλέον προσθήκη θρεπτικών στοιχείων.

Όσον αφορά την ανάπτυξη ολικών και θερμοανθεκτικών κολοβακτηριδίων, οι μικροοργανισμοί αναπτύχθηκαν σε όλες τις επεμβάσεις συν αυτή του μάρτυρα. Αυτό ίσως να οφείλεται λόγω μεταφοράς των μικροοργανισμών από φυτά που αναπτύχθηκαν σε απόβλητα σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε μάρτυρα (μέσω υδροσταγονιδίων ή μέσω του αέρα ή μέσω της επιμόλυνσης από τον ανθρώπινο παράγοντα). Σε καλλιέργεια τομάτας στο έδαφος με δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα όπου η άρδευση γινόταν με σταλάκτες σε βάθος 15cm βρέθηκε ότι δεν υπάρχει υψηλός κίνδυνος επαφής των μικροοργανισμών με τους καρπούς (Najafi *et al.*, 2006). Η ανάλυση για την ύπαρξη σαλμονέλας έδειξε ότι μόνο στην επέμβαση του μάρτυρα αναπτύχθηκε το βακτήριο. Αυτό ίσως οφείλεται στο ότι, η επέμβαση του μάρτυρα ήταν λιγότερο επιβαρυνμένη με κολοβακτηρίδια με αποτέλεσμα να αναπτυχθεί ευκολότερα η σαλμονέλα. Σε αντίστοιχο πείραμα με χρήση υγρών αποβλήτων όπου καλλιεργήθηκαν ραδίκι, τριφύλλι και τομάτα, σε αμμοπηλώδες έδαφος δε βρέθηκαν βιώσιμα περιττωματικά κολοβακτηρίδια στην επιφάνεια των καρπών 24h μετά την άρδευση (Albulbasher, 1998). Επίσης σε καλλιέργεια οπωροκηπευτικών που αρδευόταν με δευτεροβάθμια υγρά απόβλητα δεν βρέθηκαν στους καρπούς κολοβακτηρίδια *E. coli* (Pedrero and Alarcon, 2009). Σε ανάλογο πείραμα με τριτοβάθμια υγρά απόβλητα, όπου είχε γίνει απολύμανση με υπεροξικό όξινο (peroxyacetic acid-PAA) και UV μαζί, πραγματοποιήθηκε άρδευση στους εξωτερικούς χώρους (σε 6 καλλωπιστικά είδη) σε βρεφικό σταθμό. Τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα θετικά καθώς ο συνδυασμός απολύμανσης αφαίρεσε τα βακτήρια σε μικρότερο επίπεδο από ότι έχει τεθεί από τον αντίστοιχο Ιταλικό νόμο (2MPN

σε 100ml). Ακόμη, στο ίδιο πείραμα η περιεκτικότητα των τριτοβάθμιων υγρών αποβλήτων σε θρεπτικά στοιχεία ήταν ικανοποιητική για να διατηρήσει την καλή ανάπτυξη στα περισσότερα είδη που δοκιμάστηκαν (Lubello *et al.*, 2004).

Τα επεξεργασμένα αστικά λύματα αντί να διατίθενται σε υδάτινους αποδέκτες μπορούν να αξιοποιηθούν κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και κριτήρια με σκοπό να χρησιμοποιηθούν για άρδευση καλλιεργειών, χώρων αναψυχής (πάρκων, περιαστικών δασών κλπ.), για μη πόσιμες αστικές χρήσεις (πυρόσβεση, καθαρισμός δρόμων κλπ.). για βιομηχανική χρήση (ψύξη μηχανών, λέβητες) καθώς θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για τεχνητό εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων κλπ. Η άρδευση των καλλιεργειών είναι ο καλύτερος τρόπος επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων, επειδή αποφεύγεται η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού των αποδεκτών (ελαχιστοποίηση του ευτροφισμού), αποτελεί μια νέα πηγή νερού στο ισοζύγιο των ελλειμματικών περιοχών και τροφοδοτεί το έδαφος με θρεπτικά στοιχεία, όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο, που βοηθούν στην ανάπτυξη της καλλιέργειας και ελαχιστοποιούν τη ανάγκη προσθήκης χημικών λιπασμάτων.

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων στη γεωργία είναι μια πρακτική που εφαρμόζεται εδώ και αρκετές δεκαετίες σε πολλές χώρες του κόσμου. Μερικές από αυτές είναι η Ιταλία στην οποία αρδεύονται με επεξεργασμένα υγρά απόβλητα 40000 στρέμματα, ενώ απροσδιόριστες είναι οι εκτάσεις στη Νότιο Ιταλία, που αρδεύονται με μη επεξεργασμένα ανακυκλωμένα νερά (Ανώνυμος, 2009). Η επεξεργασία βασίζεται στις γενικές προδιαγραφές, που προβλέπει η ιταλική νομοθεσία για την ποιότητα των υδάτων. Στο Βέλγιο υφίσταται επεξεργασία και ανακυκλώνεται το 38% των χρησιμοποιημένων νερών, για να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές δραστηριότητες. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται το ποσοστό επεξεργασίας των χρησιμοποιημένων υδάτων να ανέλθει στο 60%. Η κυβέρνηση επεξεργάζεται εθνικές προδιαγραφές. Η Κύπρος αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα νερού. Η εξοικονόμηση νερού μέσω της συλλογής και επαναχρησιμοποίησης νερού από βιολογικούς καθαρισμούς, αλλά και της επαναχρησιμοποίησης χρησιμοποιημένου νερού οικιακής χρήσης είναι μέρος της πολιτικής για την εξασφάλιση του πολύτιμου αυτού αγαθού.

Στην Ελλάδα, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων για άρδευση γενικά βρίσκεται σε ερευνητικό επίπεδο με πιλοτικά έργα να λειτουργούν ή να βρίσκονται σε φάση κατασκευής. Με τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα επισημαίνεται η ανάγκη να θεσπιστούν και στη χώρα μας οδηγίες ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων εκροών αστικών υγρών αποβλήτων, κατά τα πρότυπα άλλων χωρών. Τα μόνα αξιόλογα έργα που έχουν γίνει είναι αυτό του Δήμου Χερσονήσου του Νομού Ηρακλείου όπου χρησιμοποιούνται τα επεξεργασμένα λύματα από το βιολογικό καθαρισμό για αρδευτικού σκοπούς, κυρίως για την άρδευση ελαιόδεντρων. Στις 15 Δεκεμβρίου 2009 ξεκίνησε επίσημα το πρόγραμμα «Γεωργική Αξιοποίηση Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων ως Εναλλακτικός Υδατικός Πόρος». Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα θα γίνεται αξιοποίηση των υγρών αποβλήτων τριτοβάθμιας επεξεργασίας και θα αρδεύονται ελαιώνες και αμπέλια στο Δήμο Τεμένους και στη περιοχή της Φοινικιάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγουρίδας Α, 2006. Η Επίδραση των Χουμικών Παραγόντων στην Ανάπτυξη και Παραγωγή Υδροπονικής Καλλιέργειας Αγγουριού. Πτυχιακή Εργασία. Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Ηράκλειο. Σελ 35.
2. Ανδρεαδάκης Α, Κατσίρη Α, Μαμάης Δ, 2001. Επεξεργασία και Διάθεση Αποβλήτων. Τεχνολογία Αντιμετώπισης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Τόμος Α΄. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Πάτρα.
3. Ανώνυμος, 2009. Επαναχρησιμοποίηση - Ανακύκλωση νερού. Εξοικονόμηση Νερού. Ολοκληρωμένο Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα για τα Σχολεία της Νότιας Ευρώπης. Δίκτυο Μεσόγειος SOS. Σελ 2. (<http://www.watersave.gr/site/images/stories/PDFs/19ekp.pdf>, Ανακτημένο 6/12/2009).
4. Αραβώσης Κ, Κούγκολος Α, Λέγκας Κ, Μάκκας Α, Πατσής Κ, 2006. Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Αξιολόγηση των Εναλλακτικών Μεθόδων Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων με τη Χρήση Πολύκριτηριακής Ανάλυσης. Discussion Paper του Τμήματος Μ.Χ.Π.Π.Α. του Παν. Θεσσαλίας. Σελ 417 - 446.
5. Γιαλιάς Σ, Γάτος Ε, 2003. Σχέδιο Εκμετάλλευσης 5 Στρεμμάτων Υαλόφρακτου Θερμοκηπίου με Υδροπονική Καλλιέργεια Αγγουριού. Πτυχιακή Εργασία. Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Σελ 91.
6. Δημητράκης Κ Γ, 1998. Οικ. Κολοκυνθίδες (Cucurbitaceae). Από Λαχανοκομία. Εκδόσεις ΑγροΤύπος Α.Ε.
7. Ζιώγας Ν, Ντελής Δ, Σχορτσανίτης Κ, 1992. Κόστος και Οικονομικά Αποτελέσματα. Κόστος Παραγωγής Αγροτικών Προϊόντων και Αποδοτικότητα της Ελληνικής Γεωργίας. 1969-1989. Εκδόσεις ΓΡΑΜΜΑ. Σελ 225-226.
8. Κουλούμπης Π, Τσαντήλας Χ, Γκαντίδης Ν, 2005. Εγχειρίδιο Ορθής Γεωργικής Πρακτικής για την Ενδεδειγμένη Αξιοποίηση της Ιλύος των

Αστικών Λυμάτων. Εκδόσεις Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Αθήνα. Σελ 114.

9. Μανιός Θ, 2001. Τεχνολογίες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος. Χανιά.
10. Μαρκαντωνάτος Γ, 1990. Επεξεργασία και Διάθεση Υγρών Αποβλήτων. Αστικά Λύματα, Βιομηχανικά Απόβλητα, Ζωικά Απορρίμματα. Β Έκδοση. Αθήνα.
11. Μάστακα Β, 2007. Μικροβιακή Διαδοχή κατά την Κομποστοποίηση Ιλύος από το Βιολογικό Καθαρισμό Ηρακλείου, με τη Μέθοδο των Αναστρεφόμενων Σωρών. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας. Αθήνα. Σελ 185.
12. Μαυρίδου Α, Παπαπετροπούλου Μ, 1995. Μικροβιολογία του Υδάτινου Περιβάλλοντος. Βασικές Αρχές. Εκδόσεις Τραυλός Π, Κωσταράκη Ε., Αθήνα. Σελ 222.
13. Ντάνος Δ, Παπαδόπουλος Φ, Σουπίλας Α, Κουτρούμπας Σ, Παπαδόπουλος Α, Μεταξά Ε, Παρισόπουλος Γ, Ζράγκας Α, Φιλίππου Ν, Αναστασιάδης Ε, 2001. Άρδευση Ρυζιού με Επεξεργασμένα Υγρά Αστικά Απόβλητα. Γεωργική Έρευνα 25: 21-32.
14. Ντάρακας Ε, 2006. Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη. Σελ 138.
15. Ολυμπίου Χ Μ, 2001. Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Κηπευτικών στα Θερμοκήπια. Εκδόσεις Α. Σταμούλης. Αθήνα. Σελ 772.
16. Παπαγρηγορίου Ε, 2004. Αξιολόγηση Πρωτοβάθμιων-Δευτεροβάθμιων και Τριτοβάθμιων Υγρών αποβλήτων σε Καλλιέργεια Οπωροκηπευτικών. Πτυχιακή Εργασία. Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Ηράκλειο. Σελ 86.

17. Παπαδάκης Π, 2005. Επαγωγή της Αντοχής της Αγγουριάς Εναντίον του Ωιδίου (*Podosphaera xanthii*) από τους Υπερπαρασιτικούς Μύκητες *Acremonium alternatum* και *Acremonium implicatum*. Πτυχιακή Εργασία. Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Σελ 33.
18. Πεδιαδιτάκης Γ, 2002. Ειδική Λαχανοκομία ΙΙ. Σημειώσεις Θεωρίας. Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας. Σελ 55.
19. Πελεκάνος Μ, Λυμπερόπουλος Φ, Λυκοσκούφης Ι, Μαυρογιαννόπουλος Γ, 2009. Επιπτώσεις της Υψηλής Συγκέντρωσης NaCl του Θρεπτικού Διαλύματος Αγγουριάς στην Ανάπτυξη και στην Απορρόφηση Καλίου από το Φυτό. Πρακτικά 23ου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών - Τεύχος Β, 835-838.
20. Στάμου Α Ι, 1995. Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Αθήνα. Σελ 304.
21. Τζωρτζάκης Ν, 2008. Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους. Σημειώσεις Θεωρίας. Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Σελ 52.
22. Χατζηαντώνης Χ, 2009. Η εμπειρία της Κύπρου στη Χρήση Ανακυκλωμένου Νερού στη Γεωργία. Εσπερίδα με Θέμα: Πρόγραμμα Γεωργικής Αξιοποίησης Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων ως Εναλλακτικός Υδατικός Πόρος. Ηράκλειο, 15 Δεκεμβρίου 2009.

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Albulbasher S, Bassam M, Zahra A, Jaradat A, 1998. Wastewater Irrigation Effect on Soil, Crop and Environment: a Pilot Scale Study at Irbid, Jordan. Water Air & Soil Pollution. 106: 425-445.
2. Angelakis A N, Koutsoyiannis D, Tchobanoglous G, 2005. Wastewater Technologies in the Ancient Greece. Water Resources, 39 : 210-220.

3. Angelakis A N, Marecos de Monte MHF, Bontoux L, Asano T, 1999. The Status of Wastewater Reuse Practice in the Mediterranean Basin: Need for Guidelines. *Water Research*. 33: 2201-2217.
4. Angelakis A N, Spyridakis S V, 1996. The Status of Water Resources in Minoan Times - A Preliminary Study. In: *Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region* (A. Angelakis, A. Issar, Eds.). Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. Pp 161-191.
5. Asano T, 1993. The Role of Wastewater Reuse in Water Resources Management, Πρακτικά Σεμιναρίου ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. με θέμα: Ανάκτηση και Επαναχρησιμοποίηση Αστικών Υγρών Αποβλήτων για Άρδευση, Ιούλιος 1993. Αθήνα. pp. 1-12
6. Asano T, Tchobanoglous G, 1991. The Role of Wastewater Reclamation and Reuse in the USA, *Water Science and Technology*. 23: 2049-2059.
7. Bannin A, 1999. Recycling and Reuse of Wastewater for Irrigation in the Mediterranean Region: Approaches, Precaution and Potentials. *Annali di Chimica*. 89: 479-488.
8. Brenner A, Shandalov S, Oron G, Rehben M, 1994. Deep-bed Filtration of SBR Effluent for Agricultural Reuse: Pilot Plant Screening of Advanced Secondary and Tertiary Treatment for Domestic Wastewater. *Water Science and Technology*. 30: 219 – 227.
9. Conte G, Martinuzzi N, Giovannelli L, Pucci B, Masi F, 2001. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Central Italy. *Water Science and Technology*. 44: 339-343.
10. Correia N F, 1999. Water Resources in the Mediterranean Region. *Water International*. 24: 22-30.
11. Fresenius W, Schneider W, 1994. *Forschungseinrichtung für Wasser und Reststofftechnologie FIP*. Institut Poppinghaus GmbH.: *Abwassertechnologie*. Springer-Verlag. Berlin, 2. Auflage.

12. Lazarova V, Cirelli G, Jeffrey P, Salgot M, Icekson N, Brissaud F, 2000. Enhancement of Integrated Water Management and Water Reuse in Europe and the Middle East, *Water Science and Technology*. 42: 193-202.
13. Lazarova V, Levine B, Sack J, Cirelli G, Jeffrey P, Muntau H, Salgot M, Brissaud F, 2001. Role of Water Reuse for Enchanting Integrated Water Management in Europe and Mediterranean Countries. *Water Science and Technology*. 43: 25 - 33.
14. Lubello C, Gori R, Nicese F P, Ferrini F, 2004. Municipal-treated Wastewater Reuse for Plant Nurseries Irrigation. *Water Research*. 38: 2939-2947.
15. Manios T, Papagrighoriou I, Daskalakis G, Sabathianakis I, Terzakis S, Maniadakis K, Markakis G, 2006. Evaluation of Primary and Secondary Treated and Disinfected Wastewater Irrigation of Tomato and Cucumber Plants Under Greenhouse Conditions, Regarding Growth and Safety Considerations. *Water Environment Research*. 78: 797-804.
16. Mara D. 2001. Appropriate Wastewater Collection, Treatment and Reuse in Developing Countries. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer*. 145: 299 – 303.
17. Najafi S, Mousavi F, Feizi M, 2006. Effects of Using Sub Surface Drip in Irrigation of Tomato and Eggplant with Treated Municipal Wastewater. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences*. 20:155-164.
18. Pedrero F, Alarcón J J, 2009. Effects of Treated Wastewater Irrigation on Lemon Trees. *Desalination*. 246: 631-639.
19. Sakellariou - Makrantonaki M, Tentas I, Koliou A, Kalfountzos D, Vyrlas P, 2003. Irrigation of Ornamental Shrubs with Threatened Municipal Wastewater. *Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology*. pp 707-714.

20. Stansfield C B, 1997. The Use of Water for Agriculture Irrigation. The Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management. 11: 38-384.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. McIntyre A. 2005. Healing drinks. Gaia Books Limited (<http://www.octopusbooks.co.uk/books/food-and-drink/9781856752169/healing-drinks/> - Ανακτημένο στις 6/11/2009).

ΜΕΡΟΣ Γ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

6.1 ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΟ 24^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΩΝ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ (ΕΕΕΟ)

Εργασία που παρουσιάστηκε από τον Δρ Τζωρτζάκη Νίκο, κατά το 24^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 19-23 Οκτωβρίου, Βέροια, Ελλάδα. Ολόκληρο το κείμενο είναι διαθέσιμο στα πρακτικά του συνεδρίου, ενώ εδώ παρατίθεται η περίληψη.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

Τζωρτζάκης Ν., Πιλατάκης Γ., Ψαραύτη Κ., Μανιός Θ., 2009. Αξιολόγηση πρωτοβάθμιων και δευτεροβάθμιων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για τις αρδευτικές ανάγκες υδροπονικής καλλιέργειας αγγουριάς. 24^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 19-23 Οκτωβρίου, Βέροια, Ελλάδα.

Περίληψη

Η απευθείας εφαρμογή των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων (ΥΒΑ) ως οργανικό λίπασμα προκαλεί φυτοτοξικά φαινόμενα στο φυτικό και εδαφικό σύστημα. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων της

άμεσης χορήγησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων στην ανάπτυξη και φυσιολογία καλλιέργειας αγγουριάς σε κλειστό υδροπονικό σύστημα (NFT). Σε νεαρά φυτά μικρόκαρπης αγγουριάς (ποικ. Κνωσού) εφαρμόστηκαν 5 πειραματικές επεμβάσεις για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων οι οποίες συνίσταντο στην χρήση αρδευτικού νερού (μάρτυρας), πρωτοβάθμιων (ΠΑ) και δευτεροβάθμιων (ΔΑ) επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων με ή χωρίς εμπλουτισμό θρεπτικού διαλύματος (ΘΔ). Η χρήση ΠΑ±ΘΔ είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του ύψους, του αριθμού φύλλων και ανθέων που σχηματίστηκαν, του μεγέθους του φύλλου (μήκος x πλάτος) σε φυτά αγγουριάς ενώ αυξήθηκε η διάμετρος του κεντρικού στελέχους. Δεν σημειώθηκαν αντίστοιχες μεταβολές όταν χρησιμοποιήθηκε ΔΑ±ΘΔ. Η αυξημένη παραγωγή την πρώτη εβδομάδα συγκομιδής, οφείλεται στον αυξημένο αριθμό καρπών και στο αυξημένο νωπό βάρος καρπών που παρήχθησαν σε φυτά που αναπτύχθηκαν σε ΠΑ και ΔΑ, ενώ μειώθηκε η περιεκτικότητα ξηράς ουσίας των καρπών αυτών. Ο εμπλουτισμός ΘΔ στην μεταχείριση ΠΑ μείωσε (μέχρι 25%) την συνολική παραγωγή ανά φυτό ενώ δεν διαφοροποιήθηκε ο συνολικός αριθμός των καρπών που παρήχθησαν μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η χρήση ΥΒΑ δεν επηρέασε την φυτική μάζα (νωπό και ξηρό βάρος) του υπέργειου και υπόγειου μέρους του φυτού, αλλά ούτε και το μήκος της ρίζας. Δεν βρέθηκαν διαφορές ως προς τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων μεταξύ των μεταχειρίσεων. Η φωτοσυνθετική ικανότητα και η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων αυξήθηκε σε φυτά που αναπτύχθηκαν στην μεταχείριση ΠΑ ± ΘΔ και ΔΑ ενώ δεν διαφοροποιήθηκε στον μάρτυρα και στην μεταχείριση ΔΑ+ΘΔ. Η χρήση ΥΒΑ είχε ως αποτέλεσμα την εξάπλωση ασθενειών ρίζας σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ έπειτα από μικροβιολογική ανάλυση βρέθηκαν μικροοργανισμοί σε καρπούς σε όλες τις μεταχειρίσεις ΥΒΑ και του μάρτυρα, λόγω μεταφοράς/επιμόλυνσης από τις μεταχειρίσεις ΥΒΑ. Περαιτέρω μελέτη είναι απαραίτητη για την πλήρη αξιοποίηση των ΥΒΑ, ενώ μέτρα απολύμανσης στα ΥΒΑ, πρέπει να εφαρμόζονται πριν ή κατά την διάρκεια χρησιμοποίησής τους σε υδροπονικά συστήματα για την μείωση του μικροβιακού φορτίου.



24^ο Επιστημονικό Συνέδριο Ε.Ε.Ε.Ο.
Βέροια Ημαθίας
20-23 Οκτωβρίου 2009

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΚΑΙ
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ
ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ

Τζωρτζάκης Ν., Πιλατάκης Γ., Ψαραύτη Κ., Μανιός Θ.

*Τμήμα Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας, Σχολή Τεχνολογίας
Γεωπονίας, ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο
E-mail: ntzortzakis@staff.teicrete.gr*

6.2 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα ορισμένες φωτογραφίες από την απεικόνιση της ανάπτυξης των φυτών και γενικότερα τη διεξαγωγή του πειράματος.



Εικόνα 6.1: Σταδιακή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος σε υδροπονική καλλιέργεια αγγουριάς σε σύστημα NFT.



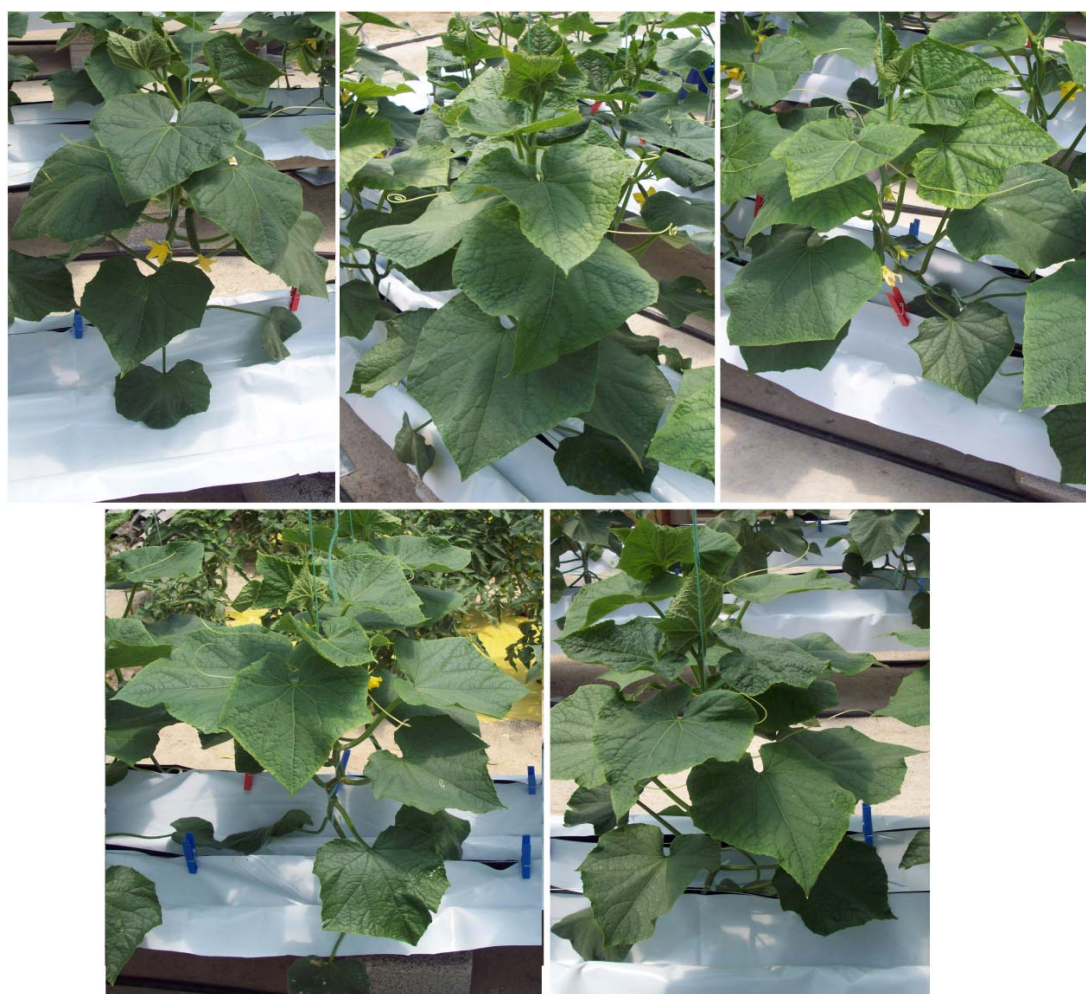
Εικόνα 6.2: Εμφάνιση του πειράματος τη μέρα εγκατάστασης των φυτών.



Εικόνα 6.3: Εμφάνιση του πειράματος 15 μέρες από την εγκατάσταση των φυτών.



Εικόνα 6.4: Εμφάνιση του πειράματος 36 μέρες από την εγκατάσταση των φυτών.



Εικόνα 6.5: Απεικόνιση αντιπροσωπευτικών φυτών από κάθε επέμβαση, κατά σειρά μάρτυρας, ΠΑ, ΠΑ+ΘΔ (πάνω), ΔΑ, ΔΑ+ΘΔ (κάτω), 20 μέρες μετά την εγκατάσταση των φυτών.



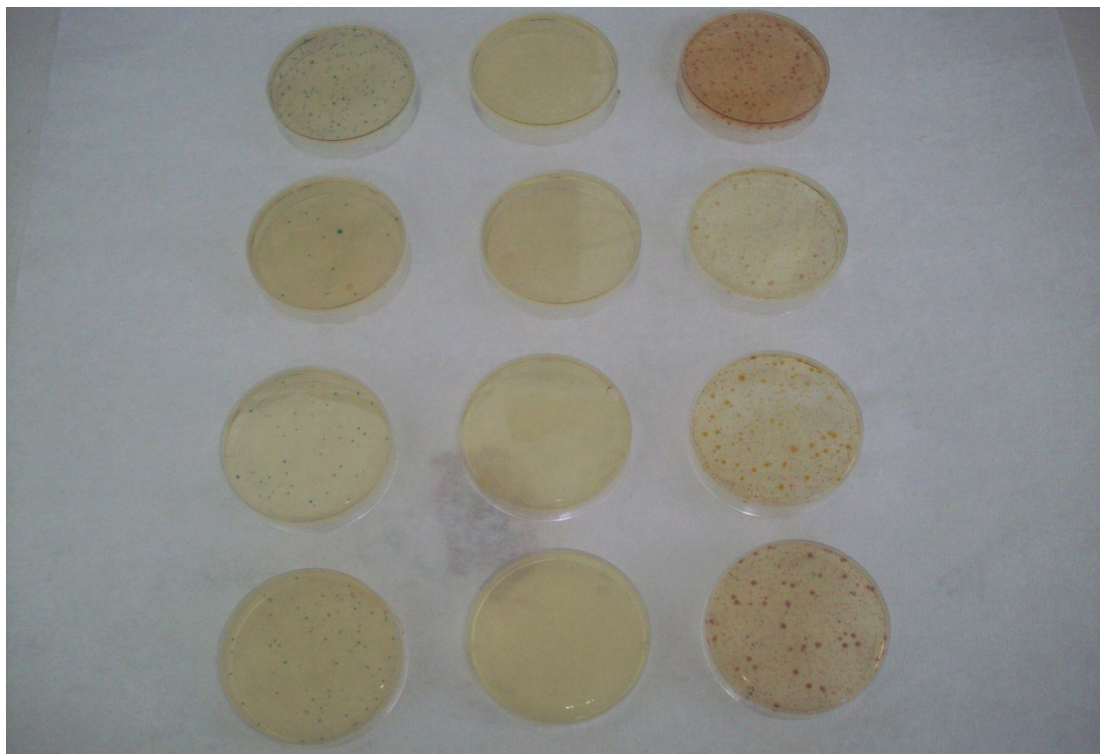
Εικόνα 6.6: Συγκομισμένα αγγούρια ανά μεταχείριση.



Εικόνα 6.7: Δειγματοληψία καρπών για μικροβιακή ανάλυση.



Εικόνα 6.8: Χαρτοσακούλες με το υπέργειο τμήμα των φυτών και οι ρίζες τους.



Εικόνα 6.9: Τριβλία με ανεπτυγμένες αποικίες ολικών κολοβακτηριδίων.



Εικόνα 6.10: Τριβλία με 2 διαφορετικά στερεά υποστρώματα (SS και XLD) για την ανάπτυξη σαλμονέλας.