



Α.Τ.Ε.Ι. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Πειραματική καλλιέργεια δύο ποικιλιών ζέρμπερας σε υπερυψωμένο κλειστό υδροπονικό σύστημα με τη τεχνική N. F. T. και σε υπόστρωμα πετροβάμβακα και υδρολίπανση εμπλουτισμένη με λύματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας βιολογικού καθαρισμού του Δήμου Ηρακλείου.



ΚΥΡΙΑΚΑΝΤΩΝΑΚΗ ΜΑΡΙΑ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010

Α.Τ.Ε.Ι. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Πειραματική καλλιέργεια δύο ποικιλιών ζέρμπερας σε υπερυψωμένο κλειστό υδροπονικό σύστημα με τη τεχνική Ν. F. T. και σε υπόστρωμα πετροβάμβακα και υδρολίπανση εμπλουτισμένη με λύματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας βιολογικού καθαρισμού του Δήμου Ηρακλείου.

Συγγραφή : Κυριακωνάκη Μαρία

Εισηγητής : Παπαδημητρίου Μιχαήλ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2010

Στην οικογένεια μου...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίησή της. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Δρ. Παπαδημητρίου Μιχαήλ για την ανάθεση, καθοδήγηση και πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσης πτυχιακής εργασίας. Τον Ε.Τ.Π του εργαστηρίου Ανθοκομίας, κύριο Δοκιανάκη Γιώργο και τους επιστημονικούς συνεργάτες, κύριο Φουντουλάκη Μιχάλη και κύριο Τζωρτζάκη Νίκο καθώς και τους φίλους και συμφοιτητές μου Δέσποινα, Ειρήνη, Θανάση, Μάνο, Έφη και Χριστίνα για τη βοήθεια τους κατά την εγκατάσταση του πειράματος. Τον καλό μου φίλο Στέλιο για την υποστήριξη και την υπομονή του και φυσικά τους γονείς μου και τις αδερφές μου που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια...

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι εκτός εδάφους καλλιέργειες, που κατά κύριο λόγο πραγματοποιούνται μέσα σε θερμοκηπιακές κατασκευές, αποτελούν σήμερα μια από τις περισσότερο εξελιγμένες μορφές επιχειρηματικών καλλιεργειών. Αρχικά το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των καλλιεργειών ήταν η πλήρης αποδέσμευσή τους από το έδαφος και τον παραδοσιακό τρόπο καλλιέργειας σε αυτό.

Το έδαφος σε αυτές τις πρώτες εκτός εδάφους καλλιέργειες, αντικαταστάθηκε από ορισμένα οργανικής κυρίως προέλευσης υποστρώματα, με βασικό συστατικό την τύρφη, που κι αυτά στη συνέχεια αντικαταστάθηκαν από εντελώς ανόργανα ή αδρανή ή καλύτερα ανόργανα υλικά, όπως είναι ο περλίτης, ο πετροβάμβακας (rockwool) κ.α., περνώντας έτσι σταδιακά ένα μεγάλο μέρος των εκτός εδάφους καλλιεργειών σε καθαρά υδροπονικές καλλιέργειες.

Σε μια ακόμη περισσότερο εξελιγμένη μορφή των υδροπονικών καλλιεργειών (Nutrient Film Technique – NFT) καταργείται η χρήση και των ανόργανων υλικών και οι καλλιέργειες πραγματοποιούνται σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα, με ταυτόχρονη εξασφάλιση της απαραίτητης οξυγόνωσής του.

Μια άλλη μορφή εξελιγμένης εκτός εδάφους καλλιέργειας είναι η αεροπονία, στην οποία το ριζικό σύστημα του φυτού ψεκάζεται περιοδικά με το θρεπτικό διάλυμα.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται αξιολόγηση δύο διαφορετικών ποικιλιών ζέρμπερας, που αναπτύχθηκαν σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με την τεχνική NFT και σε υπόστρωμα πετροβάμβακα, με ή χωρίς την προσθήκη λυμάτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας του βιολογικού καθαρισμού του δήμου Ηρακλείου, με σκοπό την παραγωγή δρεπτών ανθέων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1.1. Η ιστορία της Υδροπονίας

1.2. Συστήματα και μέθοδοι υδροπονικών καλλιεργειών

1.2.1. Ανοιχτά και κλειστά συστήματα υδροπονίας

1.2.2. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα υδροπονικών συστημάτων

1.3 Τεχνικά στοιχεία των κυριότερων υδροπονικών συστημάτων

1.3.1. Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα ή Rockwool Culture

1.3.2. Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT)

1.3.3. Καλλιέργεια σε σάκους τύρφης

1.4. Υποδοχείς υποστρωμάτων

1.4.1. Υποδοχείς για NFT

1.4.2. Υποδοχείς από πετροβάμβακα (Rockwool)

1.4.3. Υποδοχείς για αεροπονία

1.5. Θρεπτικά διαλύματα

1.5.1. Ανόργανα και απαραίτητα στοιχεία

1.5.2. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος

1.5.3. Το PH του θρεπτικού διαλύματος

1.6. Το νερό και η ποιότητα του

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΖΕΡΜΠΕΡΑΣ

2.1. Η ζέρμπερα και η καταγωγή της

2.2. Η ζέρμπερα και η καλλιέργεια της

2.3. Προβλήματα καλλιέργειας

2.3.1. Φυσιολογικές ανωμαλίες

2.3.2. Θρεπτικές ανωμαλίες

2.3.3. Εχθροί και ασθένειες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. Εισαγωγή

3.2. Τύπος και χρόνος διεξαγωγής πειράματος

3.3. Υλικά και μέθοδοι

3.3.1. Λοιπά υλικά

3.3.2. Άρδευση – Λίπανση

3.3.3. Επεμβάσεις πειράματος

3.4. Αστικά λύματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας

3.5. Αποτελέσματα – Συζήτηση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Ξένη

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υδροπονία ή ανέδαφος καλλιέργεια είναι η χρήση οποιασδήποτε μεθόδου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή με ειδικά μίγματα εδάφους. Αναφέρεται μερικές φορές και ως χημική καλλιέργεια, τεχνητή καλλιέργεια, ανέδαφος γεωργία και υδροκαλλιέργεια. Ο πιο γνωστός όμως και διαδεδομένος όρος, διεθνώς, είναι η ελληνική λέξη υδροπονία.

Η υδροπονία είναι μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται εντός στερεών υποστρωμάτων εμποτισμένων με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα ή εντός καθαρού θρεπτικού διαλύματος από το οποίο τα φυτά παίρνουν τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων. Γενικά για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών είναι απαραίτητο στη ρίζα τους να υπάρχει άφθονο οξυγόνο και νερό που να έχει διαλυμένα τα απαραίτητα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στη σωστή τους αναλογία. Στη συμβατική καλλιέργεια εδάφους είναι δύσκολο να επιτευχθεί ο συνδυασμός αυτός. Στο φυσικό έδαφος στις περισσότερες περιπτώσεις, όσο περισσότερο νερό υπάρχει τόσο λιγότερο οξυγόνο μένει και αντίθετα, με αποτέλεσμα πότε το ένα και πότε το άλλο να βρίσκεται σε έλλειψη. Στο έδαφος επίσης σημαντικό είναι και το πρόβλημα της διαθεσιμότητας των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων για τη ρίζα του φυτού. Μπορεί να προστίθενται ανόργανα θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος, αλλά αυτά δεν είναι πάντα αμέσως διαθέσιμα στη ρίζα, γιατί δεσμεύονται στα συστατικά του εδάφους ή δύσκολα μετακινούνται στη περιοχή της ρίζας.

Τα διάφορα υποστρώματα καλλιέργειας που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είτε δεν αποδίδουν καθόλου θρεπτικά στοιχεία στο θρεπτικό διάλυμα χωρίς όμως και να δεσμεύουν ιόντα από αυτό, οπότε χαρακτηρίζονται χημικώς αδρανή (όπως περλίτης, πετροβάμβακας, ελαφρόπετρα) είτε απελευθερώνουν ορισμένα ιόντα σε μικρές ποσότητες (όπως τύρφη, βερμικουλίτης, cocosoil). Οι βασικές ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα υπόστρωμα υδροπονίας είναι:

- Να λειτουργεί σαν δεξαμενή νερού και θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών,

- Η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού να απορροφάται εύκολα από το φυτό,
- Να επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων και ειδικά την είσοδο του οξυγόνου,
- Να έχει τέτοια πυκνότητα ώστε να επιτρέπει την μηχανική στήριξη του φυτού,
- Να έχει σταθερή δομή και ομοιόμορφη μηχανική σύσταση,
- Να έχει μικρή περιεκτικότητα σε άλατα και χωρίς τοξικές ουσίες.

Σήμερα η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα, διότι με τη βελτιστοποίηση του περιβάλλοντος της ρίζας που επιτυγχάνει αυξάνονται οι αποδόσεις των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Εκτός αυτών όμως παρέχει τη δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με πολύ κακής ποιότητας εδάφη (πολύ αλατούχα, πολύ συνεκτικά κτλ) ή σε θέσεις χωρίς καθόλου φυσικό έδαφος.

Άλλα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι:

- Η απαλλαγή από τις ασθένειες εδάφους και το κόστος της απολύμανσης που είναι συνήθως σημαντικό,
- Η διευκόλυνση της αυτοματοποίησης της άρδευσης και της λίπανσης,
- Η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για τον εργαζόμενο, με την απομόνωση του εδάφους και επομένως την απουσία οσμών και σκόνης,
- Η εξοικονόμηση νερού και θρεπτικών στοιχείων γιατί περιορίζονται οι απώλειες από επιφανειακές διαρροές και βαθειά διείσδυση του νερού στο έδαφος,
- Η απλοποίηση του προγράμματος των εργασιών της παραγωγικής επιχείρησης, γιατί δεν απαιτείται η δημιουργία ειδικών εδαφικών μιγμάτων για την ανάπτυξη των νεαρών φυτών και
- Ο περιορισμός της σκληρής χειρωνακτικής εργασίας, που είναι αναγκαία στις καλλιέργειες εδάφους, όπως κατεργασία εδάφους, φύτεμα, ζιζανιοκτονία κτλ.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι:

- Απαιτούνται αρκετά μεγάλες δαπάνες επένδυσης,
- Είναι σχετικά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών και

➤ Απαιτούνται περισσότερες γνώσεις από τον καλλιεργητή.

Η υδροπονική καλλιέργεια, ιδιαίτερα όταν γίνεται (όπως συνήθως συμβαίνει) στο θερμοκήπιο, απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση της θρέψης των φυτών. Οι περιποιήσεις των φυτών που καλλιεργούνται υδροπονικά διαφέρουν από αυτές των φυτών που καλλιεργούνται στο έδαφος ως προς τη δημιουργία του περιβάλλοντος της ρίζας, είναι όμως ίδιες ως προς τη δημιουργία του περιβάλλοντος της κόμης, καθώς και στις καλλιεργητικές εργασίες όπως το κλάδεμα, τη γονιμοποίηση και τις καταπολεμήσεις παρασίτων της κόμης.

Τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας, δεν διαφέρουν σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται στο έδαφος, μάλιστα παρέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες ακριβώς στην ίδια ποσότητα με τα υψηλής ποιότητας προϊόντα του εδάφους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1.1. Η ιστορία της υδροπονίας

Η υδροπονική καλλιέργεια ή καλλιέργεια εκτός εδάφους αναπτύχθηκε από τα ευρήματα πειραμάτων που έγιναν με σκοπό τον προσδιορισμό των απαραίτητων στοιχείων για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών, καθώς και των συστατικών τους, γύρω στα 1600. Ωστόσο η καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους υπήρχε πολύ νωρίτερα. Οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας, οι πλωτοί κήποι των Ασδέκων στο Μεξικό και αυτοί των κινέζων είναι παραδείγματα υδροπονικής καλλιέργειας. Στην αρχαία Αίγυπτο ο άνθρωπος καλλιεργούσε φυτά χρησιμοποιώντας άμμο ποταμών (παραποτάμια καλλιέργεια φυτών) όπως απεικονίζεται σε Αιγυπτιακά ιερογλυφικά.

Από τον Μεσαίωνα μέχρι τον 18^ο αιώνα ήταν κοινή πίστη ότι τα φυτά τρεφόντουσαν μόνο με το νερό και ότι το έδαφος τους προσέφερε μόνο τη στήριξη. Η υδροπονία ξεκίνησε μετά το 18^ο αιώνα, ως εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα και πολύ αργότερα (20^ο αιώνα) εξελίχθηκε σε μέθοδο παραγωγής.

Στη Γερμανία, κατά τη περίοδο 1860 έως 1900 η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί ένα γενικά παραδεκτό έρευνας. Η πυκνότητα των διαλυμάτων κυμαινόταν από 0,1-0,6%. Την αποχή αυτή προσδιορίστηκαν επίσης 10 από τα αναγκαία ανόργανα στοιχεία για την ανάπτυξη των φυτών.

Μετά το 1900, εκτός από τις χημικές ιδιότητες των στοιχείων, δόθηκε προσοχή και στις φυσικές ιδιότητες του υποστρώματος αναπτύξεως και του περιβάλλοντος της ρίζας γενικά (οσμωτική πίεση, θερμοκρασία, O₂, PH).

Το 1914 ο W.E.Tottingham δημοσίευσε μία ερευνητική εργασία για την ποσοτική σύνθεση των στοιχείων του διαλύματος και τη φυσιολογική τους επίδραση στο φυτό (συνολική συγκέντρωση 0,6% ή 2,5 atm οσμωτική πίεση με βάση το διάλυμα Knops). Το 1919-1920 ο Hoagland βρήκε ότι τα διαλύματα με οσμωτική πίεση από

0,48 έως 1,45% έδιναν πολύ καλό αποτέλεσμα, αρκεί να ανανεώνονταν συχνά. Κατά τη περίοδο αυτή όλες οι πειραματικές εργασίες γίνονταν σε υπόστρωμα άμμου.

Το 1923 από εργασίες των A.L.Bakke και L.W.Erdman αποδείχτηκε ότι η ανάπτυξη των φυτών με υδροπονική μέθοδο ήταν πολύ καλύτερη από αυτήν του εδάφους.

Το 1938 αρχίζει η πρώτη εμπορική εκμετάλλευση της υδροπονικής καλλιέργειας στις ΗΠΑ και τη Β. Ευρώπη, όπου γύρω από τις μεγάλες πόλεις αρκετοί καλλιεργητές ξεκίνησαν υδροπονική καλλιέργεια στο θερμοκήπιο. Γρήγορα την εγκατέλειψαν όμως, λόγω διάφορων τεχνικών προβλημάτων και της υψηλής τιμής των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούσαν.

Κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και μετά γίνονται στις ΗΠΑ μερικές εγκαταστάσεις υδροπονικής καλλιέργειας, για παραγωγικούς σκοπούς, σε υπόστρωμα άμμου.

Το 1966 αναπτύχθηκε στη Μ. Βρετανία, από τον A.Kooper, η τεχνική καλλιέργειας σε φιλμ θρεπτικού διαλύματος (NFT), που πήρε γρήγορα σημαντική εξάπλωση. Το 1976 πρωτοξεκίνησε πάλι στη Μ. Βρετανία η τεχνική καλλιέργειας με αδρανές υλικό τον πετροβάμβακα, που είναι η περισσότερο χρησιμοποιούμενη εμπορική μέθοδος στη Β. Ευρώπη σήμερα.

Σήμερα, χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σε όλο τον κόσμο, πάρα πολλά συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας. Ο διεθνής οργανισμός International Society for Soilless Culture (ISOSC), με έδρα το Wageningen της Ολλανδίας, ασχολείται δραστήρια με το θέμα των υδροπονικών καλλιεργειών και σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Υδροπονίας των Καναρίων Νήσων, προωθεί την έρευνα στον τομέα αυτόν.

1.2. Συστήματα και μέθοδοι υδροπονικών καλλιεργειών

Πάρα πολλά συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σε όλο τον κόσμο. Τα συστήματα αυτά μπορεί να ταξινομηθούν σε 6 κύριες κατηγορίες.

- Καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα χωρίς αδρανές υπόστρωμα όπως N.F.T.
- Καλλιέργεια σε άμμο, κροκάλες ή άλλα φυσικά αδρανή υλικά.
- Καλλιέργεια σε διογκωμένα ορυκτά (π. χ. περλίτης, πετροβάμβακας).
- Καλλιέργεια σε διογκωμένα συνθετικά οργανικά υλικά (π. χ. πολυστερίνη, ουριοφορμαλδεύδη).
- Διάφορες άλλες καλλιεργητικές τεχνικές που δεν σχετίζονται με το φυσικό έδαφος όπως ψεκάσμος θρεπτικού διαλύματος στη ρίζα που ονομάζεται και αεροπονία.
- Καλλιέργεια σε οργανικά υποστρώματα όπως τύρφη, φλοιοί δέντρων κλπ.

Η τελευταία κατηγορία δεν συμπεριλαμβάνεται από πολλούς ερευνητές στην υδροπονία επειδή το οργανικό υπόστρωμα δεν είναι αδρανές αλλά θεωρείται ως ιδιαίτερο σύστημα καλλιέργειας.

Κάθε κατηγορία υποδιαιρείται σε υποκατηγορίες ή μεθόδους, που σκοπό έχουν τη βελτίωση της αποδοτικότητας, κάτω από ορισμένες συνθήκες. Γενικά στην επιχειρηματική παραγωγή μπορούμε να πούμε ότι δεν υπάρχει ένα σύστημα υδροπονικής καλλιέργειας που να δίνει το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα σε όλες τις περιπτώσεις. Το βέλτιστο σύστημα καλλιέργειας για μια συγκεκριμένη περιοχή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως: κλίμα, κόστος πρώτων υλών, ενέργειας, εργασίας, επίπεδο γνώσεων κλπ.

Οι κατηγορίες που εφαρμόζονται περισσότερο σε επιχειρηματικά θερμοκήπια σήμερα είναι:

- Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (Rockwool Culture),
- Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT) και
- Καλλιέργεια σε σάκους τύρφης.

1.2.1. Ανοιχτά και κλειστά συστήματα υδροπονίας

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοιχτό, όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος που ως πλεονάζων απορρέει από το χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον. Κλειστό αντίθετα καλείται κάθε υδροπονικό σύστημα στο οποίο το πλεονάζων θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται

από το ριζικό σύστημα συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με τη βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα έχουμε δηλαδή μια συνεχή κυκλική ροή του διαλύματος (ανακύκλωση). Κατά αυτό τον τρόπο η ποσότητα του νέου διαλύματος που εισάγεται στο σύστημα, ισούται με την ποσότητα που καταναλώνεται από τα φυτά, στο βαθμό τουλάχιστον που δεν υπάρχουν διαρροές και οι αγωγοί μέσα από τους οποίους ρέει το διάλυμα, είναι καλυμμένοι, οπότε οι απώλειες από εξάτμιση είναι αμελητέες.

Στα ανοιχτά συστήματα πρέπει να απορρέει το 25-40% του παρεχόμενου θρεπτικού διαλύματος ενώ στα κλειστά αυτό συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται όχι αυτούσιο, διότι λόγω της εκλεκτικής απορρόφησης των ιόντων από το ριζικό σύστημα των φυτών έχει τροποποιηθεί ως προς τη σύστασή του σε σχέση με το αρχικό, αλλά σε ανάμειξη με το αρχικό σε αναλογία 3μερη αρχικού διαλύματος: ένα μέρος διαλύματος απορροής ώστε να προκύπτει ένα ελαφρά τροποποιημένο διάλυμα σε σχέση με το αρχικό αλλά μέσα στα όρια των θρεπτικών απαιτήσεων της καλλιέργειας. Το διάλυμα αυτό πριν την επαναχρησιμοποίηση του περνά μέσα από φίλτρα αργής άμμου ή υπεριώδη ακτινοβολία για την απαλλαγή του από ασθένειες του ριζικού συστήματος των φυτών. Τόσο τα ανοιχτά αλλά και τα κλειστά συστήματα παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα ανοιχτών συστημάτων:

- Το θρεπτικό διάλυμα που χορηγείται στα φυτά έχει συνεχώς σταθερή την επιθυμητή σύσταση.
- Η σύσταση του θρεπτικού διαλύματος που χορηγείται στα φυτά μπορεί να τροποποιείται άμεσα και πολύ εύκολα, καθώς αυτό προκύπτει από ανάμειξη πυκνών διαλυμάτων των ανόργανων αλάτων στο νερό άρδευσης.
- Παρουσιάζουν μικρότερη ευαισθησία στη σύσταση και το είδος του υποστρώματος.
- Παρουσιάζουν μικρότερη ευαισθησία στην αλατότητα του νερού που χρησιμοποιείται σε σχέση με τα κλειστά.

Μειονεκτήματα ανοιγτών συστημάτων:

- Μια ποσότητα του θρεπτικού διαλύματος (περίπου το 20-30% της χορηγούμενης ποσότητας σε κάθε άρδευση) απορρέει από το έδαφος επιβαρύνοντας έτσι οικονομικά τον παραγωγό και ρυπαίνοντας το περιβάλλον.

Η οικονομική αυτή επιβάρυνση για τον παραγωγό ισοσκελίζεται από το γεγονός ότι δεν επιβαρύνονται τα συστήματα αυτά με τον εξοπλισμό που απαιτείται για τη συγκέντρωση και την επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος.

Πλεονεκτήματα κλειστών συστημάτων:

- Με την επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που αναφέρθηκαν για τα ανοιχτά συστήματα (κόστος στον παραγωγό, εκτενής χρήση λιπασμάτων και ρύπανση περιβάλλοντος).

Μειονεκτήματα κλειστών συστημάτων:

- Δημιουργείται κίνδυνος ταχύτατης εξάπλωσης σε όλη την έκταση του συστήματος διαφόρων μυκητολογικών και ιολογικών παθογόνων. Έτσι προκύπτει η ανάγκη για αποστείρωση του θρεπτικού διαλύματος που επαναχρησιμοποιείται και η οποία προκαλεί οικονομική επιβάρυνση.

Πρακτική και αποτελεσματική μέθοδος είναι η θέρμανση του θρεπτικού διαλύματος στους 95⁰C για 30 δευτερόλεπτα.

- Υψηλό κόστος στα υγρά συστήματα με συνεχή ροή όπως το NFT καθώς οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες του θρεπτικού διαλύματος είναι πολύ μεγάλες, σε σχέση με τα συστήματα που χρησιμοποιούν υπόστρωμα και η κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος είναι περιοδική.

Τα κλειστά συστήματα διαδίδονται όλο και περισσότερο διότι αν και ακριβότερα στην εγκατάστασή τους και με μεγαλύτερο κίνδυνο μετάδοσης ασθενειών εν τούτοις είναι φιλικότερα στο περιβάλλον και επίσης γίνεται οικονομία στο νερό και στα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα.

1.3. Τεχνικά στοιχεία των κυριότερων υδροπονικών συστημάτων

1.3.1. Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα ή Rockwool Culture

Η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα ξεκίνησε στη Δανία στη δεκαετία του 1970 και επεκτάθηκε γρήγορα σε όλες τις χώρες που καλλιεργούν σε υδροπονικά συστήματα. Σήμερα η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα σε ανοιχτό σύστημα είναι το πλέον διαδεδομένο υδροπονικό σύστημα σε εμπορική κλίμακα, καταλαμβάνοντας το 70% περίπου των υδροπονικών καλλιεργειών.

Ο πετροβάμβακας είναι πυριτικό αλουμίνιο με μικρές ποσότητες Ca και Mg. Παρασκευάζεται με την τήξη του μίγματος το οποίο αποτελείται από 60% διαβάση, 20% ασβεστόλιθο μετά την προσθήκη 20% κόκ στους 1600°C. Οι πόροι που σχηματίζονται μεταξύ των ινών στο τελικό προϊόν του πετροβάμβακα, καταλαμβάνουν το 96% του όγκου του. Σε μία πλάκα από το υλικό αυτό σε κατάσταση κορεσμού, υπάρχει η δυνατότητα συγκράτησης νερού μέχρι και 80% του όγκου του. Αυτό οφείλεται σε ένα υδρόφιλο παράγοντα και όχι μόνο στις δυνάμεις συνοχής και συνάφειας που αναπτύσσονται. Ο πετροβάμβακας είναι χημικά αδρανές υπόστρωμα. Το PH είναι 7-8,5 , με κατάλληλο θρεπτικό διάλυμα η τιμή μπορεί να διορθωθεί στο 6. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι πρακτικά μηδενικές. Το πλεονέκτημά του είναι η μεγάλη συγκράτηση νερού σε όλο τον όγκο του και ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για 2-4 καλλιεργητικές περιόδους και το μειονέκτημά του ότι δεν αποσυντίθεται και επομένως δεν είναι φιλικό στο περιβάλλον και επίσης δεν αναμειγνύεται με άλλα υποστρώματα.

Η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα μπορεί να γίνει ή με τη μέθοδο της μη ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος (ανοιχτό υδροπονικό σύστημα) ή με αυτή της ανακύκλωσης (κλειστό υδροπονικό σύστημα).

1.3.2. Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (NFT)

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.

Πολλές βελτιώσεις έγιναν στο NFT από το 1970 που ο Allan Cooper το εισήγαγε, οι βασικές αρχές του όμως παρέμειναν οι ίδιες. Το θρεπτικό διάλυμα σε συνεχή ροή λεπτής στιβάδας (πάχους περίπου 1cm) σένα κανάλι διαβρέχει το ριζικό σύστημα των φυτών.

Το NFT εφαρμόστηκε σε εμπορική κλίμακα στη Μ. Βρετανία το 1974 και επεκτάθηκε γρήγορα και σε άλλες χώρες. Στην εξάπλωσή του βοήθησε και η παραγωγή του συστήματος σε βιομηχανική κλίμακα, που κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την εταιρία Nutrient Film Technology, Ltd, η οποία όμως ανέστειλε τη λειτουργία της το 1989. Σήμερα, το NFT χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα σε πολλές χώρες, μεταξύ των οποίων Ιαπωνία, ΗΠΑ, Αυστραλία, Ν. Ζηλανδία, Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία κ.α.

Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές, η συνεχής παροχή του θρεπτικού διαλύματος δεν είναι απαραίτητη, ιδιαίτερα σε ορισμένες κλιματικές συνθήκες. Έτσι, στη Μ. Βρετανία εφαρμόζεται παροχή του θρεπτικού διαλύματος για 15 λεπτά κάθε 30 λεπτά στη διάρκεια της ημέρας και 15 λεπτά κάθε 2 ώρες στη διάρκεια της νύχτας. Ωστόσο, οι συνθήκες αυτές μπορεί να μην είναι ιδανικές για θερμότερες κλιματικές συνθήκες.

Σε όλες τις περιπτώσεις το αδιάβροχο των καναλιών πετυχαίνεται με πλαστικό φύλλο πάχους 1,5 χλστ. τουλάχιστον, που ανανεώνεται σε κάθε καλλιέργεια. Το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοτείται στο υψηλότερο σημείο του καναλιού και με τη βαρύτητα καταλήγει στο χαμηλότερο σημείο, από όπου με σωληνώσεις οδηγείται στη δεξαμενή θρεπτικού διαλύματος.

Το κλειδί της επιτυχίας στο NFT είναι:

- Ομοιόμορφη κλίση του καναλιού για ομοιόμορφη ροή του νερού, χωρίς τοπικές ανωμαλίες.
- Η παροχή του νερού να μην είναι υπερβολικά μεγάλη, για να μην υψώνεται η στάθμη του στο χαμηλό σημείο.

- Το πλάτος του καναλιού να είναι αρκετό, ώστε το νερό να ρέει ομοιόμορφα σε όλο το μήκος.
- Η βάση του καναλιού να είναι τελείως επίπεδη και οριζόντια.

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 αυτό τον τρόπο είναι δυνατός μόνο όταν η παροχή του θρεπτικού διαλύματος είναι συνεχής και όχι διακοπτόμενη.

Το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος περιορίζει την εφαρμογή του κυρίως σε καλλιέργειες υψηλής αξίας. Σε μια παραλλαγή του συστήματος NFT, για κάθε γραμμή καλλιέργειας υπάρχουν 2 κανάλια, στα οποία κυκλοφορούν θρεπτικά διαλύματα διαφορετικής σύστασης και το ριζικό σύστημα των φυτών μοιράζεται και στα δυο κανάλια.

1.3.3. Καλλιέργεια σε σάκους τύρφης

Η τύρφη με τη γενική έννοια περιγράφεται ως οργανικό υλικό που αποτελείται από μερικώς αποδομημένα υπολείμματα φυτών. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες της τύρφης την κάνουν ένα πολύ κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη των φυτών. Εκτιμάται ότι υπάρχουν 150 εκατομμύρια εκτάρια τυρφωδών εκτάσεων στον κόσμο, με μεγαλύτερους προμηθευτές για την Δυτική Ευρώπη τη Φιλανδία, Σουηδία, Ιρλανδία και Σοβιετική Ένωση.

Η τύρφη γενικά σχηματίζεται με βραδεία αποσύνθεση των φυτικών ιστών σε περιβάλλον με σχετική έλλειψη οξυγόνου. Τέτοιες συνθήκες επικρατούν σε αβαθή, πλημμυρισμένα από νερό και ιδιαίτερα στις λιμνώδεις εκτάσεις των βορείων ψυχρών περιοχών.

Η καλλιέργεια γίνεται σε σάκους γεμάτους τύρφη που έχει εμπλουτισθεί με βραδείας απελευθέρωσης λιπάσματα. Απαιτείται όμως και πρόσθετη χρήση διαλυτών λιπασμάτων, καθώς και ιχνοστοιχείων κατά το πότισμα. Στην περίπτωση

των οργανικών υποστρωμάτων, επειδή δημιουργείται μικροβιακή δράση στο υπόστρωμα, υπάρχει κατά συνέπεια και αξιολογη επίδραση στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.

Η μέθοδος αυτή με τις τύρφες, ενώ βοήθησε τα πρώτα χρόνια να αποφευχθούν οι ασθένειες εδάφους και έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα στην παραγωγή, παρουσιάζει συχνά προβλήματα στην άρδευση, γιατί η διαχείριση του νερού είναι σχετικά δύσκολη και απαιτεί μεγάλη προσοχή ιδίως το καλοκαίρι (όταν στεγνώσει η τύρφη δεν απορροφά ομοιόμορφα σε όλη τη μάζα της το νερό που πέφτει από το σταλακτήρα). Δεν εφαρμόζεται ανακύκλωση του διαλύματος με τη μέθοδο αυτή.

1.4. Υποδοχείς υποστρωμάτων

Οι υποδοχείς που σήμερα χρησιμοποιούνται στις διάφορες υδροπονικές καλλιέργειες με υποστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση από πλαστικό.
- Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growth bags).
- Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών.
- Υποδοχείς κατακόρυφης τοποθέτησης.
- Υποδοχείς από πετροβάμβακα (rockwool).
- Υποδοχείς για αεροπονία.

1.4.1. Υποδοχείς για NFT

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται για το θρεπτικό διάλυμα του NFT είναι διαφόρων τύπων. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

- Κανάλια πλαστικού πολυαιθυλενίου: το πλαστικό είναι δίχρωμο με το γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά και μαύρο εσωτερικά. Το πλαστικό αυτό κανάλι συνήθως στηρίζεται πάνω σε κατάλληλη ανοξείδωτη λαμαρινοκατασκευή ή ακόμα τοποθετείται επί τσιμεντένιου δαπέδου.
- Σταθερού σχήματος κανάλια: σε αυτή τη κατηγορία μπορούν να καταταχθούν οι κάθε είδους αγωγοί από σκληρό πλαστικό (PVC, πολυαιθυλένιο) με σταθερό σχήμα που μπορεί να είναι ορθογώνιας ή

κυκλικής τομής. Τέτοια υλικά είναι οι διάφοροι σωλήνες αποχέτευσης, ορθογώνιες κλειστές υδροροές κ.α.

1.4.2. Υποδοχείς από πετροβάμβακα (rockwool)

Διατίθεται τόσο σε μορφή κύβων (για προβλάστηση και παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού) όσο και σε μορφή ορθογώνιων πλακών με διαστάσεις ανάλογες με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους. Επιπλέον, το μήκος και το πλάτος των πλακών και των κύβων επιλέγεται ανάλογα με τη διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο και κυρίως ανάλογα με τον επιζητούμενο όγκο υποστρώματος ανά φυτό. Το ύψος όμως τόσο των πλακών όσο και των κύβων εκλέγεται κυρίως με βάση τις υδραυλικές ιδιότητες του υλικού.



Εικόνα 1: Κύβος πετροβάμβακα.



Εικόνα 2: Κύβος πετροβάμβακα μετά τη τοποθέτηση ζέρμπερας.

1.4.3. Υποδοχείς για αεροπονία

Στις αεροπονικές μεθόδους καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο ριζικό σύστημα το οποίο βρίσκεται μέσα σε υποδοχείς που μπορεί να είναι κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία ή πλάκες από φελιζόλ (ψαροκασέλες), έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Είναι σημαντικό ένα διάκενο των υποδοχέων μέσα στο οποίο βρίσκεται το ριζικό σύστημα να επικρατεί σκοτάδι για την αποφυγή ανάπτυξης αλγών.

1.5. Θρεπτικά διαλύματα

Η παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος είναι μία από τις πλέον σημαντικές επεμβάσεις στις υδροπονικές καλλιέργειες. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

- Ότι το θρεπτικό διάλυμα αντικαθιστά το εδαφικό διάλυμα τροφοδοσίας των καλλιεργειών στο έδαφος και θα πρέπει κατά συνέπεια να περιέχει το σύνολο των απαραίτητων στοιχείων.
- Ότι δεν υπάρχουν οι ρυθμιστικές ικανότητες του εδάφους στα αδρανή υποστρώματα των υδροπονικών καλλιεργειών.
- Ότι οι ιδανικές συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα άρδευσης-λίπανσης των υδροπονικών καλλιεργειών θα πρέπει να μεταβάλλεται:
 - Ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού
 - Ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης και παραγωγής των φυτών
 - Ανάλογα με την εποχή
 - Ανάλογα με τις κλιματιστικές συνθήκες της περιοχής(ηλιοφάνεια, θερμοκρασία, ατμοσφαιρική υγρασία), που σημαίνει ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια τα σχετικά πειραματικά δεδομένα άλλων χωρών.

1.5.1. Ανόργανα και απαραίτητα στοιχεία

Ένα στοιχείο χαρακτηρίζεται απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών όταν πληρούνται οι ακόλουθες τρεις προϋποθέσεις:

- Το φυτό δεν μπορεί να ολοκληρώσει το βιολογικό του κύκλο σε συνθήκες έλλειψης του στοιχείου αυτού.
- Η επίδραση του στοιχείου αυτού πρέπει να είναι καθορισμένη και δεν μπορεί να υποκατασταθεί από άλλο στοιχείο.
- Το στοιχείο αυτό πρέπει άμεσα να εμπλέκεται στη θρέψη του φυτού, να αποτελεί συστατικό ενός απαραίτητου μεταβολίτη ή τουλάχιστον να απαιτείται για τη δράση ενός απαραίτητου ενζύμου και όχι απλώς να αυξάνει τη διαθεσιμότητα ενός άλλου στοιχείου ή να ανταγωνίζεται την τοξική επίδραση ενός άλλου.

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία εκτός από τον άνθρακα που προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο τον άνθρακα.

Το χλώριο εμπεριέχεται σχεδόν πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος αλλά και της πρόσμιξης των λιπασμάτων.

Τα υπόλοιπα 12 από τα συνολικά 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία δηλαδή τα μακροστοιχεία N, P, S, K, Ca, και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B και Mo πρέπει να προστεθούν στο νερό από τον παρασκευαστή του διαλύματος. Όλα σχεδόν τα θρεπτικά στοιχεία προστίθενται στο διάλυμα υπό μορφή ανόργανων αλάτων ή οξέων. Επομένως στο θρεπτικό διάλυμα τα στοιχεία βρίσκονται υπό μορφή ανόργανων ιόντων.

Όταν καθορίζεται η σύνθεση του διαλύματος για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια, θα πρέπει αρχικά να καθορίζονται:

- Το ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σε αυτό και
- Οι αναλογίες συγκεντρώσεως μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων και συγκεκριμένα οι σχέσεις K:N, K:Ca:Mg και N:S:P.

Αφού καθοριστούν οι τιμές αυτών των παραμέτρων είναι εύκολο πλέον να υπολογιστούν και οι απόλυτες συγκεντρώσεις των καθενός από τα ιόντα των 6 κύριων θρεπτικών στοιχείων ξεχωριστά.

Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα είναι αμελητέες σε σύγκριση με αυτές των μακροστοιχείων οπότε δεν παίζουν πρακτικά κανένα ρόλο στο ύψος της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σε αυτά (η συνολική συγκέντρωση ιχνοστοιχείων είναι περίπου το 1/500 αυτής των μακροστοιχείων). Για αυτό κατά τον καθορισμό της σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων καθορίζονται ανεξάρτητα από αυτές των μακροστοιχείων.

Η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ιόντα αμμωνίου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 0,5 meq/Lt στην περιοχή της ρίζας, επειδή σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται τοξικές επιδράσεις στην ανάπτυξη των ριζών.

Λέγοντας συνταγή παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος εννοούμε τις ποσότητες λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στο νερό για την παρασκευή ορισμένου όγκου πυκνών διαλυμάτων. Στο πρώτο δοχείο πυκνού διαλύματος (βαρέλι Α) προστίθενται οπωσδήποτε το νιτρικό ασβέστιο και συνήθως ακόμη το νιτρικό αμμώνιο, ένα μέρος του νιτρικού καλίου και ο σίδηρος. Στο δεύτερο δοχείο (βαρέλι Β) προστίθενται οπωσδήποτε το θειικό κάλιο, το θειικό μαγνήσιο, το φωσφορικό μονοαμμώνιο, το φωσφορικό μονοκάλιο, το φωσφορικό οξύ και τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία εκτός του σιδήρου. Το νιτρικό μαγνήσιο μπορεί να προστεθεί σε οποιοδήποτε από τα δύο δοχεία πυκνών διαλυμάτων. Αν δεν υπάρχει ξεχωριστό δοχείο για το οξύ, τότε το νιτρικό οξύ μπορεί να προστεθεί είτε στο δοχείο Α, είτε στο δοχείο Β, είτε ισότοπο και στα δύο.

Σήμερα κυκλοφορούν στο εμπόριο συστήματα υδροπονίας με περισσότερα δοχεία μητρικών διαλυμάτων για τη δημιουργία ταυτόχρονα διαφορετικών θρεπτικών διαλυμάτων. Σπάνια και μόνο σε συστήματα με επανακυκλοφορία του διαλύματος μπορεί να είναι απαραίτητο και ένα τέταρτο βαρέλι με ΚΟΗ για την ανύψωση του ΡΗ αν χρειαστεί κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας. Για την Παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος άρδευσης-λίπανσης μιας υδροπονικής καλλιέργειας, με βάση τα προηγούμενα, αλλά και για τη διανομή, στράγγιση και ανακύκλωση του χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές, κατασκευές και μέσα.

1.5.2. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε ορισμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που είναι διαλυμένα σε αυτό. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τη θερμοκρασία. Γι' αυτό θα πρέπει να γίνεται αναγωγή της ανάλογα με τη θερμοκρασία του διαλύματος. Τα όργανα μέτρησης έχουν συνήθως το μηχανισμό για τη διόρθωση της μέτρησης βάση της θερμοκρασίας. Για την υδροπονική καλλιέργεια των περισσότερων ειδών, το

άριστο εύρος της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος είναι συνήθως 1,5-3,5 dS/m και σπανιότερα για ορισμένα είδη 4dS/m.

Στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα που διαθέτουν αυτόματο σύστημα ελέγχου, η αυξομείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας γίνεται με τη μεταβολή της αναλογίας νερού και πυκνών διαλυμάτων, ώστε οι αναλογίες μεταξύ των στοιχείων να παραμένουν σταθερές. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, όταν μετρηθεί μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα από την επιθυμητή, μπορεί να αυξηθεί με τη συμπλήρωση ποσότητας θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα, ενώ όταν μετρηθεί μεγαλύτερη τιμή, τότε απορρίπτεται ποσότητα του διαλύματος και συμπληρώνεται με νερό.

1.5.3. Το pH του θρεπτικού διαλύματος

Το νερό που προέρχεται από γεωτρήσεις ή πηγές και χρησιμοποιείται στην Παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων, έχει συνήθως ουδέτερο έως ελαφρά αλκαλικό pH (περίπου 7-8), επειδή περιέχει όξινα ανθρακικά άλατα του Ca και Mg, σε μικρότερες ή μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Επιπλέον, τα περισσότερα από τα ανόργανα άλατα που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος είτε είναι ουδέτερα και συνεπώς δεν επηρεάζουν το pH, είτε είναι άλατα των οποίων το ανιόν ή το κατιόν συμπεριφέρεται ως ασθενές οξύ με συνέπεια να μειώνουν ελαφρά το pH.

Κατά κανόνα, το pH του θρεπτικού διαλύματος τείνει να αυξάνει διότι ο ρυθμός απορρόφησης από το φυτό των ανιόντων (κυρίως NO_3) είναι ελαφρά μεγαλύτερος από αυτόν των κατιόντων (η σύγκριση γίνεται σε meq) γι' αυτό και απαιτείται ρύθμισή του με χρήση οξέως (για μείωσή του) ή μιας βάσης (για αύξησή του). Τα οξέα που χρησιμοποιούνται για τη μείωση του pH είναι συνήθως το νιτρικό και το φωσφορικό, ανεξάρτητα ή και σε συνδυασμό, επειδή συγχρόνως αποτελούν και πηγή αζώτου και φωσφόρου. Η απαιτούμενη ποσότητα πυκνού οξέος για τη διόρθωση διαλύεται 1:10 ή 1:20 (χωρίς να έχει σημασία η ακρίβεια της αραίωσης), πριν από τη προσθήκη στο διάλυμα. Η προσθήκη του οξέως, εκτός από τη μείωση του pH, προκαλεί και αύξηση της αγωγιμότητας του διαλύματος, που θα πρέπει να

λαμβάνεται υπόψη. Η βάση που χρησιμοποιείται συνήθως για αύξηση του pH είναι το υδροξείδιο του καλίου (KOH).

Η χορήγηση μέρους του αζώτου σε αμμωνιακή μορφή (σε διάφορες αναλογίες NH_4/NH_3) συμβάλλει στον καλύτερο έλεγχο του pH του θρεπτικού διαλύματος, σε βάρος όμως της παραγωγής, ποσοτικά και ποιοτικά, λόγω της δυσμενούς επίδρασης του NH_4 .

1.6. Το νερό και η ποιότητα του

Η ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος έχει ιδιαίτερη σημασία και γι' αυτό η ανάλυση του είναι αναγκαία πριν από την εγκατάσταση της υδροπονικής καλλιέργειας. Το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), αλλά και η περιεκτικότητα του νερού σε επιμέρους στοιχεία έχουν ιδιαίτερη σημασία.

Νερό με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα για άρδευση αποτελεί πρόβλημα για τη γεωργία γενικότερα. Ωστόσο, στην υδροπονία υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος, ανάλογα με τη σύνθεση του νερού. Έτσι, οι ποσότητες των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στο νερό, αφαιρούνται από το σύνολο των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος. Επίσης, εάν οι ποσότητες ορισμένων στοιχείων στο νερό είναι υψηλότερες από τις απαιτούμενες, τότε οι συγκεντρώσεις ορισμένων άλλων στοιχείων στο διάλυμα μπορεί να είναι αυξημένες ώστε να διατηρηθούν οι αναλογίες τους και να αποφεύγονται ανισορροπίες στοιχείων. Εκτός από αυτά, στην υδροπονία υπάρχει η δυνατότητα ευκολότερης και αποτελεσματικότερης έκπλυσης των συσσωρευμένων αλάτων από το υπόστρωμα, λόγω του περιορισμένου όγκου του.

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υπάρχει πρόβλημα με τη χρησιμοποίηση υψηλής αγωγιμότητας νερού. Στα συστήματα αυτά, η επαναχρησιμοποίηση του θρεπτικού διαλύματος που έχει παρασκευαστεί με χρησιμοποίηση αλατούχου νερού συνεπάγεται την ανεξέλεγκτη συσσώρευση ιόντων (Na, Cl, αλλά συχνά και ορισμένων μακροστοιχείων όπως Ca, Mg, S, καθώς επίσης και ορισμένων ιχνοστοιχείων) στο θρεπτικό διάλυμα. Αυτό συμβαίνει γιατί η συγκέντρωση των ιόντων αυτών στο διάλυμα απορροής που επιστρέφει στη δεξαμενή για

επαναχρησιμοποίηση είναι υψηλότερη, με αποτέλεσμα τη σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης τους στο θρεπτικό διάλυμα. Προσοχή επίσης χρειάζεται στην περιεκτικότητα του νερού σε οξυανθρακικά, καθώς η συγκέντρωση τους είναι ένα μέτρο της ρυθμιστικής ικανότητας του νερού στις μεταβολές του pH. Υψηλές συγκεντρώσεις οξυανθρακικών στο θρεπτικό διάλυμα απαιτούν μεγάλες ποσότητες οξέως για την εξουδετέρωση τους και τη ρύθμιση του pH στην επιθυμητή τιμή. Στη χώρα μας, σε πολλές περιπτώσεις το νερό που χρησιμοποιείται στην υδροπονία περιέχει περισσότερα από 120 ppm οξυανθρακικών.

Γενικά, όσο καλύτερης ποιότητας είναι το νερό που χρησιμοποιούμε τόσο μεγαλύτερη παραγωγή μπορούμε να αναμένουμε. Νερό που είναι κατάλληλο για καλλιέργεια στον αγρό δεν είναι απαραίτητα κατάλληλο και στην υδροπονική καλλιέργεια (όταν αποσκοπούμε σε υψηλές αποδόσεις). Η υψηλή συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου στο νερό επιδρά σημαντικά στη μείωση της παραγωγής ή την καθιστά αδύνατη. Υψηλή συγκέντρωση μαγγανίου, ψευδαργύρου ή βορίου, έχει αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του νερού, ενώ τα καλύτερα αποτελέσματα δίνει το βρόχινο ή αφαλατωμένο νερό.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα για το νερό άρδευσης είναι ένα μέσο μέτρησης της συνολικής ποσότητας των ιόντων που περιέχει. Δεν δίνει καμία ένδειξη για το ποια ιόντα βρίσκονται μέσα σε αυτό. Συνήθως στο νερό η ηλεκτρική αγωγιμότητα αφορά το Νάτριο και το Χλώριο. Αν η συγκέντρωση των ιόντων στο νερό έχει κάποια ισορροπία, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω εκτίμηση για την ποιότητα του νερού άρδευσης στο θερμοκήπιο.

Πίνακας 1: Ποιότητες νερού άρδευσης

Ποιότητα	E.C. mS/cm (25°C)	Na⁺ mmol/l	Cl⁻ mmol/l
1	<0,5	<0,5	<1
2	<0,5	<1,5	<1,5
3	0,5-1,0	1,5-3,0	1,5-3,0
4	1,0-1,5	3,0-4,5	3,0-4,5

Το νερό ποιότητας 1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις υδροπονικές καλλιέργειες και για την άρδευση οποιασδήποτε καλλιέργειας στο έδαφος με πολύ καλά αποτελέσματα. Το νερό ποιότητας 2 δεν συνιστάται πολύ για υδροπονικές καλλιέργειες ή για άλλες καλλιέργειες με περιορισμένο όγκο ριζικού συστήματος όπως αυτές σε γλάστρα. Το νερό ποιότητας 3 δεν είναι καθόλου κατάλληλο για ευαίσθητα φυτά στα άλατα και για αυτά που έχουν περιορισμένο ριζικό σύστημα. Τέλος η ποιότητα 4 είναι κατάλληλη μόνο για φυτά τα οποία είναι αρκετά ανθεκτικά στην αλατότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΖΕΡΜΠΕΡΑΣ



2.1. Η ζέρμπερα και η καταγωγή της

Η ζέρμπερα (*Gerbera hybrida* ή *G. jamesonii* της οικογένειας των Συνθέτων, *Compositae*) είναι φυτό που άρχισε να καλλιεργείται από την επιχειρηματική ανθοκομία τα τελευταία χρόνια και χάρη στα ωραία της άνθη που διατηρούνται πολύ στο ανθοδοχείο διαδίδεται συνεχώς περισσότερο.

Κατάγεται από το Βόρειο Τράνσβαλ της Νότιας Αφρικής και πριν πενήντα χρόνια ήταν σχεδόν άγνωστο καλλωπιστικό. Ονομάστηκε ζέρμπερα (ή γκέρμπερα) προς τιμήν του Γερμανού φυσιολόγου Trug. Gerber. Εισήχθη στην Ευρώπη (Αγγλία) το 1890 από τον captain Jameson. Σήμερα καλλιεργείται μετά από συστηματική γενετική βελτίωση σε πολλές ποικιλίες και υβρίδια στην Ολλανδία, κυρίως (5000 στρ. περίπου) και λιγότερο στην Αγγλία, Γαλλία, Ισραήλ, Ιταλία και Η. Π. Α. σε θερμαινόμενα θερμοκήπια.

Είναι φυτό πολυετές, ποώδες που δεν σχηματίζει βλαστό και τα φύλλα βγαίνουν από το ρίζωμα σε ρόδακα με μικρό ή καθόλου μίσχο. Ανήκει στην οικογένεια των Συνθέτων και τα άνθη της είναι μεγάλες μαργαρίτες στο άκρο ισχυρών βλαστών χωρίς φύλλα. Έχουν διάφορα χρώματα όπως λευκό, κίτρινο, κόκκινο, ροζ κτλ. με όλες τις αποχρώσεις του καθώς και ενδιάμεσους τόνους. Λόγω των μεγάλων, εντυπωσιακών και σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων ανθέων της κατάλληλων για λουλούδι ανθοδοχείου καθώς και στις ανθικές συνθέσεις, η ζέρμπερα αποκτά συνεχώς έδαφος στις προτιμήσεις των καταναλωτών τα τελευταία χρόνια. Έτσι σήμερα καταλαμβάνει την 5^η θέση στην Ολλανδία μετά από την τριανταφυλλιά, χρυσάνθεμο, γαρυφαλλιά και τουλίπα και την ίδια ώρα στην Ελλάδα μετά από τη γαρυφαλλιά, γλαδιόλα, τριανταφυλλιά και χρυσάνθεμο.



Εξαγωγές κάνει κυρίως η Ολλανδία (90% της παραγωγής της) , ενώ η ελληνική αγορά καλύπτει τις ανάγκες της από την ντόπια παραγωγή (80-100 στρ.). Οι λόγοι που συντέλεσαν στη διάδοση της καλλιέργειας της ζέρμπερας συνοψίζονται στη δημιουργία βελτιωμένων ποικιλιών με εντυπωσιακά άνθη, στην εφαρμογή της ιστοκαλλιέργειας για το μαζικό πολλαπλασιασμό υγιών φυτών, στην αντιμετώπιση του μύκητα *Phytophthora* sp., στα λίγα εργατικά για την παραγωγή της, στη μηχανοποίηση της καλλιέργειας με την εφαρμογή της υδροπονίας και στη μεγάλη διαθεσιμότητα της στο βάζο του καταναλωτή. Παράλληλα αφήνει περιθώρια μεγάλου επιχειρηματικού κέρδους στον παραγωγό ιδιαίτερα αν καλλιεργηθεί σωστά.

2.2. Η ζέρμπερα και η καλλιέργεια της

Αν και είναι ουδέτερο φωτοπεριοδικά φυτό είναι θερμοφιλο και απαιτεί πολύ φωτισμό και καλό αερισμό. Κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης χρειάζεται υψηλή υγρασία στο περιβάλλον και υψηλή θερμοκρασία στο έδαφος για τη γρήγορη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Αναπτύσσεται κανονικά σε θερμοκρασία 13-23° C ενώ στους 7-13 ° C παράγει λίγα άνθη και σε μικρότερες ακόμα πέφτει σε λήθαργο. Εάν η θερμοκρασία του καλοκαιριού είναι πολύ υψηλή θα πρέπει να σκιάζεται το θερμοκήπιο και να αερίζεται καλά.

Η ζέρμπερα θέλει ελαφρό πηλοαμμώδες έδαφος πλούσιο σε οργανική ουσία και πολύ μικρή περιεκτικότητα σε ασβέστιο βαθύ και στυγερό. Άριστο pH εδάφους είναι το 5,5-6,5. Σε pH μεγαλύτερο του 7,5 εμφανίζει τροφопενία σιδήρου. Είναι φυτό βαθύρριζο γι' αυτό πριν από τη φύτευση θα πρέπει το έδαφος να οργωθεί βαθειά. Με αυτό το όργωμα παραχώνονται και ανακατεύονται καλά με το χώμα η κοπριά και τα λιπάσματα.

Η ζέρμπερα πολλαπλασιάζεται με σπόρο, με διαίρεση του ριζώματος των φυτών, με μεριστωματικό πολλαπλασιασμό από μεριστώματα του ριζώματος ή και με ιστοκαλλιέργεια από το δίσκο της ανθοδόχης.

Ο σπόρος ή πιο σωστά οι καρποί της ζέρμπερας είναι μακρουλοί και μυτεροί στο άκρο, με θύσανο τριχών και με μήκος 1 cm περίπου. Ο σπόρος πρέπει να σπείρεται όσο γίνεται γρηγορότερα από τη συλλογή του, γιατί χάνει τη βλαστική του ικανότητα. Τρεις μήνες μετά τη συλλογή μόνο οι μισοί σπόροι φυτρώνουν και έξι μήνες μετά ελάχιστοι μόνο θα φυτρώσουν. Η παραγωγή του σπόρου γίνεται εύκολα, αλλά πρέπει να υπάρχουν στην περιοχή της καλλιέργειας αρκετά έντομα για να βοηθήσουν στη γονιμοποίηση των ανθέων. Πριν από την έναρξη της ανθοφορίας θα πρέπει να απομακρυνθούν από τη φυτεία όλα εκείνα τα φυτά που δεν παρουσιάζουν επιθυμητά χαρακτηριστικά. Η ωρίμανση του σπόρου μετά τη γονιμοποίηση απαιτεί διάστημα 4-8 εβδομάδων. Η σπορά γίνεται συνήθως Ιανουάριο, για να δώσει φυτά που θα ανθίσουν μετά ένα χρόνο περίπου, σε γλάστρες ή σε κιβώτια με καλή αποστράγγιση και με εδαφικό μίγμα από ένα μέρος άμμου και με δύο μέρη καλού φυτοχώματος ή τύρφης. Οι γλάστρες που έγινε η σπορά τοποθετούνται στο θερμοκήπιο και καλό είναι να σκεπάζονται με τζάμι ή πλαστικό για να υπάρχει αρκετή υγρασία για την βλάστηση των σπόρων. Η βλάστηση θα πραγματοποιηθεί σε 10-12 ημέρες. Ένα μήνα περίπου μετά το φύτευμα τα μικρά φυτά μεταφυτεύονται σε γλαστράκια διαμέτρου 5-6 cm ή σε κιβώτια σε αποστάσεις 5*5 cm. Μετά από 2-3 μήνες μεταφυτεύονται σε μεγαλύτερα γλαστράκια διαμέτρου 9-11 cm οπότε 1-2 μήνες μετά μπορούν να φυτευτούν στην οριστική θέση ή φυτεύονται απευθείας στην οριστική θέση χωρίς να μεσολαβήσει η δεύτερη μεταφύτευση. Αν η φύτευση των μικρών φυτών έγινε στο θερμοκήπιο και διατηρείται θερμοκρασία 10-13° C, η άνθηση της ζέρμπερας θα γίνει σε ένα χρόνο περίπου, ενώ αν οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές θα γίνει σε 15-16 μήνες. Ο πολλαπλασιασμός με σπόρο χρησιμοποιείται μόνο για τη γενετική βελτίωση του φυτού.

Επειδή όπως προαναφέρθηκε ήδη, οι σπόροι της ζέρμπερας χάνουν γρήγορα τη βλαστική τους ικανότητα, υπάρχουν δε ποικιλίες που δεν αναπαράγουν πιστά τα χαρακτηριστικά τους με σπόρο ή ακόμα ποικιλίες που δεν κάνουν σπόρο, ευκολότερος τρόπος πολλαπλασιασμού είναι με παραφυάδες. Το μητρικό φυτό θα πρέπει να είναι καλά ανεπτυγμένο, αλλά αργότερα όταν τα φυτά είναι ζωηρά και

μεγαλώνουν γρήγορα το χώρισμα πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο γιατί διαφορετικά χειροτερεύει η ποιότητα των ανθέων. Κατά τον πολλαπλασιασμό με διαίρεση τα μητρικά φυτά ηλικίας 0,5-1 έτους εκριζώνονται και αφαιρούνται τα μεγάλα και γερασμένα φύλλα και χωρίζεται το ρίζωμα σε τεμάχια που περιέχουν 1-2 μικρά φύλλα και μέρος της κεφαλής του ριζώματος ενώ οι παλιές σαρκώδεις ρίζες αφαιρούνται ή συντέμνονται στα 2 cm. Κατόπιν τοποθετούνται στην υδρονέφωση με την προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας 3-IBA 500-1000 ppm και ριζώνουν σε ένα περίπου δίνοντας νέα φυτά. Κάθε μητρικό φυτό δίνει έτσι αναλόγως την ηλικία 10-15 νέα φυτά.

Η ζέρμπερα δεν χρειάζεται υποστύλωση ή κορυφολογήματα όπως τα περισσότερα ανθοκομικά φυτά. Βασικό όμως είναι να αφαιρούνται τα άνθη (όταν είναι πολύ μικρά και με μια στριφτή κίνηση) κατά τους πρώτους 2-3 μήνες της καλλιέργειας μέχρις ότου το φυτό αποκτήσει ικανή φυλλική επιφάνεια για να θρέψει τα ανθικά στελέχη σε εμπορεύσιμο μέγεθος. Επίσης αφαιρούνται τα παλιά και γερασμένα, κιτρινισμένα ή άρρωστα φύλλα προκειμένου να αραιώσει η κόμη των φυτών και να περιορισθεί ο κίνδυνος ανάπτυξης ασθενειών.

Τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερα στην Ολλανδία έχει κυριαρχήσει σχεδόν η καλλιέργεια της ζέρμπερας σε αδρανή υποστρώματα κυρίως, με την προσθήκη ενίοτε μικρής ποσότητας οργανικής ουσίας. Το υπόστρωμα που έχει χρησιμοποιηθεί περισσότερο είναι ο πετροβάμβακας (Rockwool-Grodan) και το cocosoil, αλλά πειράματα στο K. Γ. Ε. Β. Ε. και στο ΤΕΙ Ηρακλείου έχουν δώσει το ίδιο καλά αποτελέσματα και με υποστρώματα όπως ο περλίτης και η ελαφρόπετρα αυτούσια ή με την προσθήκη 20-70% τύρφης ή cocosoil. Με την υδροκαλλιέργεια η παραγωγή είναι αυξημένη κατά 20-40%, η ποιότητα βελτιωμένη, αποφεύγονται οι τροφοπενίες, αυτοματοποιείται η άρδευση και η λίπανση, μειώνεται το κόστος καλλιέργειας, ανεξαρτητοποιείται η καλλιέργεια από το έδαφος και τα προβλήματα του και η θρέψη είναι ελεγχόμενη μέσω του ελέγχου συνεχώς του pH, της EC και της περιεκτικότητας σε στοιχεία του θρεπτικού διαλύματος. Η υδροκαλλιέργεια εφαρμόζεται είτε με ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος είτε χωρίς. Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει να απορρέει ένα 15-25% του εφαρμοζόμενου διαλύματος.

Το στάδιο της συγκομιδής είναι πολύ σημαντικό γιατί η ζέρμπερα που το ανθικό της στέλεχος στερείται φύλλων πρέπει σε αντίθεση με τα άλλα δρεπτά άνθη να συγκομίζεται όταν το άνθος είναι εντελώς ανοικτό γιατί αν κοπεί νωρίτερα κλείνει τη νύκτα και δεν ξαναανοίγει λόγω του χαμηλού ποσοστού διαλυτών ουσιών (σακχάρων) στα πέταλα και επομένως μικρής οσμωτικής πίεσης που δεν διευκολύνει την απορρόφηση του νερού στα πέταλα από το ανθοδοχείο. Η συλλογή των ανθικών στελεχών γίνεται αφού προηγουμένα έχει ποτισθεί το θερμοκήπιο ώστε τα στελέχη να είναι σε σπαργή και συνήθως γίνεται με απόσπαση με μια κίνηση προς τα κάτω 90° πιάνοντας το στέλεχος από τη βάση. Τα άνθη της ζέρμπερας διατηρούνται στο ψυγείο μέσα σε κουβάδες με το νερό στους 4° C μέχρι μια εβδομάδα. Κατά την πρόψυξη ή την ξηρή αποθήκευση που γίνεται στους 1° C οι ζέρμπερες μπαίνουν στο ψυγείο μέσα σε χαρτοκιβώτια που καλό είναι να έχουν οπές για τη γρηγορότερη ψύξη. Συνήθως τα χαρτοκιβώτια τοποθετούνται ανάποδα, πράγμα που βοηθά στο ίσιωμα της κεκομμένης ανθοκεφαλής λόγω της τοποθέτησης της στη χάρτινη θήκη με τις οπές. Στο εξωτερικό, σε κάθε άνθος περνιέται ένα κωνικό κάλυμμα από ζελατίνα ή λεπτό πλαστικό για να συγκρατεί τα πέταλα κλειστά και τοποθετούνται σε δεσμίδες των 12 ανθέων. Στη χώρα μας επειδή οι αποστάσεις μεταφοράς είναι μικρές, τα άνθη συσκευάζονται σε δεσμίδες 12 ή 25 ανθέων χωρίς ιδιαίτερες φροντίδες.

2.3. Προβλήματα καλλιέργειας

2.3.1. Φυσιολογικές ανωμαλίες

➤ Χλώρωση

Εμφανίζεται ένα κιτρίνισμα των φύλλων που οφείλεται στην υπερβολική υγρασία και στο φτωχό αερισμό των ριζών. Παρατηρείται στα βαριά όχι εύκολα στραγγισμένα εδάφη.

➤ Διπλό ανθικό στέλεχος

Πολλές φορές παρουσιάζονται τα στελέχη σαν δύο μαζί κολλημένα σε όλο το μήκος τους και καταλήγουν σε ένα διπλό κολλημένο άνθος. Οφείλεται σε γενετικές ανωμαλίες.

➤ Κάμψη λαιμού

Οφείλεται στην αδυναμία απορρόφησης του νερού κατά τη διάρκεια διατήρησης στο βάζο. Παρατηρείται συνήθως σε άνθη που συγκομίζονται πρόωρα ή στον χαμηλό φωτισμό κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας λόγω χαμηλής παραγωγής υδατανθράκων.

2.3.2. Θρεπτικές ανωμαλίες

Όταν υπάρχει έλλειψη ή περίσσεια διαφόρων θρεπτικών στοιχείων εμφανίζονται διάφορα χαρακτηριστικά συμπτώματα στα φύλλα, μεταχρωματισμοί, μικροφυλλίες κτλ. και μειώνεται η παραγωγή και η ποιότητα. Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά τα κύρια συμπτώματα των θρεπτικών ανωμαλιών.

- Έλλειψη NO_3 : μικροφυλλία, κιτρίνισμα των φύλλων.
- Περίσσεια NO_3 : χαμηλή παραγωγή, πάρα πολλά φύλλα.
- Έλλειψη φωσφόρου: χρώμα φύλλων βιολετί/πορφυρό.
- Περίσσεια φωσφόρου: έλλειψη μικροστοιχείων λόγω ανταγωνισμού.
- Έλλειψη καλίου: ξηράνσεις περιφερειακές παλιών φύλλων, κοντά στελέχη, κακής ποιότητας άνθη.
- Έλλειψη μαγνησίου: κιτρίνισμα παλιών φύλλων (εξωτερικά) και νεκρωτικές κηλίδες στα νεαρά φύλλα.
- Έλλειψη σιδήρου: μεσονεύρις χλώρωση στα νεαρά φύλλα.
- Έλλειψη μαγγανίου: κιτρίνισμα των νεύρων των παλιών φύλλων αλλά και εμφάνιση κίτρινων κηλίδων ανάμεσα στα νεύρα.
- Έλλειψη χαλκού: μικροφυλλία και εμφάνιση φύλλων υπό μορφή κουταλιού.

Γενικά το υψηλό pH προκαλεί την έλλειψη πολλών ιχνοστοιχείων λόγω δέσμευσης και αδυναμίας απορρόφησης τους από το φυτό.

2.3.3. Εχθροί και ασθένειες

- Αλευρώδης (*Trialeurodes vaporariorum*)

Αποτελεί σοβαρό πρόβλημα γιατί πολλαπλασιάζεται με μεγάλη ταχύτητα και εμφανίζεται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Προκαλεί κιτρίνισμα και κηλίδωση των φύλλων και εμφάνιση μελιτώματος. Ολοκληρωμένη καταπολέμηση με το *Encarsia formosa* και επιτρεπόμενα φυτοφάρμακα μπορούν να εφαρμοστούν.

➤ Τετράνυχος (*Tetranychus telarius*)

Προκαλεί πολύ μικρά κιτρινόλευκα στίγματα, αποχρωματισμό και παραμόρφωση της πάνω επιφάνειας των φύλλων ενώ στην κάτω επιφάνεια φαίνονται τα ακμαία και τα αυγά τους. Ολοκληρωμένη καταπολέμηση με το *Phytoseiulus persimilis* και επιτρεπόμενα φυτοφάρμακα μπορούν και εδώ να εφαρμοστούν.

➤ Φυλλορύκτης (*Lyriomyza trifolii*)

Χαρακτηριστικό σύμπτωμα η εμφάνιση λευκών στοών στα φύλλα που μειώνουν έτσι τη φωτοσυνθετική επιφάνεια.

➤ Αφίδες (*Myzus persicae*)

Εμφανίζονται εποχικά και καταπολεμούνται εύκολα με κατάλληλα εντομοκτόνα χαμηλής τοξικότητας.

➤ Θρίπες (*Thrips tabaci*, *Frangiliniella occidentalis*)

Προκαλεί νύγματα και λευκές ή μαύρες κηλίδες στα πέταλα των έγχρωμων ποικιλιών με αποτέλεσμα την υποβάθμιση τους. Ψεκασμοί με επιτρεπόμενα εντομοκτόνα και ολοκληρωμένη καταπολέμηση με το αρπακτικό *Amblyseius* και το *Orius*. Η τοποθέτηση μπλε παγίδων (100/στρ.) έχει επίσης καλά αποτελέσματα σε συνδυασμό με τα παραπάνω.

➤ Βοτρύτης (*Botrytis cinerea*)

Προσβάλλει κυρίως τα άνθη τον χειμώνα με υψηλή υγρασία. Συνιστώνται ψεκασμοί με κατάλληλα βοτρυδιοκτόνα.

➤ Σάπισμα του λαιμού

Προκαλείται από το μύκητα *Phytophthora* και μπορεί να προξενήσει σημαντικές ζημιές στην καλλιέργεια. Οι ιστοί στο κέντρο του φυτού και οι ρίζες μαλακώνουν,

γίνονται υδαρείς και έχουν χρώμα μαύρο-καφέ. Τα φύλλα μαραίνονται απότομα και παίρνουν χρώμα μωβ πορφυρό. Η ασθένεια ευνοείται από υπερβολική υγρασία και βαθύ φύτεμα. Για τον περιορισμό των ζημιών συνιστάται απολύμανση του εδάφους, χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού, ριζοποτίσματα με κατάλληλα μυκητοκτόνα εδάφους.

➤ Ωίδιο (Erysiphe polygoni)

Το γνωστό στάχτωμα που οφείλεται σε μύκητα και σχηματίζει κηλίδες στα φύλλα, τα οποία καλύπτονται από λευκή μούχλα. Καταπολεμείται εύκολα με περιορισμό της υγρασίας και με τα ειδικά μυκητοκτόνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΖΕΡΜΠΕΡΑΣ ΣΕ ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΟ ΚΛΕΙΣΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΤΗ ΤΕΧΝΙΚΗ Ν. F. T. ΚΑΙ ΣΕ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΠΑΝΣΗ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΗ ΜΕ ΛΥΜΑΤΑ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΔΗΜΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ.

3.1. Εισαγωγή

Ένας βασικός παράγοντας για την καλή ανάπτυξη των ανθοκομικών φυτών, που συνεπάγεται και την καλή παραγωγή ανθέων, είναι το υπόστρωμα στο οποίο αναπτύσσονται αυτά καθώς και η άρδευση και λίπανση. Τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί πολλά πειράματα σε σχέση με τα επεξεργασμένα λύματα του βιολογικού καθαρισμού και την προσθήκη αυτών στις καλλιέργειες μέσω της υδρολίπανσης ή και αυτούσια. Το 2005 τα αποτελέσματα πειράματος (Papadopoulos I., Chimonidou Dora, Savvides S., Polycarpou P., 2005) έδειξαν ότι παρήχθησαν περισσότερα άνθη ζέρμπερας μετά από άρδευση χωρίς λύματα καθώς και η λίπανση επέδρασε σημαντικότερα σε αυτήν την επέμβαση. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση αλατότητας στα λύματα που μπορεί να αποτελέσει έναν περιοριστικό παράγοντα στην παραγωγή ευαίσθητων ανθέων. Το 2006 στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης πραγματοποιήθηκε πείραμα που σκοπό είχε να μελετήσει την άρδευση με επεξεργασμένα αστικά λύματα και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς μπορεί να αποδειχθεί πολύτιμη μέθοδος ειδικά σε περιοχές με έλλειψη αρδευτικού νερού και ότι τα αστικά λύματα μπορούν να ικανοποιήσουν μονάχα ένα μικρό μέρος των απαιτήσεων των φυτών σε άζωτο και δεν συνίσταται να χρησιμοποιούνται ως κύρια πηγή λίπανσης της καλλιέργειας με άζωτο. Άλλο πείραμα σε νερά φυτά αγγουριάς με χρήση λυμάτων β.κ. (Πιλατάκης Γ. , Ψαρούτη Κ. , 2010) είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ύψους, του αριθμού των φύλλων και ανθέων, του μεγέθους του φύλλου, ενώ αυξήθηκε η διάμετρος του κεντρικού στελέχους. Δεν

βρέθηκαν διαφορές ως προς τα επίπεδα χλωροφύλλης και φθορισμού των φύλλων ενώ αυξήθηκε η φωτοσυνθετική ικανότητα και η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων.

3.2. Υλικά και μέθοδοι

Πειραματική μελέτη της καλλιέργειας δύο ποικιλιών ζέρμπερας σε υπερυψωμένο κλειστό υδροπονικό σύστημα με τη τεχνική N. F. T. και σε υπόστρωμα πετροβάμβακα και υδρολίπανση εμπλουτισμένη με λύματα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας του βιολογικού καθαρισμού Δήμου Ηρακλείου πραγματοποιήθηκε στο Ηράκλειο Κρήτης και συγκεκριμένα στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στο χώρο του Αγροκτήματος του τμήματος Φυτικής Παραγωγής, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, στο Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης στο θερμοκήπιο του Εργαστηρίου Ανθοκομίας. Το πείραμα διήρκησε 5 μήνες από την εγκατάσταση των φυτών και κατά τη διάρκεια του πειράματος αξιολογήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι μετρήσεων:

- Το μήκος του ανθικού στελέχους.
- Το βάρος του ανθικού στελέχους.
- Η διάμετρος του ανθικού στελέχους.
- Η διάμετρος της ανθοκεφαλής του ανθικού στελέχους.

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν πέραν του NFT, που λειτουργεί με ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα λεπτής στοιβάδας και με υπόστρωμα πετροβάμβακα (grodan) στα οποία έχουμε αναφερθεί πιο αναλυτικά στο Κεφάλαιο 1.

Λοιπά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα:

1. Πλαστικός σωλήνας Φ16
2. 20 Σταλάκτες με παροχή 2lt/hr
3. Σωλήνας Φ6
4. Σωλήνας Φ25
5. Αντλία STAR 35 PF
6. Υποβρύχια αντλία με τα εξής χαρακτηριστικά: 10lt/min, 1,5 m/Ws, 230v/50Hz.
7. Φίλτρο σίτας

8. Υλικά συνδεσμολογίας
9. Πλαστικό δοχείο 500lt
10. Πλαστικό δοχείο 100lt
11. Τέσσερις μεταλλικοί πάγκοι διαστάσεων 4X0,35X1m
12. Πλαστικό φύλλο άσπρο/μαύρο
13. Διάφανο πλαστικό φύλλο
14. Συσκευή ανάλυσης pH (Crison micro pH 2001)
15. Συσκευή ανάλυσης EC (Hanna HI8820N)
16. Αγωγός αποχέτευσης Φ100 τύπου PVC
17. Τρεις γωνίες 90° αποχέτευσης Φ100 τύπου PVC
18. Ένα ταφ αποχέτευσης Φ100 τύπου PVC
19. Χρονοδιακόπτης τύπου LEGRAND BP 30076

Κατά την προετοιμασία του πειράματος ισοπεδώθηκε εκ νέου το έδαφος διαμορφώνοντας την κατάλληλη κλίση σε αυτό για το πείραμα. Κατόπιν επενδύθηκε το έδαφος με λευκή πλαστικού τύπου λινάτσα για λόγους υγιεινής και ευκολίας διεκπεραίωσης των καλλιεργητικών εργασιών.

Αφού διεκπεραιώθηκαν οι παραπάνω εργασίες, τοποθετήθηκαν οι μεταλλικοί πάγκοι και διαμορφώθηκε η κλίση που χρειαζόταν ο κάθε ένας από αυτούς ανάλογα με την εκάστοτε επέμβαση. Επενδύθηκαν με πλαστικό φύλλο διάφανου χρωματισμού για προστασία αυτών από το φαινόμενο της οξειδωσης λόγω του απορρέοντος θρεπτικού διαλύματος. Στο NFT πέραν της κάλυψης με διαφανές πλαστικό φύλλο έγινε και περαιτέρω κάλυψη με πλαστικό διπλής όψης λευκό / μαύρο, με την χρήση του οποίου διαμορφώθηκε σε σχήμα V για καλλίτερη ροή του θρεπτικού διαλύματος. Από το ίδιο πλαστικό φύλλο κατασκευάστηκε το κάλυμμα του NFT, (η λευκή πλευρά προς τα έξω), έτσι ώστε να εξασφαλισθεί το απαραίτητο σκοτάδι για τη ριζόσφαιρα των φυτών.

Στο δοχείο των 100lt τοποθετήθηκε μία υποβρύχια αντλία η οποία τροφοδοτούσε το NFT ελεγχόμενη από χρονοδιακόπτη. Από το ίδιο δοχείο τροφοδοτούνταν και οι επεμβάσεις των υποστρωμάτων μέσω μίας αντλίας STAR 35 PS.

Ο χώρος του πειράματος ήταν εξοπλισμένος με σύστημα υδρονέφωσης και κουρτίνες σκίασης καθώς και σωλήνωση παροχής ζεστού αέρα από αερόθερμο.

Υδρολίπανση

Κατά την κατασκευή του αρδευτικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε αγωγός διατομής Φ16 και τα εξαρτήματα συνδεσμολογίας αυτού ήταν τύπου φικς. Σχετικά με το NFT η τροφοδοσία έγινε με έναν αγωγό ο οποίος στο τέλος του με την χρήση ταφ διαμορφώθηκε σε διπλή έξοδο για καλλίτερη διανομή του θρεπτικού διαλύματος. Στην επέμβαση του μάρτυρα τοποθετήθηκαν σταλάκτες παροχής 2lt/h, ένας για κάθε φυτό. Οι σταλάκτες ήταν τύπου on line και η παροχή του θρεπτικού διαλύματος στο φυτό έγινε με αγωγό Φ6.



Εικόνα 3: Οι πάγκοι του πειράματος κατά την προετοιμασία και πριν την εγκατάσταση των φυτών ζέρμπερας.

Πίνακας 1: Το pH και η EC του θρεπτικού διαλύματος σε διάφορες περιόδους του πειράματος.

Ημερομηνία	Δοχείο 500 lt		Δοχείο Λυμάτων		N.F.T	
	PH	EC	PH	EC	PH	EC
21-01-10	3.58	1.65	4.98	3.30	5.53	2.32
22-01-10	5.80	2.18	5.94	1.75	6.24	3.43
22-02-10	6.4	2.1	3.7	5.7	3.93	3.5
26-02-10	5.9	2.3	3.7	4	4.1	3.2
05-03-10	4.64	2.7	3.47	5.5	4.5	3.2

Το θρεπτικό διάλυμα παρασκευαζόταν σε δεξαμενή χωρητικότητας 500 lit, από την οποία με φυσική ροή συμπληρώνονταν η δεξαμενή των 100 lit. Στην δεξαμενή των 100 lit το νέο θρεπτικό διάλυμα αναμιγνυόταν με το διάλυμα των απορροών το οποίο διοχετευόταν στην δεξαμενή. Το δίκτυο των απορροών κατασκευάστηκε από αγωγούς διατομής Φ100.

Κατά την προετοιμασία του θρεπτικού διαλύματος χρησιμοποιήθηκαν τα λιπάσματα και οι αναλογίες αυτών, όπως φαίνεται αναλυτικά και στον παρακάτω πίνακα. Αυτό που είναι σημαντικό να αναφέρουμε είναι η χρήση μίγματος ιχνοστοιχείων και όχι μεμονωμένων ιχνοστοιχείων, κάτι που ενδείκνυται στην υδροπονία.

Οι μετρήσεις που είχαν σχέση με το pH και την E.C. γίνονταν όταν αυτό κρινόταν αναγκαίο στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Ανθοκομίας.

Συνταγή θρεπτικού διαλύματος

Βαρέλι Α

Νιτρικό κάλι (KNO_3) = 1.5 kg

Νιτρικό ασβέστιο ($Ca(NO_3)_2$) = 1.8 kg

Βόρακας (H_3BO_3) = 30 gr

Χηλικός σίδηρος ($Fe(EDTA)$) = 100 gr

Βαρέλι Β

Νιτρικό κάλι (KNO_3) = 1.5 kg

Θειϊκό μαγνήσιο (MgSO_4) = 600 gr

Θειϊκό μαγγάνιο (MnSO_4) = 10 gr

Θειϊκός χαλκός (CuSO_4) = 1 gr

Θειϊκός ψευδάργυρος (ZnSO_4) = 2 gr

Φωσφορικό οξύ (H_3PO_4) = 0.5 kg

Νιτρική αμμωνία (NH_4NO_3) = 0.9 kg

Μολυβδαινικό αμμώνιο ($(\text{MH}_4)_6$) = 0.2 gr

Παίρναμε 75 ml από κάθε βαρέλι (αφού πρώτα τα ανακατεύαμε) για κάθε 10 lt λυμάτων και ανακατεύαμε καλά.

3.3.3 Επεμβάσεις πειράματος

1. N.F.T. – συνεχής ροή – κύβος grodan περιτυλιγμένος με πλαστικό δίχτυ
2. N.F.T. – συνεχής ροή – κύβος grodan περιτυλιγμένος με ½ πλαστική ζώνη
3. N.F.T. – συνεχής ροή – κύβος grodan περιτυλιγμένος με πλαστική ζώνη σε όλη την πλευρική επιφάνεια του
4. N.F.T. – ροή 30 min. /διακοπή 30 min. - κύβος grodan με δίχτυ
5. N.F.T. – ροή 30 min. /διακοπή 30 min. - κύβος grodan με ½ πλαστική ζώνη
6. N.F.T. – ροή 30 min. /διακοπή 30 min. - κύβος grodan με πλαστική ζώνη
7. N.F.T. – ροή 15 min. /διακοπή 15 min. - κύβος grodan με δίχτυ
8. N.F.T. – ροή 15 min. /διακοπή 15 min. - κύβος grodan με ½ πλαστική ζώνη
9. N.F.T. – ροή 15 min. /διακοπή 15 min. - κύβος grodan με πλαστική ζώνη
10. N.F.T. – συνεχής ροή και λύματα Β.Κ. – κύβος grodan με δίχτυ
11. N.F.T. – συνεχής ροή και λύματα Β.Κ. – κύβος grodan με ½ πλαστική ζώνη
12. N.F.T. – συνεχής ροή και λύματα Β.Κ. – κύβος grodan με πλαστική ζώνη
13. GRODAN – 3 αρδεύσεις / ημέρα

Το δίχτυ και η πλαστική ζώνη χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να διαπιστώσουμε αν υπάρχουν διαφορές στην ανάπτυξη των ριζών, κάτι που τελικά δεν παρατηρήθηκε. Σε ότι αφορά τα αστικά λύματα που χρησιμοποιήσαμε θα αναφερθούμε αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

Χρησιμοποίηση αστικών λυμάτων στη θρέψη των φυτών

Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων, ιδιαίτερα για άρδευση καλλιεργειών, εφαρμόζεται στην πράξη επί αιώνες, και φαίνεται ότι έχει τις ρίζες της στους αρχαίους ελληνικούς πολιτισμούς. Σήμερα λειτουργούν πολλά συστήματα επαναχρησιμοποίησης που παρέχουν ανακτημένο νερό για αγροτική άρδευση. Τα αστικά λύματα προέρχονται κυρίως από ανθρώπινα εκκρίματα και απόνερα οικιακής χρήσης. Στην κατηγορία των αστικών λυμάτων περιλαμβάνονται και αυτά των εστιατορίων, ξενοδοχείων, δημόσιων υπηρεσιών, καταστημάτων, γραφείων κτλ. 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 και υδρόθειο.

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. Με τον όρο διαχείριση υγρών αποβλήτων, χαρακτηρίζουμε κάθε σκόπιμη ανθρώπινη επέμβαση που έχει σαν στόχο τη μείωση της αρνητικής επίδρασης των λυμάτων στο περιβάλλον. 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. Έτσι έχουν διαμορφωθεί τέσσερα κυρίως βασικά στάδια καθαρισμού, που εκφράζουν φραστικά το βαθμό της καθαρότητας της τελικής απορροής.

- Προεπεξεργασία : η προεπεξεργασία στοχεύει στη προστασία των επόμενων διεργασιών με αποτέλεσμα να βελτιστοποιεί και την απόδοση τους. Συνήθως πραγματοποιείται εσχάρωση, εξάμμωση και απολύμανση για την απομάκρυνση ρυπαντικού φορτίου, στερεών μεγέθους μεγαλύτερου από 2-5 cm (ξύλα, φύλλα, πλαστικά), άμμου και επιπλέοντων στερεών και λιπών.
- 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 την προεπεξεργασία απευθείας στη δευτεροβάθμια επεξεργασία.
- 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 του φωσφόρου. 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.

- 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. 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 κτλ.

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων 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 κτλ.).

3.3. Αποτελέσματα- συζήτηση

Στους παρακάτω πίνακες και γραφήματα φαίνονται τα αποτελέσματα του πειράματος μετά την στατιστική ανάλυση και τον έλεγχο της σημαντικότητας των διαφορών με την δοκιμή Duncan.

Συμβολισμοί επεμβάσεων

NUTRIENT FILM TECHNIQUE = N.F.T.

ΣΥΝΕΧΗ ΡΟΗ = Σ.Ρ

ΡΟΗ 15 min. /ΔΙΑΚΟΠΗ 15 min. = 15/15

ΡΟΗ 30 min. /ΔΙΑΚΟΠΗ 30 min. = 30/30

ΣΥΝΕΧΗ ΡΟΗ ΚΑΙ ΛΥΜΑΤΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ = Σ.Ρ + Λ.Β.Κ.

ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ GRODAN = GD

ΚΥΒΟΣ GRODAN ΜΕ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΖΩΝΗ = GD + Π.Ζ.

ΚΥΒΟΣ GRODAN ΜΕ ½ ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΖΩΝΗ = GD + ½ Π.Ζ.

ΚΥΒΟΣ GRODAN ΜΕ ΔΙΧΤΥ = GD + Δ.

3.3.1. Αποτελέσματα ποικιλίας «AQUA»

Πίνακας 2 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη ποιότητα και την παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΑΝΘΟΣ/ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ
1	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Δ	0,67 a
2	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	1,33 a
3	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	0,75 a
4	N.F.T. - 30/30- GD + Δ	0,83 a
5	N.F.T. - 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	1,50 a
6	N.F.T. - 30/30 - GD + Π.Ζ.	1,38 a
7	N.F.T. - 15/15- GD + Δ	1,33 a
8	N.F.T. - 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	1,00 a
9	N.F.T. - 15/15- GD + Π.Ζ.	1,00 a
10	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	1,17 a
11	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	1,17 a
12	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	1,13 a
13	GRODAN AQUA	1,30 a

Μέσοι όροι με όμοια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan στο επίπεδο σημαντικότητας 0.05

Πίνακας 3 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στο βάρος υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΒΑΡΟΣ ΑΝΘΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ (gr)
1	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + Δ	22,50 de
2	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	25,50 bcde
3	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	26,00 abcde
4	N.F.T. – 30/30- GD + Δ	25,60 bcde
5	N.F.T. – 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	26,89 abcd
6	N.F.T. – 30/30 - GD + Π.Ζ.	28,55 abc
7	N.F.T. – 15/15- GD + Δ	31,50 a
8	N.F.T. – 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	24,33 cde
9	N.F.T. – 15/15- GD + Π.Ζ.	30,75 ab
10	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	28,29 abcd
11	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	20,86 e
12	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	25,11 bcde
13	GRODAN AQUA	27,54 abcd

Πίνακας 4 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στο μήκος ανθικού στελέχους υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΜΗΚΟΣ ΑΝΘΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ (cm)
1	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + Δ	51,625 d
2	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	56,463 bcd
3	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	52,083 cd
4	N.F.T. – 30/30- GD + Δ	58,940 abc
5	N.F.T. – 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	59,289 abc
6	N.F.T. – 30/30 - GD + Π.Ζ.	57,718 bcd
7	N.F.T. – 15/15- GD + Δ	65,538 a
8	N.F.T. – 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	57,567 bcd
9	N.F.T. – 15/15- GD + Π.Ζ.	59,838 ab
10	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	60,171 ab
11	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	52,100 cd
12	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	54,822 bcd
13	GRODAN AQUA	59,300 abc

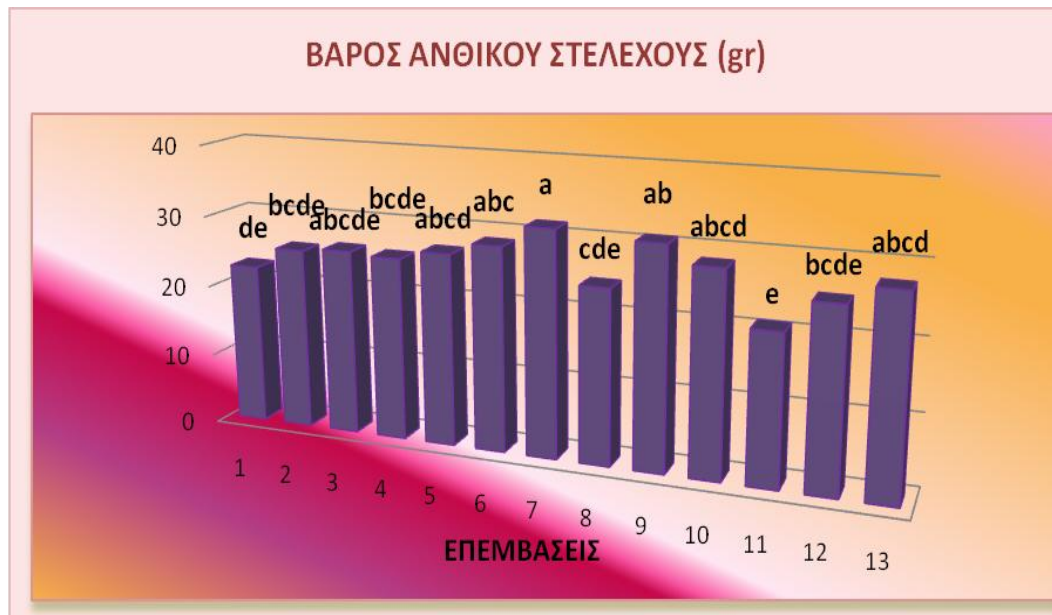
Πίνακας 5 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη διάμετρο ανθικού στελέχους υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΝΘΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ (mm)
1	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Δ	0,500 a
2	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	0,400 ab
3	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	0,483 a
4	N.F.T. - 30/30- GD + Δ	0,440 ab
5	N.F.T. - 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	0,422 ab
6	N.F.T. - 30/30 - GD + Π.Ζ.	0,500 a
7	N.F.T. - 15/15- GD + Δ	0,513 a
8	N.F.T. - 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	0,433 ab
9	N.F.T. - 15/15- GD + Π.Ζ.	0,438 ab
10	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	0,486 a
11	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	0,371 b
12	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	0,489 a
13	GRODAN AQUA	0,488 a

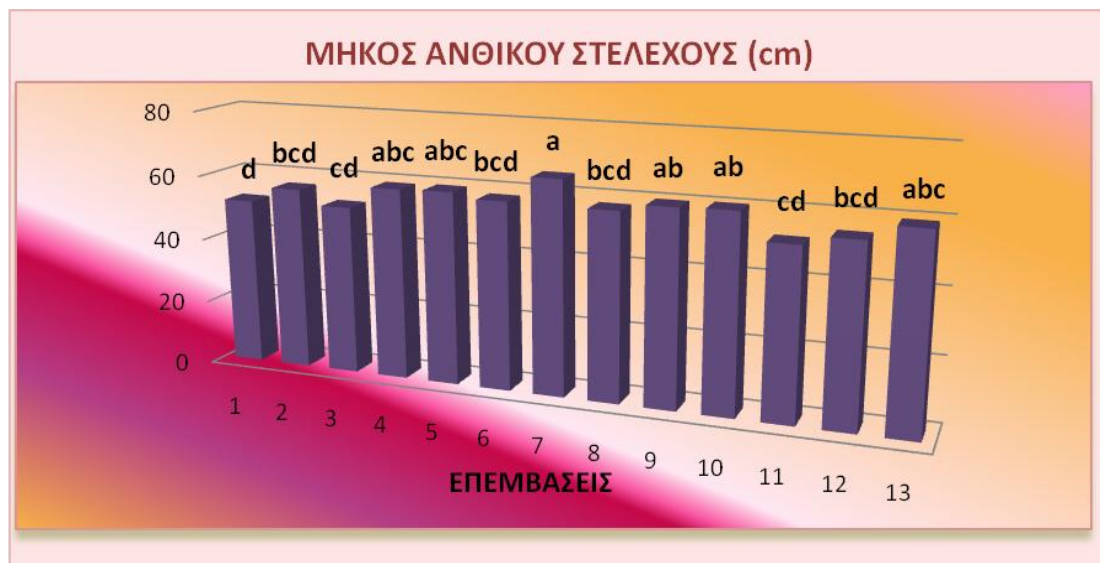
Πίνακας 6 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη διάμετρο ανθοκεφαλής υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΝΘΟΚΕΦΑΛΗΣ (mm)
1	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Δ	9,875 bcd
2	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	10,175 abcd
3	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	10,350 abc
4	N.F.T. - 30/30- GD + Δ	10,160 abcd
5	N.F.T. - 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	10,522 abc
6	N.F.T. - 30/30 - GD + Π.Ζ.	10,491 abc
7	N.F.T. - 15/15- GD + Δ	11,025 a
8	N.F.T. - 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	9,767 cd
9	N.F.T. - 15/15- GD + Π.Ζ.	10,788 ab
10	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	10,557 abc
11	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	9,357 d
12	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	10,289 abcd
13	GRODAN AQUA	10,081 abcd

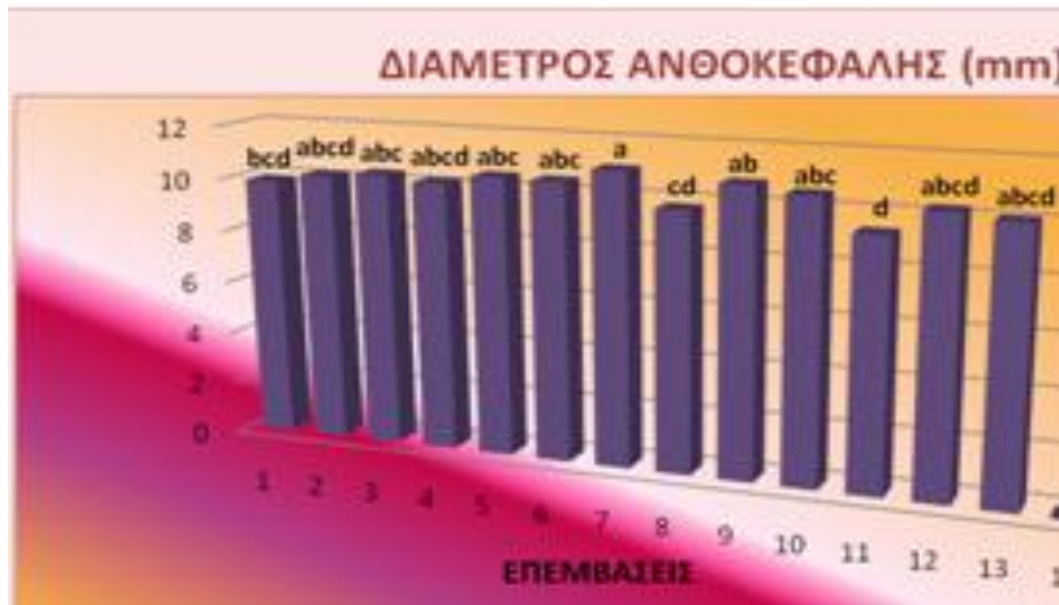
Μέσοι όροι με όμοια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan στο επίπεδο σημαντικότητας 0.05



Γράφημα 1 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στο βάρος υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.



Γράφημα 2: Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στο μήκος ανθικού στελέχους υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με τεχνική NFT.



Γράφημα 3 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη διάμετρο ανθοκεφαλής υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με τεχνική NFT.



Γράφημα 4: Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη διάμετρο ανθικού στελέχους υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με τεχνική NFT.

3.3.2. Αποτελέσματα ποικιλίας «ΡΟΡΟΝ»

Πίνακας 7 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στην παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΑΝΘΟΣ/ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ
1	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Δ	1,00 a
2	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	0,67 a
3	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	1,25 a
4	N.F.T. - 30/30- GD + Δ	1,50 a
5	N.F.T. - 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	0,83 a
6	N.F.T. - 30/30 - GD + Π.Ζ.	1,38 a
7	N.F.T. - 15/15- GD + Δ	1,00 a
8	N.F.T. - 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	1,00 a
9	N.F.T. - 15/15- GD + Π.Ζ.	1,00 a
10	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	1,83 a
11	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	1,00 a
12	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	1,13 a
13	GRODAN AQUA	1,05 a

Πίνακας 8 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στο βάρος υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΒΑΡΟΣ ΑΝΘΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ (gr)
1	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Δ	24,00 a
2	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	24,00 a
3	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	23,80 a
4	N.F.T. - 30/30- GD + Δ	26,00 a
5	N.F.T. - 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	28,40 a
6	N.F.T. - 30/30 - GD + Π.Ζ.	27,82 a
7	N.F.T. - 15/15- GD + Δ	27,50 a
8	N.F.T. - 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	26,00 a
9	N.F.T. - 15/15- GD + Π.Ζ.	26,75 a
10	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	23,82 a
11	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	26,00 a
12	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	26,67 a
13	GRODAN AQUA	27,05 a

Μέσοι όροι με όμοια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan στο επίπεδο σημαντικότητας 0.05

Πίνακας 9 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στο μήκος ανθικού στελέχους υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΜΗΚΟΣ ΑΝΘΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ (cm)
1	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + Δ	48,38 a
2	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	47,80 a
3	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	49,96 a
4	N.F.T. – 30/30- GD + Δ	50,16 a
5	N.F.T. – 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	50,64 a
6	N.F.T. – 30/30 - GD + Π.Ζ.	46,55 a
7	N.F.T. – 15/15- GD + Δ	47,83 a
8	N.F.T. – 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	51,93 a
9	N.F.T. – 15/15- GD + Π.Ζ.	51,73 a
10	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	49,66 a
11	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	52,03 a
12	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	50,27 a
13	GRODAN AQUA	47,89 a

Μέσοι όροι με όμοια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan στο επίπεδο σημαντικότητας 0.05

Πίνακας 10: Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη διάμετρο ανθοκεφαλής υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΝΘΟΚΕΦΑΛΗΣ (mm)
1	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + Δ	8,383 a
2	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	8,725 a
3	N.F.T. – Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	8,220 a
4	N.F.T. – 30/30- GD + Δ	8,600 a
5	N.F.T. – 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	9,300 a
6	N.F.T. – 30/30 - GD + Π.Ζ.	9,036 a
7	N.F.T. – 15/15- GD + Δ	8,617 a
8	N.F.T. – 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	9,117 a
9	N.F.T. – 15/15- GD + Π.Ζ.	8,863 a
10	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	8,464 a
11	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	8,617 a
12	N.F.T. – Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	8,744 a
13	GRODAN AQUA	9,052 a

Πίνακας 11: Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη διάμετρο ανθικού στελέχους υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.

A/A	ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΝΘΙΚΟΥ ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ (mm)
1	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Δ	0,450 a
2	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + ½ Π.Ζ.	0,500 a
3	N.F.T. - Σ.Ρ. - GD + Π.Ζ.	0,520 a
4	N.F.T. - 30/30- GD + Δ	0,489 a
5	N.F.T. - 30/30 - GD + ½ Π.Ζ.	0,500 a
6	N.F.T. - 30/30 - GD + Π.Ζ.	0,491 a
7	N.F.T. - 15/15- GD + Δ	0,550 a
8	N.F.T. - 15/15- GD + ½ Π.Ζ.	0,483 a
9	N.F.T. - 15/15- GD + Π.Ζ.	0,488 a
10	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + Δ	0,445 a
11	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ.- GD + ½ Π.Ζ.	0,483 a
12	N.F.T. - Σ.Ρ. + Λ.Β.Κ. - GD + Π.Ζ.	0,522 a
13	GRODAN AQUA	0,524 a



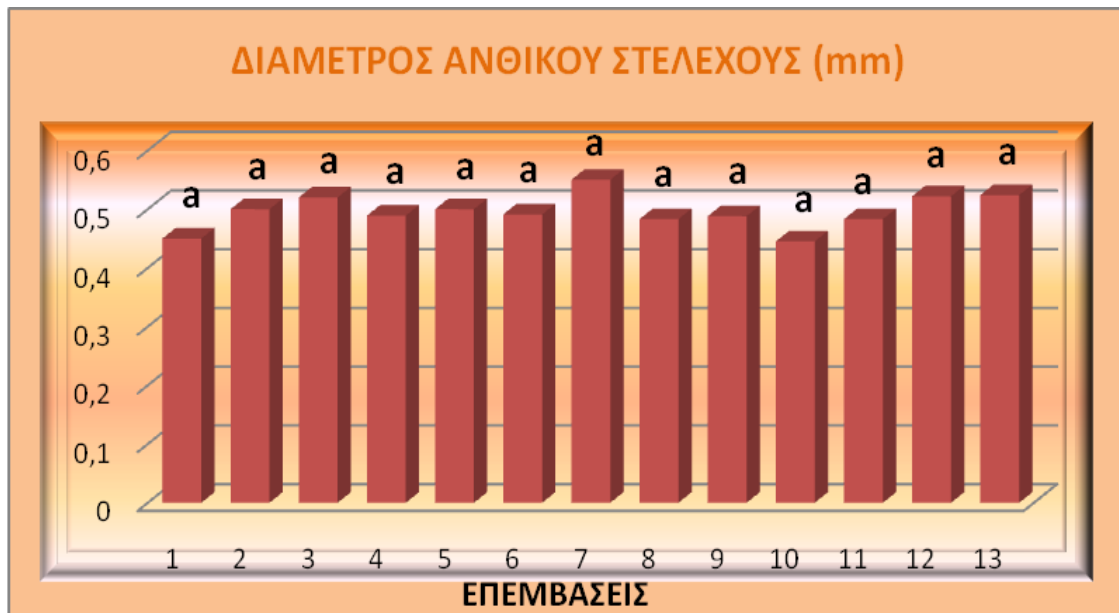
Γράφημα 5 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στο βάρος υδροπονικής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T



Γράφημα 6 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στο μήκος ανθικού στελέχους καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.



Γράφημα 7 : Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη διάμετρο ανθοκεφαλής καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.F.T.



Γράφημα 8: Επίδραση των επεμβάσεων του πειράματος στη διάμετρο ανθικού στελέχους καλλιέργειας ζέρμπερας, κλειστού συστήματος με την τεχνική N.FT.

Όπως προκύπτει από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων του πειράματος όλες οι επεμβάσεις και στις δύο ποικιλίες έδωσαν ίδια ποιότητα και παραγωγή με τον μάρτυρα (καλλιέργεια σε grodan). Επειδή όμως η διάρκεια των μετρήσεων του πειράματος ήταν μικρή (3 μήνες) το πείραμα πρέπει να συνεχιστεί για να διαπιστωθεί κατά πόσον οι επόμενες μετρήσεις θα επιβεβαιώσουν τα παραπάνω αποτελέσματα ώστε να έχουν μεγαλύτερη αξία. Πάντως με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να κάνουμε τις παρακάτω διαπιστώσεις:

- Η χρήση δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων του βιολογικού καθαρισμού του Δήμου Ηρακλείου αντί νερού δεν μείωσε την παραγωγή και την ποιότητα άρα μπορούν να αξιοποιηθούν για την εξοικονόμηση νερού άρδευσης όπου είναι ελλειμματικό. Είναι γνωστό ότι τα αστικά απόβλητα δευτεροβάθμιας επεξεργασίας μπορούν με ένα σχετικά μικρό κόστος επεξεργασίας στον αγρό να χρησιμοποιηθούν για άρδευση χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία των καταναλωτών
- Επίσης τα λύματα του βιολογικού καθαρισμού δεν προσέφεραν σημαντικά στην θρέψη (λίπανση) της καλλιέργειας

- Σε ότι αφορά την χρήση πλαστικής ζώνης ή δικτυωτού πλέγματος για την διατήρηση της μορφής του κύβου (που χρησιμοποιείται για την καλύτερη συγκράτηση του φυτού στο κανάλι) μπορεί να προτιμήσει την πλαστική ζώνη από το δίχτυ, που είναι πιο ανθεκτική και στο εμπόριο δίδεται μαζί με τον κύβο
- Τέλος ή συνεχής ή η διακοπτόμενη ανακύκλωση ανά 15 ή 30 min δεν επηρέασε την ποιότητα ή την παραγωγή που σημαίνει ότι στο διάστημα αυτό οι ρίζες παραμένουν υγρές και συνεχίζουν την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων και άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η διακοπτόμενη ροή που έχει μικρότερο κόστος ενέργειας και καταπονεί λιγότερο την αντλία τροφοδότησης του θρεπτικού διαλύματος

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ανδρεαδάκης Α., Κατσίρη Α. , Μαμάης Δ. , 2001. Επεξεργασία και Διάθεση Αποβλήτων. Τεχνολογία Αντιμετώπισης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Τόμος Α. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Πάτρα.
2. 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
3. Κουτέπας Ν., Ταμβάκης Ν. , Ανθοκομία για την Γ Τάξη Τ. Ε. Λ., Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών βιβλίων, Αθήνα. Σελ 224-230
4. Μανιός Β., 2007. Υποστρώματα και Συστήματα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών Εκτός Εδάφους. Α. Τ. Ε. Ι Κρήτης, Ηράκλειο. Σελ 1
5. Μανιός Θ., 2001. Τεχνολογίες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος. Χανιά.
6. Μαυρογιαννόπουλου Γ., 1994. Υδροπονικές Καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα, Σταμούλης Α. , Αθήνα-Πειραιάς. Σελ. 1-12, 51-53, 59-60, 64, 67-68
7. Ντάρακας Ε., 2006. Επεξεργασία Βιομηχανικών Αποβλήτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη. Σελ. 138
8. Παναγιωτόπουλος Σ., 2009, Πειραματική Καλλιέργεια Ζέρμπερας σε τέσσερα υποστρώματα και NFT, σε κλειστού κυκλώματος υδροπονία, Α. Τ. Ε. Ι. Κρήτης, Ηράκλειο 2009.
9. Παπαδημητρίου Μ., 2005, Σημειώσεις Ανθοκομίας Θεωρία, Α. Τ. Ε. Ι. Κρήτης, Ηράκλειο. Σελ. 50-51, 53-59
10. Παπαδημητρίου Μ. , 2008, Σημειώσεις Ανθοκομίας Εργαστήριο, Α. Τ. Ε. Ι. Κρήτης, Ηράκλειο. Σελ. 82-84, 86-87
11. Πιλατάκης Γ. , Ψαράυτη Κ. , 2010. Αξιολόγηση Πρωτοβάθμιων και Δευτεροβάθμιων Επεξεργασμένων Υγρών Αποβλήτων για τις Αρδευτικές Ανάγκες Υδροπονικής Καλλιέργειας Αγγουριάς, Α. Τ. Ε. Ι. Κρήτης, Ηράκλειο.

12. Στάμου Α. Ι., 1995. Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων. Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Αθήνα. Σελ. 304
13. Τζωρτζάκης Ν., 2009. Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους. Α. Τ. Ε. Ι. Κρήτης, Ηράκλειο. Σελ. 3, 15, 29, 31, 34-37, 40-41

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. 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
2. Brenner A, Shandalor S. , Oron G., Renbun 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. pp 219-227
3. Mahmoud H., Rahil, 2006. Άρδευση με Επεξεργασμένα Αστικά Λύματα. Πειραματικές Μετρήσεις, Προσομοιώσεις και Επιπτώσεις στο Έδαφος, τα Φυτά και το Περιβάλλον. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
4. Papadopoulos I., Chimonidou Dora, Savvides S., Polycarpou P., 2005. Optimization of Irrigation with Treated Wastewater on Flower Cultivation Options Mediterraneennes. pp 227-235

