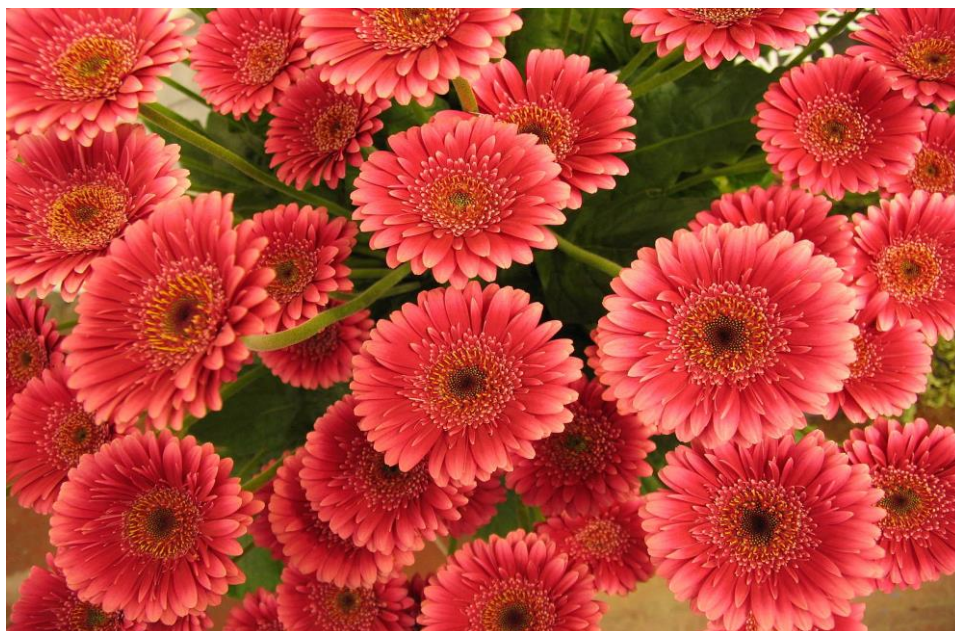




**Τ.Ε.Ι. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**«ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΖΕΡΜΠΕΡΑΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΡΕΠΤΩΝ ΑΝΘΕΩΝ»**

ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΜΑΡΤΙΟΣ 2014

**Τ.Ε.Ι. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**«ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΖΕΡΜΠΕΡΑΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΡΕΠΤΩΝ ΑΝΘΕΩΝ»**

**Συγγραφή : Σιδηροπούλου Αικατερίνη
Εισηγητής : Παπαδημητρίου Μιχαήλ**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΜΑΡΤΙΟΣ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

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 παίρνουν νερό και θρεπτικά στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την θρέψη και την ανάπτυξη τους.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται αξιολόγηση διαφόρων υποστρωμάτων εκτός εδάφους καλλιέργειας τριών ποικιλιών ζέρμπερας στο ύψος και την ποιότητα της ανοιξιάτικης παραγωγής ανθέων (Απρίλιος- Ιούνιος 2009) στο γυάλινο θερμοκήπιο Ανθοκομίας της ΣΤΕΓ του ΤΕΙ Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον εισηγητή του θέματος καθηγητή Μιχάλη Παπαδημητρίου, το ΕΤΠ του Εργαστηρίου κ. Γιώργο Δοκιανάκη για την βοήθεια και τις υποδείξεις τους κατά την εκτέλεση της παραπάνω πειραματικής πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1.1 Η ιστορία της υδροπονίας

1.2 Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών

1.2.1 Ανοιχτά και κλειστά συστήματα υδροπονίας

1.3 Υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών

1.3.1 Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (rockwool)

1.3.2 Καλλιέργεια σε τύρφη (blondpeat) και σε σάκους τύρφης

1.3.3 Καλλιέργεια σε περλίτη (perlite)

1.3.4 Καλλιέργεια σε κόκο (cocosoil)

1.3.5 Καλλιέργεια σε compost υπολειμμάτων καλλιεργειών

1.4 Καλλιέργεια σε NFT

1.5 Αεροπονία

1.6 Υποδοχείς υποστρωμάτων

1.6.1 Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growthbags)

1.6.2 Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών

1.6.3 Υποδοχείς για NFT(NutrientFilmTechnique)

1.6.4 Υποδοχείς για αεροπονία

1.7 Θρεπτικά διαλύματα υδροπονίας

1.7.1 Ανόργανα και απαραίτητα στοιχεία

1.7.2 Παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων

1.7.3 Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος

1.7.4 Το PH του θρεπτικού διαλύματος

1.7.5 Το νερό και η ποιότητα του

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΖΕΡΜΠΕΡΑΣ

2.1 Η ζέρμπερα και η καταγωγή της

2.2 Τεχνική καλλιέργειας της ζέρμπερας

2.3 Προβλήματα καλλιέργειας

2.3.1 Φυσιολογικές ανωμαλίες

2.3.2 Θρεπτικές ανωμαλίες

2.3.3 Εχθροί και ασθένειες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

3.1 Εισαγωγή

3.2 Υλικά και μέθοδοι

3.3 Αποτελέσματα-συζήτηση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καλλιέργεια εκτός εδάφους η υδροπονική καλλιέργεια είναι μορφή καλλιέργειας φυτών 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 προσλαμβάνουν τις απαραίτητες για την ανάπτυξη τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Τα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών είναι συνήθως πορώδη υλικά φυσικά ή προέρχονται από βιομηχανική επεξεργασία, τα οποία χάρη στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατούν νερό και αέρα σε κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Έτσι στο βαθμό που το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται περιέχει τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικά στοιχεία, τα υποστρώματα μπορούν να υποκαθιστούν το έδαφος. Τα περισσότερα υποστρώματα υδροπονίας στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας συμπεριφέρονται χημικώς ως αδρανή υλικά διότι δεν αποδίδουν ούτε δεσμεύουν τα ήδη υπάρχοντα στο θρεπτικό διάλυμα ιόντα.

Τα πλέον διαδεδομένα υποστρώματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι ο περλίτης, ο πετροβάμβακας, η ελαφρόπετρα, η ξανθιά τύρφη και ο κόκος (cocosoil). Τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται είτε μόνα τους είτε σε μίγματα για την παρασκευή εδαφικών υποστρωμάτων για την καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες τα οργανικά υλικά όπως η τύρφη και το cocosoil και τα ανόργανα ή αδρανή υλικά όπως η άμμος, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, ο πετροβάμβακας κλπ.

Η υδροπονική καλλιέργεια είναι μια διαρκώς επεκτεινόμενη δραστηριότητα και αυτό οφείλετε στην βελτίωση του περιβάλλοντος της ρίζας έτσι αυξάνετε η απόδοση των φυτών και βελτιώνεται η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Πέρα από αυτά παρέχει την δυνατότητα να καλλιεργηθούν φυτά σε περιοχές με κακής ποιότητας εδάφη όπως αλατούχα, πολύ συνεκτικά κτλ. Η σε θέσεις χωρίς καθόλου έδαφος.

Πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών:

- Ριζική αντιμετώπιση των μεταδιδόμενων μέσω του εδάφους ασθενειών (πχ Φουζάριο, βερτισίλλιο, νηματώδης, έντομα εδάφους κλπ.).

- Δεν υφίστανται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους.
- Λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας.
- Επιτυγχάνεται η χρήση νερού άρδευσης με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα.
- Μείωση του κόστους θέρμανσης και εξοικονόμηση ενέργειας.
- Πρωίμιση στην παραγωγή αυτό οφείλετε στις υψηλότερες θερμοκρασίες που διαμορφώνονται στο χώρο του ριζοστρώματος.
- Επιτυγχάνεται η σωστή θρέψη των φυτών.
- Περιορισμός των εργασιών προετοιμασίας του εδάφους πχ όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση κλπ. και
- Δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα.

Μειονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών:

- Μεγάλο κόστος εγκατάστασης μίας υδροπονικής μονάδας.
- Εμφάνιση δυσμενών επιδράσεων κάποιου λανθασμένου χειρισμού είναι ποιο γρήγορη και συχνά ποιο έντονη, και
- Ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης, για αυτό απαιτεί μεγάλο βαθμό τεχνικής επιδεξιότητας και καλή γνώση της θρέψης των φυτών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι με εξαίρεση την άρδευση και την υδρολίπανση, τα υπόλοιπα δεδομένα της τεχνικής της καλλιέργειας φυτών για παραγωγή δρεπών ανθέων (τύπος και χαρακτηριστικά θερμοκηπίου, ρύθμιση συνθηκών περιβάλλοντος, κλάδεμα, υποστύλωση, συγκομιδή κλπ.) δεν διαφοροποιούνται σημαντικά είτε πρόκειται για υδροπονική καλλιέργεια είτε για καλλιέργεια στο έδαφος του θερμοκηπίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1.1 Η ιστορία της υδροπονίας

Από το Μεσαίωνα μέχρι το 18^ο αιώνα ήταν κοινή πίστη ότι τα φυτά τρεφόντουσαν μόνο με το νερό και ότι το έδαφος τους προσέφερε μόνο την στήριξη.

Η υδροπονία ξεκίνησε μετά τον 18^ο αιώνα, ως εργαλείο για ακαδημαϊκή έρευνα και πολύ αργότερα (20^ο αιώνα) εξελίχθηκε σε μέθοδο παραγωγής. Στη Γερμανία, κατά την περίοδο του 1860 έως το 1900 η υδροπονική καλλιέργεια αποτελεί ένα γενικά παραδεκτό εργαλείο έρευνας. Η πυκνότητα των διαλυμάτων κυμαινόταν από 0,1-0,6%. Την εποχή 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 μια ερευνητική εργασία για την ποσοτική σύνθεση των στοιχείων του διαλύματος και την φυσιολογική τους επίδραση στο φυτό (συνολική συγκέντρωση 0,6% η 2,5 atm οσμωτική πίεση, με βάση το διάλυμα knops). Το 1919-1920 ο Hoagland βρήκε ότι διαλύματα με οσμωτική πίεση από 0,48 έως 1,45% έδιναν πολύ καλό αποτέλεσμα, αρκεί να ανανεώνονταν συχνά. Κατά την περίοδο αυτή όλες οι πειραματικές εργασίες γίνονταν σε υπόστρωμα άμμου.

Το 1923 από εργασίες των A.L.Bakke και L.W.Erdman αποδείχθηκε 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 την Β. Ευρώπη, όπου γύρω από τις μεγάλες πόλεις αρκετοί καλλιεργητές ξεκίνησαν υδροπονική καλλιέργεια στο θερμοκήπιο. Γρήγορα την εγκατέλειψαν όμως, λόγω διαφόρων τεχνικών προβλημάτων και της υψηλής τιμής των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούσαν.

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

Το 1966 αναπτύχθηκε στην Μ.Βρετανία, από τον Α.Κοοπερ, η τεχνική καλλιέργειας σε φιλμ θρεπτικού διαλλείματος (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 στην 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 Κανάριων Νησιών προωθεί την έρευνα στον τομέα αυτόν.

1.2 Συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών

Πάρα πολλά συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα, σε όλο τον κόσμο. Τα συστήματα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε έξι κατηγορίες:

- Καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα χωρίς αδρανές υπόστρωμα πχ. NFT
- Καλλιέργεια σε άμμο, κροκάλες ή άλλα αδρανή υλικά.
- Καλλιέργεια σε διογκωμένα ορυκτά πχ. περλίτης, πετροβάμβακας.
- Καλλιέργεια σε διογκωμένα συνθετικά οργανικά υλικά πχ. πολυστερίνη, ουριοφορμαλδεΐδη.
- Διάφορες άλλες καλλιεργητικές τεχνικές που δεν σχετίζονται με το φυσικό έδαφος όπως ψεκασμός θρεπτικού διαλύματος στη ρίζα που ονομάζεται και αεροπονία.
- Καλλιέργεια σε οργανικά υποστρώματα (πχ. τύρφη, φλοιοί δένδρων 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 την 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 παράγοντες όπως: κλίμα, κόστος πρώτων υλών, ενέργειας, εργασίας, επίπεδο γνώσεων κλπ.

Οι κατηγορίες που εφαρμόζονται περισσότερο σε επιχειρηματικά θερμοκήπια σήμερα είναι:

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

Άλλα συστήματα που καλλιεργούνται σε μικρότερο βαθμό είναι η καλλιέργεια σε άμμο, καλλιέργεια σε υπόστρωμα από πριονίδι.

1.2.1 Ανοιχτά και κλειστά συστήματα υδροπονίας

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοιχτό, όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος (συνήθως 20-40%) που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον. Κλειστό αντίθετα καλείται ένα υδροπονικό σύστημα όταν το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από τον χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με την βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα υδροπονίας έχουμε δηλαδή ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει.

Ένας τρόπος επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος απορροής είναι η συνεχής τροφοδοσία και επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος όπως π.χ γίνεται στο σύστημα NFT. Ο δεύτερος τρόπος ανακύκλωσης αφορά υδροπονικά συστήματα στα οποία η παροχή θρεπτικού διαλύματος είναι συχνή αλλά διακοπτόμενη και μικρής διάρκειας. Σε αυτού του είδους τα κλειστά υδροπονικά συστήματα τα φυτά συνήθως καλλιεργούνται σε σάκους η φυτοδοχεία γεμισμένα με υποστρώματα τα οποία τοποθετούνται μέσα σε κανάλια. Έτσι το διάλυμα της απορροής συλλέγεται μετά από κάθε πότισμα και αφού επιστρέψει στην κεφαλή του δικτύου με την βοήθεια μιας αντλίας, συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία και επαναχρησιμοποιείται. Οι ποσότητες θρεπτικού διαλύματος που απορρέουν από το περιβάλλον των ριζών και

ξαναχρησιμοποιούνται, είναι τελείως διαφορετικές σε κάθε μια από τις προαναφερόμενες τεχνικές ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος. Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απορρέει από το ριζόστρωμα μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης συμβάλει τόσο στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων όσο και στον περιορισμό μόλυνσης του περιβάλλοντος, με νιτρικά και άλλα λιπάσματα. Πρόκειται για μία κατεξοχήν φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο καλλιέργειας φυτών. Η εφαρμογή ανακύκλωσης όμως εμπεριέχει κινδύνους γρήγορης εξάπλωσης μολύνσεων στην καλλιέργεια όταν το διάλυμα απορροής δεν απολυμαίνεται πριν επαναχρησιμοποιηθεί. Οι κυριότερες μέθοδοι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος είναι η παστερίωση με θέρμανση, η έκθεση του σε υπεριώδη ακτινοβολία και η αργή διήθηση μέσω άμμου. Η χρήση χημικών απολυμαντικών όπως O_3 , H_2O_2 και I_2 περικλείει κινδύνους φυτοτοξικότητας ενώ η διήθηση μέσω μικροφίλτρων παρουσιάζει προβλήματα απόφραξης.

Τα περισσότερα συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών μπορούν να λειτουργούν τόσο ως κλειστά όσο και ως ανοιχτά. Για να λειτουργήσει όμως ως κλειστό ένα υδροπονικό σύστημα θα πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες εγκαταστάσεις, ώστε να είναι δυνατή η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος. Εκτός από τον επιπλέον εξοπλισμό, η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος απαιτεί και διαφορετικούς χειρισμούς όσον αφορά την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικό διάλυμα και γενικά την θρέψη της καλλιέργειας. Το πρόβλημα της συμπλήρωσης του διαλύματος απορροής συνιστάτε στον καθορισμό των απαραίτητων ποσοτήτων νερού και πυκνών διαλυμάτων που πρέπει να προστεθούν σε αυτό ώστε το διάλυμα που θα προκύψει από αυτή την διαδικασία να έχει την επιθυμητή σύνθεση. Όπως είναι γνωστό, ο ρυθμός απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος και στάδιο ανάπτυξης του φυτού (έκταση φυλλικής επιφάνειας), τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ηλιοφάνεια, κλπ.) που επικρατούν σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, κλπ.

Επομένως, ο όγκος θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απομακρύνεται από το ριζόστρωμα μετά την χορήγηση του στα φυτά καθώς και οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται σε αυτό διαφέρουν κάθε φορά. Κατά συνέπεια, οι ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο διάλυμα απορροής δεν είναι σταθερές και για αυτό δεν μπορούν να καθοριστούν εκ των προτέρων. Σε κάθε περίπτωση όμως, για να είναι εφικτή από τεχνική και οικονομική άποψη η ανακύκλωση του διαλύματος απορροής, η συμπλήρωση του με τις

κατάλληλες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων θα πρέπει να γίνεται αυτόματα με τη βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού. Οι στρατηγικές που μπορούν να εφαρμοσθούν για την συμπλήρωση του διαλύματος απορροής με τις αναγκαίες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων εξαρτώνται από τον διατιθέμενο εξοπλισμό και μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής τέσσερις κατηγορίες:

1. Συμπλήρωση με προεπιλεγμένη αναλογία μείξης διαλύματος απορροής-νερού.
2. Συμπλήρωση με αυτόματα ρυθμιζόμενη αναλογία ανάμειξης απορροής-νερού.
3. Συμπλήρωση με αυτόματα μεταβαλλόμενη αναλογία έγχυσης λιπασμάτων.
4. Τρία μέρη κανονικό θρεπτικό διάλυμα κι ένα μέρος από το διάλυμα απορροής.

1.3 Υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα καλό θρεπτικό υπόστρωμα είναι τα εξής:

- Σταθερή δομή ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα.
- Ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας.
- Ομοιομορφία στην σύσταση στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
- Απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων.
- Εύκολη θέρμανση και απολύμανση χωρίς να μεταβάλετε η δομή του.
- Εύκολο στην χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς.
- Σχετικά χαμηλό κόστος.
- Επίσης να είναι χημικά αδρανές η να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και χαμηλό pH κατάλληλο για κάθε φυτό εφόσον είναι χημικά ενεργό.

1.3.1 Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (rockwool)

Ο πετροβάμβακας είναι το πλέον διαδεδομένο διεθνώς υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών. Είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό το οποίο παράγεται με θερμική επεξεργασία ενός μείγματος που αποτελείται κατά 60% από διαβάση, 20% από

ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα. Οι πόροι που σχηματίζονται μεταξύ των ινών στο τελικό προϊόν του πετροβάμβακα καταλαμβάνουν το 96% του όγκου του οπότε προκύπτει ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση. Το υλικό αυτό έχει ειδικό βάρος γύρω στα $60-100\text{kgm}^{-3}$ και μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα. 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 του 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. Για χρήση στην γεωργία συνήθως χρησιμοποιούνται ορθογώνιες πλάκες (για καλλιέργεια των φυτών μετά την μεταφύτευση).

Η καλλιέργεια σε πετροβάμβακα μπορεί να γίνει η με την μέθοδο της μη ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος η με αυτή της ανακύκλωσης.

Το πλεονέκτημα του είναι η μεγάλη συγκράτηση νερού σε όλο τον όγκο του και ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για 2-4 καλλιεργητικές περιόδους. Το μειονέκτημα του είναι ότι δεν αποσυντίθεται και επομένως δεν είναι φιλικό προς το περιβάλλον και επίσης δεν αναμειγνύεται με άλλα υποστρώματα.

Ο πετροβάμβακας 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 και ανάλογα με την 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.

1.3.2 Καλλιέργεια σε τύρφη και σε σάκους τύρφης

Η τύρφη με την 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. Εκτιμάτε ότι υπάρχουν 150 εκατομμύρια εκτάρια τυρφοδών 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 τύρφη χρησιμοποιείται σαν αυτούσιο υπόστρωμα αλλά και σαν μείγμα με άλλα υποστρώματα σε διάφορες αναλογίες. Επίσης υπάρχει μια μέθοδος όπου 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 αξιόλογη επίδραση στην 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 πολύ δύσκολη και απαιτεί μεγάλη προσοχή ιδίως το καλοκαίρι (όταν στεγνώσει η τύρφη δεν απορροφά ομοιόμορφα σε όλη την μάζα της το νερό που πέφτει από τον σταλακτήρα). Δεν εφαρμόζεται ανακύκλωση του διαλύματος με την μέθοδο αυτή.

Υπάρχουν πολλά είδη τύρφης (ξανθιά, σκούρα, και μαύρη τύρφη) που διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα με το είδος του φυτού, τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής παραγωγής τους, τον βαθμό αποδόμησης τους κ.α. Γενικά διακρίνουμε δύο τύπους τύρφης, την ξανθιά και την μαύρη, η πλέον χρησιμοποιούμενη είναι η ξανθή τύρφη.

Η ξανθιά τύρφη έχει ινώδη υφή και θεωρείται καλύτερης ποιότητας από την μαύρη γιατί η δομή της είναι αρκετά σταθερή, με συνέπεια η αποσύνθεση της να λαμβάνει χώρα με αργούς ρυθμούς. Έχει εκτεταμένο πορώδες (90-95% του όγκου

της) με καλή αναλογία μεταξύ μικρών και μεγάλων πόρων και ως εκ τούτου διακρίνεται από μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού αλλά και επαρκή αεροπερατότητα. Έχει ικανοποιητική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, όμως στη φυσική της κατάσταση τα αρνητικά φορτία των κolloειδών είναι κορεσμένα κυρίως με ιόντα υδρογόνου με συνέπεια να είναι φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία και να έχει χαμηλό pH (3,5-4). Γι αυτό, στα συνθετικά μείγματα, στα οποία χρησιμοποιείται ξανθιά τύρφη σε σημαντικές ποσότητες, θα πρέπει απαραίτητα να προστίθεται ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃) για τη ρύθμιση του pH και λιπάσματα για τον εμπλουτισμό τους με θρεπτικά στοιχεία.

Η τύρφη είναι ένα από τα πιο ενδιαφέροντα υποστρώματα διότι συγκεντρώνει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Αυξάνει την ικανότητα συγκράτησης νερού.
- Αυξάνει το πορώδες.
- Έχει καλή ρυθμιστική ικανότητα και ως εκ τούτου διατηρεί στα επιθυμητά επίπεδα το pH και τα διαλυτά άλατα.
- Μειώνει το ειδικό βάρος του εδάφους και διευκολύνει την ανάπτυξη της ρίζας.
- Βελτιώνει την διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στα φυτά και αποδίδει βαθμιαία το άζωτο.

Πέρα από τα πλεονεκτήματα η τύρφη έχει και μειονεκτήματα που είναι τα εξής:

- Αν αποξηραθεί δύσκολα επανέρχεται.
- Υπάρχει δυσκολία στην απολύμανση.
- Σε περίπτωση αποδόμησης της μπορεί να δημιουργήσει ασφυκτικές συνθήκες για τα φυτά.
- Έχει σχετικά υψηλό κόστος.



Εικόνα 2: Ξανθιά τύρφη.

1.3.3 Καλλιέργεια σε περλίτη (perlite)

Ο περλίτης είναι ορυκτό ηφαιστειογενούς προέλευσης που δημιουργήθηκε από την ταχύτατη ψύξη και στερεοποίηση της όξινης λάβας των ηφαιστείων. Το υαλώδες πέτρωμα έχει σύσταση όμοια με αυτή του μαργαρίτη (pearl). Από πλευράς χημικής σύστασης χαρακτηρίζεται ως πυριτικό αλουμίνιο. Περιέχει 2-6 % κρυσταλλικό νερό και έχει την ιδιότητα μόλις θερμανθεί απότομα να μαλακώνει η υαλώδης μάζα του αυξάνοντας τον όγκο του κατά 10-20 φορές. Η ιδιότητα του αυτή χρησιμοποιείται από την βιομηχανία για την δημιουργία ενός κοκκώδους υλικού με πλούσιο πορώδες, το οποίο έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Το νερό συγκρατείται κυρίως στους μικρούς πόρους, ενώ στους μεγαλύτερους που υπάρχουν μεταξύ των κοκκών του περλίτη παραμένει αέρας και μετά την διαβροχή του υλικού. Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσυρο, Κω κλπ. Σήμερα ο ελληνικός περλίτης προέρχεται κυρίως από την Μήλο.

Οι χημικές ιδιότητες του διογκωμένου περλίτη είναι σχεδόν ανύπαρκτες. Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C) είναι 1,5 meq/gr. Το pH του περλίτη είναι 7,5 και η ηλεκτρική του αγωγιμότητα (E.C) περίπου 0,03Ms/cm. Όσον αφορά τις φυσικές ιδιότητες, έχει υψηλό ολικό πορώδες το οποίο δεν αλλάζει σε σχέση με το μέγεθος των κόκκων. Η δυνατότητα συγκράτησης του νερού αυξάνει όσο το μέγεθος των κόκκων μικραίνει.

Στην υδροπονία χρησιμοποιείται ο υδροπονικός περλίτης που αποτελείται από ομοιόμορφους κόκκους 2-3 χιλ. και πωλείται συσκευασμένος σε λευκούς πλαστικούς σάκους υποστρώματος έτοιμους για χρησιμοποίηση ειδικούς για κάθε καλλιέργεια. Μια ποσότητα 2-5 λίτρων περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια των κυριότερων ανθοκομικών φυτών. Το μειονέκτημα του είναι ότι θρυμματίζεται εύκολα επειδή είναι διογκωμένο υλικό.



Εικόνα 3: Ο περλίτης στην εμπορική του μορφή.

1.3.4 Καλλιέργεια σε κόκο (cocosoil)

Είναι οργανικό υλικό που παράγεται από την επεξεργασία των ινών του φλοιού καρύδας και κοκκοφοίνικα. Το ποσοστό λιγνίνης του συγκεκριμένου υποστρώματος είναι 45% με άμεσο αποτέλεσμα να διατηρεί τις φυσικές του ιδιότητες (την πολύ καλή αναλογία νερού/αέρα) για μεγάλο χρονικό διάστημα και την θρέψη των φυτών, στο τελευταίο συμβάλλει κυρίως το γεγονός ότι έχει σχετικά χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων σε σύγκριση με την πραγματική τύρφη. Η περιεκτικότητά του αέρα είναι 30%. Το cocosoil για να είναι καλής ποιότητας πρέπει να έχει πλυθεί με καθαρό νερό μικρής περιεκτικότητας σε άλατα. Η EC του είναι γύρω στο 0,5 ms και το pH του γύρω στο 5,5.

Είναι πολύ καλό υπόστρωμα εκτός εδάφους καλλιεργειών, σπορείων, ριζοβολίας κλπ. Χρησιμοποιείται κυρίως σε πολυετείς καλλιέργειες παραγωγής δρεπτών ανθέων, όπως το τριαντάφυλλο και η ζέρμπερα.



Εικόνα 4 : Cocosoil με μορφή τούβλων.

1.3.5 Καλλιέργεια σε compost υπολειμμάτων καλλιέργειών

Η κομποστοποίηση αποτελεί μία φυσική, βιολογική, αερόβια και θερμοφιλή διεργασία κατά την οποία, υπό ελεγχόμενες συνθήκες πραγματοποιείται μερική αποδόμηση των οργανικών υλικών, τα οποία μετατρέπονται σε ένα στερεό χουμικό προϊόν το κομπόστ (compost).

Το κομπόστ που παράγεται είναι ένα αρκετά σταθερό προϊόν, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βελτιωτικό εδάφους ή και οργανικό λίπασμα, χωρίς οποιεσδήποτε ανεπιθύμητες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης ως συστατικά υποστρωμάτων, συνήθως χωρίς χόμα, για την ανάπτυξη κηπευτικών - ανθοκομικών - και καλωπιστικών φυτών, εκτός εδάφους. Προϋπόθεση για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κομπόστα ως μέσο ανάπτυξης φυτών είναι να μην περιέχει βαρέα μέταλλα όπως κάδμιο, καΐσιο, στρόντιο, χρώμιο, μόλυβδο, υδράργυρο, νικέλιο ή άλλες τοξικές ουσίες όπως αλουμίνιο, υπολείμματα φυτοφαρμάκων, φαινολικές ουσίες με φυτοτοξική δράση, κ.λπ. Η κομποστοποίηση διαρκεί από λίγους μήνες μέχρι και τρία χρόνια. Τα τελευταία χρόνια όλο και πιο συχνά παράγεται κομπόστα από εξειδικευμένες βιομηχανίες οι οποίες την συσκευάζουν σε σάκους και την διαθέτουν στην αγορά τυποποιημένη.

Για να είναι επιτυχής η κομποστοποίηση απαιτείται επαρκής υγρασία (περίπου 50%) και ικανοποιητικός αερισμός, ο οποίος επιτυγχάνεται με συχνή αναστροφή του ζυμούμενου σωρού. Η προσθήκη αζωτούχου λιπάσματος σε όλες τις στρώσεις των υλικών που στοιβάζονται για κομποστοποίηση βελτιώνει τις συνθήκες θρέψης και ανάπτυξης των μικροοργανισμών που την επιτελούν.

Κατά κανόνα, οι κομπόστες χρησιμοποιούνται είτε ως μέσα ανάπτυξης γλαστρικών καλλωπιστικών φυτών είτε ως υποστρώματα σποράς για παραγωγή σποροφύτων ετήσιων λαχανοκομικών και ανθοκομικών φυτών που πολλαπλασιάζονται με σπόρο.



Εικόνα 5: Κόμποστ από κλαδοκάθαρα και φύλλα ελιάς.

1.4 Καλλιέργεια σε NFT

Το σύστημα NFT (Nutrient Film 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, το οποίο αναπτύχθηκε από τον Cooper (1979), είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται.

Μία εγκατάσταση NFT αποτελείται από ένα σύστημα παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών (καναλιών), μέσα στις οποίες κυλάει θρεπτικό διάλυμα με ρυθμό ροής

περίπου 2-3 λίτρων ανά ώρα (Lh -1), από το σύστημα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος στις υδρορροές καθώς και από τις εγκαταστάσεις συλλογής του διαλύματος από τις υδρορροές και ανακυκλώσεις του. Μέσα σε κάθε υδρορροή τοποθετούνται τα φυτά σε καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι υδρορροές συνήθως είναι κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό πολυαιθυλένιο, η από PVC, η από άλλη πλαστική ύλη η ακόμη γαλβανισμένο μέταλλο. Έχουν πλάτος 15-30cm ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. 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 μία κλίση γύρω στο 1,5-2% κατά μήκος.

Το θρεπτικό διάλυμα από την κεντρική εγκατάσταση παρασκευής του μεταφέρεται αρχικά στον χώρο ανάπτυξης των φυτών μέσω σωλήνων κατάλληλης διατομής (Φ50, Φ60) και στην συνέχεια διανέμεται σε μικρότερους σωλήνες οι οποίοι το οδηγούν στην αρχή κάθε υδρορροής. Αφού εισαχθεί στις υδρορροές, χάρη στην κλίση τους το διάλυμα αρχίζει να ρέει μέσα στην κοίτη τους. Κατά την διάρκεια της ροής του το διάλυμα βρέχει τις ρίζες των φυτών και ένα μέρος του απορροφάτε από αυτές. Το υπόλοιπο μέρος του διαλύματος διατρέχει όλη την υδρορροή κατά μήκος και αφού φθάσει στο τέλος της, απορρέει και μέσω ειδικά τοποθετημένων σωλήνων η υδρορροών συλλέγεται και συγκεντρώνεται όλο μαζί σε κάποιο ειδικό δοχείο συγκέντρωσης. Από το δοχείο αυτό το διάλυμα οδηγείτε ξανά στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του διαλύματος, είτε μέσω μιας 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 και ξαναχρησιμοποιείται.

Το κλειδί 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.

1.5 Αεροπονία

Η αεροπονία είναι μια παραλλαγή της υδροπονίας σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την χρήση υποστρώματος. Στις αεροπονικές μεθόδους καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο μέσα σε κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία ριζικό σύστημα, έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ρίζα του φυτού παραμένει συνεχώς υγρή και μπορεί να απορροφά από το διάλυμα που ψεκάζεται πάνω της τόσο νερό όσο και θρεπτικά στοιχεία. Το θρεπτικό διάλυμα που δεν απορροφάται από τις ρίζες των φυτών αλλά αποστραγγίζεται μετά από κάθε ψεκασμό, συνήθως συλλέγεται και ανακυκλώνεται. Η ύπαρξη ανοιχτών αεροπονικών συστημάτων είναι επίσης δυνατή. Στην περίπτωση αυτή όμως είναι αναπόφευκτη η σπατάλη νερού και λιπασμάτων. Η συλλογή του απορρέοντος διαλύματος γίνεται με την βοήθεια υδρορροών, οι οποίες το οδηγούν σε μία κεντρική δεξαμενή συγκέντρωσης. Από εκεί μπορεί να επαναπροωθείται απευθείας στα φυτά αφού πρώτα συμπληρωθεί με νερό και θρεπτικά στοιχεία. Μπορεί επίσης αρχικά να επιστρέφει στην κεντρική μονάδα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος και να συμπληρώνεται εκεί με νερό και θρεπτικά στοιχεία.

Εφόσον εφαρμόζεται ανακύκλωση, η αεροπονία έχει όλα τα μειονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων, δηλαδή αναγκαιότητα συχνών αναλύσεων και εκτεταμένων αναπροσαρμογών στη σύνθεση του μετά από κάθε ανάλυση, συσσώρευση ιόντων Na και Cl σε περίπτωση που το χρησιμοποιούμενο νερό έχει αυξημένη περιεκτικότητα στα δύο αυτά ιόντα, κ.λπ. Όπως και με το σύστημα NFT, η έλλειψη ενός στερεού υποστρώματος αυξάνει σημαντικά το ρίσκο της καταστροφής της καλλιέργειας σε περίπτωση που είτε η αντλία, είτε ο μείκτης των λιπασμάτων είτε κάποια ακροφύσια ψεκασμού παρουσιάσουν βλάβη με συνέπεια να διακοπεί για σημαντικό χρονικό διάστημα ο ψεκασμός των ριζών των φυτών με θρεπτικό διάλυμα. Όπως σε όλα τα κλειστά υδροπονικά συστήματα έτσι και στην αεροπονία είναι αυξημένος ο κίνδυνος εξάπλωσης παθογόνων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε περίπτωση που προσβληθεί έστω και ένα φυτό από κάποιο παθογόνο. Γι αυτό το λόγο, όταν τα φυτά καλλιεργούνται σε αεροπονικό σύστημα στο οποίο εφαρμόζεται ανακύκλωση, είναι σκόπιμη η χρησιμοποίηση κάποιας εγκατάστασης για την απολύμανση του επαναχρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος.

1.6 Υποδοχείς υποστρωμάτων

Οι υποδοχείς υποστρωμάτων που συνήθως χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι οι εξής:

- Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση πλαστικού.
- Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών.
- Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών.
- Κατασκευές υποδοχής του πετροβάμβακα (rockwool).
- Υποδοχείς για κόκο και κόμποστ.

1.6.1 Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growthbags)

Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση πλαστικού: Το βασικό υλικό για την κατασκευή αυτών των υποδοχέων είναι το φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το χρώμα του είναι συνήθως μαύρο ή μαύρο από την μια πλευρά και γαλακτώδες από την άλλη και το πάχος του μεγαλύτερο των 200μ. Το πλάτος του φύλλου είναι ανάλογο με την κατασκευή του καναλιού. Οι αποστάσεις εγκατάστασης των φυτών είναι παραπλήσιες με εκείνες που τηρούνται στις αντίστοιχες καλλιέργειες στο έδαφος.

Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών:

Το πλαστικό πολυαιθυλένιο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των σάκων είναι απαραίτητα μαύρο από την μια πλευρά και γαλακτώδες από την άλλη. Σε αυτή την ομάδα των υποδοχέων διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις: • Σάκοι μικρού αριθμού φυτών: Το πλαστικό είναι διαμορφωμένο σε σωλήνα πλάτους 30 - 40 cm (συμπιεσμένος), με το γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά. Το μήκος του κάθε σάκου είναι γύρω στο 1 έως 1,5 μέτρο για δύο έως τρία φυτά. Σάκοι μεγάλου μήκους οριζόντιας τοποθέτησης: Το μήκος τους μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 μέτρα. Για την διαμόρφωση αυτών των σάκων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου, αντί σωλήνα, πλάτους γύρω στα 70 cm. Η διαμόρφωση του σάκου γίνεται με την συρραφή των δύο κατά μήκος άκρων του φύλλου του πλαστικού, αφού προηγουμένως τοποθετηθεί σε αυτό το επιθυμητό υπόστρωμα.

Οι έτοιμοι σάκοι τοποθετούνται πάνω σε πλάκες από φελιζόλ και τσιμεντόλιθους για την δημιουργία κλίσης 1,5%, προκειμένου να διευκολύνεται η απορροή του αρδευτικού διαλύματος.

Οι παραπάνω υποδοχείς χρησιμοποιούνται στα υποστρώματα κόκο, τύρφη, κόμποστ, περλίτη και σε μείγματα μεταξύ τους.



Εικόνα 6: Πλαστικοί σάκοι growbags.

1.6.2 Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται για την υδροπονική καλλιέργεια ποικίλουν ανάλογα το είδος τους, το υλικό κατασκευής, την χωρητικότητά τους σε υπόστρωμα (διαστάσεις), και το σχήμα τους. Τα συστήματα υποδοχέων που χρησιμοποιούνται είναι :

- Κοινές γλάστρες

Υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία από σχήματα και μεγέθη, το υλικό κατασκευής είναι πλαστικό λόγω του μικρού κόστους του.

- Netpots

Γλάστρες από πλαστικό υλικό το οποίο είναι διάτρητο προσφέροντας καλό αερισμό στο ριζικό σύστημα του φυτού.



Εικόνα 7: Γλαστράκι Net pot.

➤ Cocopots

Γλάστρες από πεπιεσμένο cocosoil, προσφέρουν καλό αερισμό και το υλικό κατασκευής είναι φιλικό προς το περιβάλλον.



Εικόνα 8: Γλαστράκι Coco pots.

➤ Γλάστρες σε σχήμα κώνου

Προσφέρουν καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.

➤ Κουτιά πολυεστέρα (φελιζολ)

Οι υποδοχείς σε ένα σύστημα υδροπονίας τοποθετούνται σε πλαίσια έτσι ώστε να βρίσκονται στο κατάλληλο ύψος. Με αυτόν τον τρόπο οι διάφορες εργασίες για την φροντίδα της καλλιέργειας γίνονται με μεγαλύτερη ευκολία.

1.6.3 Υποδοχείς για NFT (Nutrient Film Technique)

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται για το θρεπτικό διάλυμα του NFT είναι διαφόρων τύπων. Οι σημαντικότεροι τύποι είναι οι εξής:

Κανάλια πλαστικού πολυαιθυλενίου: Το πλαστικό είναι δίχρωμο με το γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά και μαύρο εσωτερικά. Το πλαστικό αυτό κανάλι

συνήθως στηρίζεται πάνω σε κατάλληλη ανοξειδωτή λαμαρινοκατασκευή η ακόμα τοποθετείται επί τσιμεντένιου δαπέδου.

Σταθερού σχήματος κανάλια: Σε αυτή την κατηγορία μπορούν να καταχωρηθούν οι κάθε είδους αγωγοί από σκληρό πλαστικό (PVC, πολυαιθυλένιο) με σταθερό σχήμα που μπορεί να είναι ορθογώνιας η κυκλικής τομής. Τέτοια υλικά είναι οι διάφοροι σωλήνες αποχέτευσης, ορθογώνιες κλειστές υδρορροές, η ανοιχτές υδρορροές κ.α.

1.6.4 Υποδοχείς για αεροπονία

Στις αεροπονικές μεθόδους καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο μέσα σε κενά κιβώτια η φυτοδοχεία ριζικό σύστημα, έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία, και να μπορεί να απορροφά νερό και θρεπτικά στοιχεία από το διάλυμα που ψεκάζεται πάνω της. Είναι σημαντικό ένα διάκενο των υποδοχέων μέσα στο οποίο βρίσκετε το ριζικό σύστημα να επικρατεί σκοτάδι για την αποφυγή ανάπτυξης αλγών.

1.7 Θρεπτικά διαλύματα υδροπονίας

Για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος 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, επίσης δεν υπάρχει ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους στα αδρανή υποστρώματα των υδροπονικών καλλιεργειών. Τέλος οι ιδανικές συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα άρδευσης – λίπανσης των υδροπονικών καλλιεργειών θα πρέπει να μεταβάλλονται ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, με το στάδιο ανάπτυξης και παραγωγής των φυτών, με την εποχή, και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία, ατμοσφαιρική υγρασία), που σημαίνει ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια τα σχετικά πειραματικά δεδομένα άλλων χωρών.

1.7.1 Ανόργανα και απαραίτητα στοιχεία

Κριτήρια για την αναγκαιότητα ενός ανόργανου στοιχείου στη ανάπτυξη των φυτών είναι:

- Το φυτό δεν μπορεί να συμπληρώσει τον βιολογικό του κύκλο με την έλλειψη του στοιχείου.
- Η επίδραση του στοιχείου δεν μπορεί να υποκατασταθεί από κάποιο άλλο στοιχείο.
- Το στοιχείο πρέπει να σχετίζεται άμεσα με το μεταβολισμό του φυτού, π.χ. αποτελεί δομικό στοιχείο ενός ενζύμου η απαιτείται η παρουσία του για μια ενζυματική αντίδραση.

Στην υδροπονία χρησιμοποιούμε πλήρη θρεπτικά διαλύματα δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία εκτός από τον άνθρακα τον οποίο η καλλιέργεια τον προσλαμβάνει από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής. Το χλώριο εμπεριέχεται σχεδόν πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος καθώς επίσης και τις προσμείξεις των λιπασμάτων. Επομένως μόνο τα 12 από τα 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. Τα περισσότερα ιχνοστοιχεία δρουν ως συστατικά του μορίου των ενζύμων και χρειάζονται επομένως σε πολύ μικρές ποσότητες. Αντίθετα, τα μακροστοιχεία αποτελούν συστατικά οργανικών ενώσεων, όπως πρωτεΐνες νουκλειικά οξέα κλπ. η δρουν ρυθμίζοντας τα οσμωτικά φαινόμενα. Όλα σχεδόν τα προαναφερθέντα θρεπτικά στοιχεία προστίθενται στο διάλυμα υπό μορφή ανόργανων αλάτων ή οξέων. Επομένως στο διάλυμα τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται υπό μορφή ανόργανων ιόντων.

Η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να προσαρμόζεται στο είδος του καλλιεργούμενου φυτού, στο στάδιο ανάπτυξης του και στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εποχή που χρησιμοποιείται. Η συνολική συγκέντρωση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να έχει καθορισμένη τιμή, η οποία διαφέρει ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού, το στάδιο ανάπτυξης του και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν την εποχή εκείνη. Το pH του θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να κυμαίνεται εντός δεδομένων ορίων.

1.7.2 Παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων

Τα διαλύματα που παρασκευάζονται σε μεγάλα δοχεία των 100-1000 λίτρων σε πολλαπλές συγκεντρώσεις (συνήθως 100πλάσιες ή 200πλάσιες) από αυτές που πρέπει να υφίστανται στο διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά. Αυτά τα διαλύματα λέγονται μητρικά ή πυκνά διαλύματα. Το διάλυμα που φτάνει στα φυτά και λέγεται αραιό διάλυμα προκύπτει από την αραιώση των πυκνών αυτών διαλυμάτων με νερό.

Οι ποσότητες λιπασμάτων που πρέπει να προστεθούν στο νερό για την παρασκευή ορισμένου όγκου πυκνών διαλλειμάτων αποτελούν τη λεγόμενη στην υδροπονική πράξη «**συνταγή παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος**». Στο πρώτο δοχείο πυκνού διαλύματος (βαρέλι Α) προστίθεται οπωσδήποτε το νιτρικό ασβέστιο και συνήθως ακόμη το νιτρικό αμμώνιο, ένα μέρος του νιτρικού καλίου και ο σίδηρος. Στο δεύτερο δοχείο (βαρέλι Β) προστίθεται οπωσδήποτε το θειικό κάλιο, το θειικό μαγνήσιο, το φωσφορικό μοναμώνιο, 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 δοχεία.

Σήμερα κυκλοφορούν στο εμπόριο συστήματα υδροπονίας με περισσότερα δοχεία μητρικών διαλυμάτων για την δημιουργία ταυτόχρονα διαφορετικών θρεπτικών διαλυμάτων. Αν υπάρχει ειδικό δοχείο για το οξύ, το σύστημα μείξης των πυκνών διαλυμάτων διοχετεύει την απαιτούμενη κάθε φορά ποσότητα οξέως στο αραιό διάλυμα, είτε αυτόματα είτε μετά από ρύθμιση, ώστε το pH να συγκρατείται μεταξύ 5,5 και 6. Σπάνια και μόνο σε συστήματα με επανακυκλοφορία του διαλύματος μπορεί να είναι απαραίτητο και ένα τέταρτο βαρέλι με KOH για την ανύψωση του pH οπότε παριστάτε ανάγκη. Η διαλυτότητα των αλάτων που χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα ιχνοστοιχείων είναι πάντοτε πολύ μεγαλύτερη από τις συγκεντρώσεις που επιδιώκονται στο αραιό διάλυμα. Γι αυτό στην πράξη συνήθως παρασκευάζεται ένα υπέρπυκνο διάλυμα με όλα τα ιχνοστοιχεία εκτός του σιδήρου.

1.7.3 Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θρεπτικού διαλύματος

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity = EC) σαν φυσικό μέγεθος είναι το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, έχει δηλαδή

διαστάσεις ηλεκτρικής αντίστασης ανά μονάδα μήκους. Σήμερα σαν μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το dS m^{-1} . Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε μία συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό.

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 4 dS/m . Έτσι στην περίπτωση των νερών άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων είναι μέτρο της περιεκτικότητας τους σε θρεπτικά στοιχεία και άλλα ανόργανα άλατα.

Στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα που διαθέτουν αυτόματο σύστημα ελέγχου η αυξομείωση την ηλεκτρικής αγωγιμότητας γίνεται με την 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 την συμπλήρωση ποσότητας θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα, ενώ όταν μετρηθεί μεγαλύτερη τιμή, τότε απορρίπτετε ποσότητα του διαλύματος και συμπληρώνεται με νερό.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν μας δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα αλλά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση. Παρόλα αυτά όμως στην υδροπονική πράξη η αγωγιμότητα χρησιμοποιείται τόσο για τον καθημερινό έλεγχο της κατάστασης του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο του ριζικού συστήματος, όσο και την πιστοποίηση της καταλληλότητας των νεοπαρασκευασθέντων διαλυμάτων, λόγω της ευκολίας με την οποία προσδιορίζεται.

1.7.4 Το pH του θρεπτικού διαλύματος

Το pH του θρεπτικού διαλύματος (μέτρο της περιεκτικότητας του σε ιόντα υδρογόνου, δηλαδή της ενεργού οξύτητας του) είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητα του. Όταν το pH είναι ψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ως ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως P, Fe, Mn σε υψηλό pH), οπότε η απορρόφηση τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ άλλα απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς (π.χ. το Mn και το αργίλιο σε χαμηλό pH). Το

αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται διαταραχές στην θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες κ.λ.π.).

Κατά κανόνα, το pH του θρεπτικού διαλύματος τείνει να αυξάνει διότι ο ρυθμός απορρόφησης από τα φυτά των ανιόντων (κυρίως NO_3) είναι ελαφρά μεγαλύτερος από αυτόν των κατιόντων (η σύγκριση γίνεται σε meq) γι' αυτό και απαιτείτε ρύθμιση του με χρήση οξέως (για μείωση του) ή μιας βάσης (για αύξηση του). Τα οξέα που χρησιμοποιούνται για την 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 την διόρθωση διαλύεται 1:10 ή 1:20 (χωρίς να έχει σημασία η ακρίβεια της αραιώσης), πριν από την προσθήκη στο διάλυμα. Η προσθήκη του οξέως, εκτός από την 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 μέρος του αζώτου σε αμμωνιακή μορφή (σε διάφορες αναλογίες NH_4/NH_3) συμβάλει στον καλύτερο έλεγχο του pH του θρεπτικού διαλύματος, σε βάρος όμως της παραγωγής, ποσοτικά και ποιοτικά, λόγω της δυσμενούς επίδρασης του NH_4 .

Για τα περισσότερα είδη καλλωπιστικών φυτών το pH του θρεπτικού διαλύματος στον χώρο των ριζών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,2 και 6,0.

1.7.5 Το νερό και η ποιότητα του

Σημαντικό στοιχείο για την υψηλή παραγωγή στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η καλή ποιότητα του χρησιμοποιούμενου νερού. Η υψηλή συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου στο νερό επιδρά σημαντικά στην μείωση της παραγωγής η την καθιστά αδύνατη. Υψηλή συγκέντρωση μαγγανίου, ψευδαργύρου η βορίου, έχει αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του νερού, ενώ τα καλύτερα αποτελέσματα δίνει το βρόχινο η αφαλατωμένο νερό.

Γενικά, όσο καλύτερης ποιότητας είναι το νερό που χρησιμοποιούμε, τόσο μεγαλύτερη παραγωγή μπορούμε να αναμένουμε. Νερό κατάλληλο για άρδευση στον αγρό δεν είναι απαραίτητα κατάλληλο στην υδροπονική καλλιέργεια (όταν αποσκοπούμε σε υψηλότερες αποδόσεις).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) 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 E.C. αφορά το νάτριο και το χλώριο. Αν η συγκέντρωση των ιόντων στο νερό έχει κάπα 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 ΙΙ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΖΕΡΜΠΕΡΑΣ

2.1 Η ζέρμπερα και η καταγωγή της

Ονομάστηκε ζέρμπερα προς τιμήν του Γερμανού φυσιολόγου Trug Gerber. Η ζέρμπερα (*Gerbera jamesonii*) της οικογένειας *Astraceae* 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 Τράνσβααλ της Νότιας Αφρικής και πριν από 50 χρόνια ήταν σχεδόν άγνωστο σαν καλλωπιστικό. Με διασταυρώσεις αυτοφυών ειδών της περιοχής καταγωγής του, επέτυχαν το υβρίδιο που είναι γνωστό σήμερα με τα παραπάνω ονόματα.

Είναι φυτό πολυετές, ποώδες που δεν σχηματίζει βλαστό και τα φύλλα βγαίνουν από το ρίζωμα σε ροδάκια με μικρό η καθόλου μίσχο. Ανήκει στην οικογένεια των συνθέτων και τα άνθη της είναι μεγάλες μαργαρίτες στο άκρο ισχυρών βλαστών χωρίς φύλλα. Κέρδισε το καταναλωτικό λόγω της μεγάλης ποικιλίας χρωμάτων των ανθέων και της μεγάλης αντοχής που επιδεικνύουν τα άνθη της στην παραμονή στο ανθοδοχείο. Πλέον η ζέρμπερα είναι κυρίαρχο φυτό στις ανθοσυνθέσεις. Η χώρα με την υψηλότερη παραγωγή ζέρμπερας σε όλο τον κόσμο είναι η Ολλανδία. Στην Ελλάδα η καλλιέργεια ζέρμπερας είναι πολύ μικρή.

Είναι γνωστή και με το όνομα «αφρικάνικη μαργαρίτα» γεγονός που υποδηλώνει και τη καταγωγή της. Καλλιεργείται κυρίως για δρεπτά άνθη και λιγότερο σαν γλαστρικό φυτό. Τα τελευταία χρόνια η ζέρμπερα αποκτά συνεχώς έδαφος στις προτιμήσεις των καταναλωτών λόγω των μεγάλων, εντυπωσιακών και σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων ανθέων της κατάλληλων για λουλούδι ανθοδοχείου καθώς και στις ανθικές συνθέσεις. Έτσι σήμερα καταλαμβάνει την 5^η θέση στην Ολλανδία μετά από την τριανταφυλλιά χρυσάνθεμο, γαριφαλιά και την τουλίπα, στην Ελλάδα μετά από τη γαριφαλιά, 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 συνετέλεσαν στη διάδοση της καλλιέργειας της ζέρμπερας συνοψίζονται στη

δημιουργία βελτιωμένων ποικιλιών με εντυπωσιακά άνθη, στην εφαρμογή της ιστοκαλλιέργειας για μαζικό πολλαπλασιασμό υγιών φυτών, στην αντιμετώπιση του μύκητα *Phytophthora* sp., στα λίγα εργατικά για τη παραγωγή της, στη μηχανοποίηση της καλλιέργειας με την εφαρμογή της υδροπονίας και στη μεγάλη διαθεσιμότητά της στο βάζο του καταναλωτή. Παράλληλα αφήνει περιθώρια μεγάλου επιχειρηματικού κέρδους στον παραγωγό ιδιαίτερα αν καλλιεργηθεί σωστά.

2.2 Τεχνική καλλιέργειας της Ζέρμπερας

Αν και είναι ουδέτερο φωτοπεριδικά φυτό είναι θερμοφίλο 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. Η ζέρμπερα αναπτύσσεται κανονικά σε θερμοκρασία 13-23 βαθμούς ενώ στους 7-13 βαθμούς παράγει λίγα άνθη και σε μικρότερους ακόμα πέφτει σε λήθαργο. Εάν η θερμοκρασία του καλοκαιριού είναι πολύ υψηλή θα πρέπει να σκιάζεται το θερμοκήπιο και να αερίζεται καλά. Η υγρασία πρέπει να διατηρείται στο 70-80% ενώ κατά την άνθηση γύρω στο 60-70% για την μείωση των προσβολών του βοτρυτή.

Η ζέρμπερα θέλει ελαφρό πηλοαμμώδες έδαφος πλούσιο σε οργανική ουσία και πολύ μικρή περιεκτικότητα σε ασβέστιο βαθύ και στραγγερό. Άριστο pH εδάφους είναι το 5,5 – 6,5. Σε pH μεγαλύτερο του 7,5 εμφανίζει τροφοπενία σιδήρου.

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

Ο σπόρος η ποιο σωστά οι καρποί της ζέρμπερας είναι μακρουλοί και μυτεροί στο άκρο, με θύσανο τριχών και με μήκος 1cm περίπου. Ο σπόρος πρέπει να σπείρετε όσο γίνεται γρηγορότερα μετά την συλλογή του, γιατί χάνει την βλαστική του ικανότητα. Τρεις μήνες μετά την συλλογή μόνο οι μισοί σπόροι φυτρώνουν και 6 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 στην γονιμοποίηση των ανθών. Η παρουσία μιας κυψέλης ευνοεί σημαντικά την παραγωγή σπόρου. Πριν από την έναρξη της ανθοφορίας θα πρέπει να απομακρυνθούν από την φυτεία όλα εκείνα τα φυτά ζέρμπερας που δεν παρουσιάζουν επιθήματα

χαρακτηριστικά, αντοχή στις ασθένειες κ.τ.λ. Η ωρίμανση του σπόρου μετά την γονιμοποίηση απαιτεί διάστημα 4-8 εβδομάδων. Η σπορά γίνεται συνήθως Ιανουάριο, για να δώσει φυτά που θα ανθήσουν μετά από ένα χρόνο περίπου, σε γλάστρες ή σε κιβώτια με καλή αποστράγγιση και με εδαφικό μίγμα από ένα μέρος άμμου και 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 μέρες, και το εδαφικό υλικό πρέπει να διατηρείτε υγρό αλλά όχι υπερβολικά, για αυτό το πότισμα γίνεται με πολύ προσοχή με λεπτό ποτιστήρι ή με βύθισμα των γλαστρών και των κιβωτίων μέχρι τη μέση στο νερό για να γίνει η απορρόφηση του νερού από το κάτω μέρος. Ένα μήνα περίπου μετά το φύτευμα τα μικρά φυτά μεταφυτεύονται σε γλαστράκια με διάμετρο 5-6 cm ή σε κιβώτια σε αποστάσεις 5x5 cm με εδαφικό μείγμα από άμμο, φυτόχωμα, χωνεμένη κοπριά κ.τ.λ. στο οποίο πρέπει να προστεθούν ανάλογες ποσότητες λιπασμάτων. Μετά από 2-3 μήνες τα φυτά μεταφυτεύονται σε μεγαλύτερα γλαστράκια διαμέτρου 9-11 cm οπότε 1-2 μήνες 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 διατηρείτε θερμοκρασία 10-13°C, η άνθηση της ζέριμπερας θα γίνει σε ένα χρόνο περίπου. Ενώ αν οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές θα γίνει σε 15-16 μήνες.

Επειδή όπως προαναφέρθηκε ήδη, οι σπόροι της ζέριμπερας χάνουν γρήγορα την βλαστική τους ικανότητα, υπάρχουν δε ποικιλίες που δεν αναπαράγουν πιστά τα χαρακτηριστικά τους με σπόρο ή ακόμη ποικιλίες που δεν κάνουν σπόρο, ευκολότερος τρόπος πολλαπλασιασμού είναι με παραφυάδες. Αυτό γίνεται με χώρισμα του μητρικού φυτού που αποτελείται από πολλές παραφυάδες. Το μητρικό φυτό θα πρέπει να είναι καλά ανεπτυγμένο, αλλά όταν τα φυτά είναι ζωηρά και μεγαλώνουν γρήγορα, το χώρισμα πρέπει να γίνεται κάθε χρόνο γιατί διαφορετικά χειροτερεύει η ποιότητα των ανθέων. Δηλαδή θα πρέπει να γίνεται αραίωμα των φυτών όχι μόνο με σκοπό τον πολλαπλασιασμό.

Κατά τον πολλαπλασιασμό με διαίρεση τα μητρικά φυτά ηλικίας 0,5-1 έτους εκριζώνονται και αφαιρούνται τα μεγάλα και γηρασμένα φύλλα και χωρίζεται το ρίζωμα (ή τούφα) σε τεμάχια που περιέχουν 1-2 μικρά φύλλα και μέρος της κεφαλής

του ριζώματος ενώ οι παλιές σαρκώδεις ρίζες αφαιρούνται ή συντέμνονται στα 2 εκ.. Κατόπιν τοποθετούνται στην υδρονέφωση με την προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας 3-IBA 500-1000 ppm και ριζώνουν σε ένα μήνα περίπου δίνοντας νέα φυτά. Κάθε μητρικό φυτό δίδει έτσι αναλόγως ηλικίας 10-15 νέα φυτά.

Η ζέρμπερα δεν χρειάζεται υποστύλωση η κορφολόγημα όπως τα περισσότερα ανθοκομικά φυτά. Βασικό όμως είναι να αφαιρούνται τα άνθη όταν ακόμη είναι πολύ μικρά 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, γηρασμένα, κιτρινισμένα η 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 Κ.Γ.Ε.Β.Ε. και στο ΤΕΙ Ηρακλείου έχουν δώσει το ίδιο καλά αποτελέσματα και με υποστρώματα όπως ο περλίτης και η ελαφρόπετρα αυτούσια η με την προσθήκη 20-70% τύρφης η cocosoil. Με την υδροκαλλιέργεια η παραγωγή είναι αυξημένη κατά 20-40%, η ποιότητα βελτιωμένη, αποφεύγονται οι τροφопενίες, 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 15-25% του εφαρμοζόμενου διαλύματος.

Το στάδιο 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 ανοιχτό γιατί αν κοπεί νωρίτερα κλείνει την νύχτα και δεν ξανά ανοίγει λόγω του χαμηλού ποσοστού διαλυτών ουσιών (σακχάρων) στα πέταλα και επομένως μικρής οσμωτικής πίεσης που δεν διευκολύνει την απορρόφηση 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 μία κίνηση προς τα κάτω 90° πιάνοντας το στέλεχος από την βάση. Ένα κριτήριο ωριμότητας των ανθέων είναι οι ανθήρες. Όταν στους 2-3 πρώτους δακτύλους του δίσκου οι ανθήρες είναι ορατοί τότε μπορεί να κοπεί το άνθος. Τα άνθη της ζέρμπερας διατηρούνται στο ψυγείο μέσα σε κουβάδες με το νερό στους 4°C μέχρι μία εβδομάδα. Κατά την πρόψυξη ή την ξηρή αποθήκευση που γίνεται στους 1 °C οι ζέρμπερες μπαίνουν στο ψυγείο μέσα στα χαρτοκιβώτια που καλό είναι να έχουν οπές για την 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.

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 νερού κατά την διάρκεια διατήρησης στο βάζο. Παρατηρείται συνήθως σε άνθη που συγκομίζονται πρόωρα.

Θραύση του στελέχους: Οφείλεται στα ακανόνιστα ποτίσματα.

2.3.2 Θρεπτικές ανωμαλίες

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

Έλλειψη NO₃: Μικροφυλλία, κιτρίνισμα των φύλλων.

Περίσσεια NO₃: Χαμηλή παραγωγή, πάρα πολλά φύλλα.

Έλλειψη φωσφόρου: Χρώμα φύλλων βιολετί/πορφυρό.

Περίσσεια φωσφόρου: Έλλειψη μικροστοιχείων λόγω ανταγωνισμού.

Έλλειψη καλίου: Ξηράνσεις περιφερικές παλιών φύλλων, κοντά στελέχη, κακής ποιότητας άνθη.

Έλλειψη μαγνησίου: Κιτρίνισμα παλιών φύλλων (εξωτερικά) και νεκρωτικές κηλίδες στα νεαρά φύλλα.

Έλλειψη σιδήρου: Μεσονευρίς χλώρωση στα νεαρά φύλλα.

Έλλειψη μαγγανίου: Κιτρίνισμα των νεύρων των παλιών φύλλων αλλά και εμφάνιση κίτρινων κηλίδων ανάμεσα στα νεύρα.

Έλλειψη γαλκού: Μικροφυλλία και εμφάνιση φύλλων υπό μορφή κουταλιού.

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

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 την φωτοσυνθετική επιφάνεια.

Αφίδες (*Myzus persicae*). Εμφανίζονται εποχιακά και καταπολεμούνται εύκολα με κατάλληλα εντομοκτόνα χαμηλής τοξικότητας.

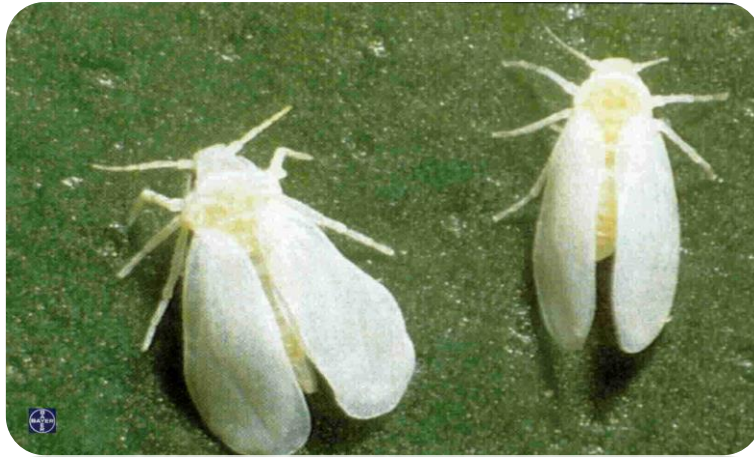
Θρίπες (*Thrips tabaci, Frangiliniella occidentalis*). Προκαλεί νύγματα και λευκές η μαύρες κηλίδες στα πέταλα των έγχρωμων ποικιλιών με αποτέλεσμα την υποβάθμιση τους. Ψεκασμοί με επιτρεπόμενα εντομοκτόνα και ολοκληρωμένη καταπολέμηση με το αρπακτικό *Amblyseius* και το *Orius*. Η τοποθέτηση μπλε παγίδων (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 τον μύκητα *Phytophthora* και μπορεί να προκαλέσει 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 συνιστάτε απολύμανση του εδάφους, χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού, ριζοπότισμα, με μυκητοκτόνα κτλ.

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 (ωιδιοκτόνα).

Μύκητες εδάφους. Οι κυριότεροι μύκητες εδάφους για τη ζέρμπερα είναι η *Phytophthora cryptogea*, το *Fusarium oxysporum*, και το *Verticillium*. Προκαλούν τις γνωστές σηψηρριζίες της ζέρμπερας. Προσβάλουν το ριζικό σύστημα του φυτού προκαλώντας την σήψη του. Η πιο επικίνδυνη ακόμα και για τις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η φυτόφθορα.



Εικόνα 1: *Trialeurodes vaporariorum* (αλευρώδης).



Εικόνα 2: *Tetranychus telarius* (τετράνυχος).



Εικόνα 3: *Myzus persicae* (αφίδες).



Εικόνα 4: *Lyriomyza trifolli* (Φυλλορύκτης).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΕΚΤΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΖΕΡΜΠΕΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΡΕΠΤΩΝ ΑΝΘΕΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Το υπόστρωμα καλλιέργειας των φυτών αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την καλή ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή καλής ποιότητας λουλουδιών. Επίσης σημαντικό ρόλο έχουν η άρδευση και η λίπανση.

Έχουν γίνει πολλαπλές πειραματικές εργασίες σχετικά είτε για την αξιολόγηση διάφορων υποστρωμάτων είτε υποδοχέων είτε των συστημάτων η και των εφαρμογών θρεπτικών διαλυμάτων με σκοπό να βρεθεί το άριστο για κάθε καλλιέργεια. Στο Κέντρο Γεωργικής Έρευνας Μακεδονίας – Θράκης καλλιεργήθηκε ζέρμπερα σε υδροπονικό σύστημα, χρησιμοποιώντας υποστρώματα όπως ο περλίτης, ο ζεόλιθος, η άμμος, και ο πετροβάμβακας, παρατηρήθηκε αύξηση της παραγωγής σε σχέση με την συμβατική καλλιέργεια μέχρι και 40% (Μαλούπα κ.α., 1991). Αργότερα σε πείραμα που έγινε με μείγματα ελαφρόπετρας (Νισύρου), ξανθιάς τύρφης, περλίτη, και πετροβάμβακα βρέθηκε πως τα εν λόγω υποστρώματα δεν έχουν σημαντικές διαφορές στην παραγωγή ζέρμπερας και πως η ελαφρόπετρα Νισύρου μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί στην υδροπονία (Μανιός κ.α., 1995). Το 1996 έγινε πείραμα για την αξιολόγηση των φυτών της ζέρμπερας όσο αφορά την εξατμισοδιαπνοή, τα φυτά καλλιεργήθηκαν σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, σε σάκους από ελαφρόπετρα, τύρφη, και τύρφη με περλίτη. Παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ανταλλαγή αερίων και καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την ανάπτυξη και την απόδοση έδωσε η τύρφη με τον περλίτη. (Μαλούπα κ.α., 1996).

Το 2012 καλλιεργήθηκε ζέρμπερα σε υδροπονικό σύστημα, όπου χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα τύρφη, περλίτη και άμμο καθώς και διάφορα ποσοστά από την ζύμωση φλοιού από ρύζι, άχυρο καλαμποκιού στάχυ, και κοπριά πουλερικών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο τύπος σε αναλογία 3:2:1:1 με φλοιό από ρύζι, στάχυ, τύρφη και άμμο όσο αφορά την ανάπτυξη των φυτών, την συγκομιδή και την ποιότητα της κοπής των λουλουδιών ήταν τα καλύτερα (Meng,H., Xie,Z., Cheng, Z., Su,L.,2012).

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται αξιολόγηση διαφόρων υποστρωμάτων εκτός εδάφους καλλιέργειας τριών ποικιλιών ζέρμπερας στο ύψος και την ποιότητα της ανοιξιάτικης παραγωγής ανθέων. (Απρίλιος- Ιούνιος 2009) στο γυάλινο θερμοκήπιο Ανθοκομίας της ΣΤΕΓ του ΤΕΙ Κρήτης.

3.2 Υλικά και Μέθοδοι

Στο γυάλινο θερμοκήπιο Ανθοκομίας του Αγροκτήματος αξιολογήθηκε η εκτός εδάφους καλλιέργεια ζέρμπερας σε διάφορα υποστρώματα σε δύο χωριστά πειράματα.

Στο πρώτο πείραμα μελετήθηκε η εκτός εδάφους καλλιέργεια δύο ποικιλιών ζέρμπερας σε υπερυψωμένο κλειστό υδροπονικό σύστημα. Παρασκευάστηκαν δύο υποστρώματα από τα οργανικά υλικά α) 50% cocosoil, 25% compost, 25% perlite και β) 50% ξανθιά τύρφη, 25% compost, 25% περλίτη. Τα φυτά φυτεύτηκαν σε γλάστρες, ένα φυτό ανά γλάστρα 5lt. Κάθε υπόστρωμα επαναλήφθηκε 4 φορές και κάθε επανάληψη αποτελείτο από επτά φυτά. Οι γλάστρες τοποθετήθηκαν σε υπερυψωμένο σύστημα κλειστού υδροπονικού κυκλώματος.

Στο δεύτερο πείραμα αξιολογήθηκε επίσης η εκτός εδάφους καλλιέργεια μίας ποικιλίας ζέρμπερας σε υπερυψωμένο κλειστό υδροπονικό σύστημα, στα υποστρώματα α) πετροβάμβακα (rockwool), β) κόκο (cocosoil), γ) και δ) compost από φύλλα ελιάς και κλάδων που προέρχονταν από φύλλα ελιάς και κλαδοκάθαρα καλλωπιστικών φυτών από τον δήμο Ηρακλείου Κρήτης σε δύο αναλογίες (25 και 50% αντιστοίχως στη γ και δ επέμβαση) με ανάμειξη 25% περλίτη και το υπόλοιπο cocosoil.

Στα πειράματα χρησιμοποιήθηκε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύνθεσης για την καλλιέργεια της ζέρμπερας. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο γυάλινο θερμοκήπιο του εργαστηρίου ανθοκομίας του ΤΕΙ Κρήτης. Δύο φορές την εβδομάδα γινόταν συγκομιδή στο κατάλληλο στάδιο της ζέρμπερας, οι μετρήσεις του πειράματος διήρκησαν 3 μήνες ενώ κατά την διάρκεια του αξιολογήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι μετρήσεων και για την αξιολόγηση των υποστρωμάτων και των ποικιλιών μετρήθηκαν ο αριθμός των ανθέων, το μήκος και το βάρος των ανθικών στελεχών καθώς επίσης η διάμετρος της ανθοκεφαλής και της βάσης του ανθικού στελέχους. Στα αποτελέσματα έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας και οι διαφορές των μέσων όρων των επεμβάσεων αξιολογήθηκαν με την δοκιμή Duncan. Η υδρολίπανση γινόταν αυτόματα με πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή ενώ κατά

διαστήματα γινόταν αποφύλλωση των μη υγείων και παλιών φύλλων, έλεγχος και καταπολέμηση των εχθρών και ασθενειών. Η υγρασία κυμαινόταν κατά την διάρκεια του πειράματος από 50-90% και η θερμοκρασία από 20-35 °C.

Λοιπά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα 1 και πείραμα 2:

1. Πλαστικός σωλήνας Φ16
2. 72 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 σήτας
8. Υλικά συνδεσμολογίας
9. Πλαστικό δοχείο 500lt
10. Πλαστικό δοχείο 100lt
11. Πλαστικοί σάκοι υποστρώματος μήκους 1μ.
12. Πλαστικές γλάστρες υποστρώματος 5λ.
13. Μεταλλικοί πάγκοι διαστάσεων 4x0,35x1m
14. Πλαστικό φύλλο άσπρο/μαύρο
15. Συσκευή μέτρησης pH (CrisonmicropH 2001)
16. Συσκευή μέτρησης EC (Hanna HI8820N)
17. Αγωγός αποχέτευσης Φ100 τύπου PVC

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 δοχείο των 100lt τοποθετήθηκε μία υποβρύχια αντλία η οποία τροφοδοτούσε το πρώτο πείραμα ελεγχόμενη από τον χρονοδιακόπτη που αναφέρεται παραπάνω. Από το ίδιο δοχείο τροφοδοτούνταν και οι επεμβάσεις των υποστρωμάτων του πρώτου πειράματος μέσω μίας αντλίας STAR 35 PF.

Στο χώρο δεν υπήρχε δίκτυο θέρμανσης, κάτι όμως που δεν επηρέασε το πείραμα λόγω της εποχής. Ο χώρος του πειράματος ήταν εξοπλισμένος με σύστημα υδρονέφωσης και κουρτίνες σκίασης. Η άρδευση των φυτών γινόταν ανά τακτά διαστήματα μέσα στην ημέρα για δύο με τρία λεπτά, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τις ανάγκες των φυτών. Κατά την κατασκευή του αρδευτικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε αγωγός διατομής Φ16 και τα εξαρτήματα συνδεσμολογίας αυτού ήταν τύπου φιν.

Στις επεμβάσεις των υποστρωμάτων του πειράματος 1 και 2 τοποθετήθηκαν σταλάκτες παροχής 2lt/h, ένας για κάθε φυτό. Οι σταλάκτες ήταν τύπου online και η παροχή του θρεπτικού διαλύματος στο φυτό έγινε με αγωγό Φ6.

Το θρεπτικό διάλυμα παρασκευαζόταν σε δεξαμενή χωρητικότητας 500lt, από την οποία με φυσική ροή συμπληρώνονταν η δεξαμενή των 100lt. Στην δεξαμενή των 100lt το νέο θρεπτικό διάλυμα αναμειγνυόταν 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.

Πίνακας 1: Συνταγή θρεπτικού διαλύματος για 1000 λίτρα νερού:

Λιπάσμα	Χημικός τύπος	Ποσότητα σε gr	Θρεπτικά στοιχεία
Νιτρικό ασβέστιο	$(Ca(NO_3)_2)$	320	N=15, Ca=19
Νιτρικό κάλι	KNO_3	400	N=13, K=38
Νιτρική αμμωνία	NH_4NO_3	200	N=35
Θεικό μαγνήσιο	$MgSO_4$	120	Mg=9.7, S=13
Χηλικός σίδηρος	Fe- EDTHA	30	Fe=6
Βόρακας	Na_3BO_4	5	B=11
Μείγμα ιχνοστοιχείων		10	P=32
Φωσφορικό οξύ	H_3PO_4	150ml	P=32

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

3.3 Αποτελέσματα-συζήτηση

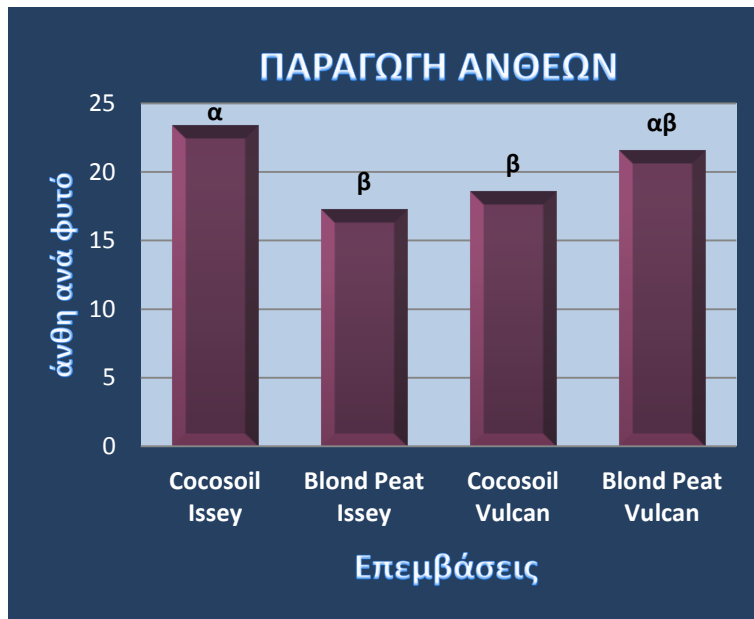
Πείραμα 1^ο Επίδραση των υποστρωμάτων κόκκου και ξανθιάς τύρφης στην εκτός εδάφους καλλιέργεια ζέρμπερας για δρεπτό άνθος των ποικιλιών Issey και Vulcan

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του πειράματος μετά την στατιστική ανάλυση και τον έλεγχο σημαντικότητας των διαφορών με την δοκιμή Duncan.

Επεμβάσεις	Παραγωγή	Μήκος	Διάμετρος Κεφαλής	Διάμετρος βάσης	Βάρος
Cocosoil Issey	23,38 α	44,1 αβ	6,28 α	0,44 α	10,48 β
Blond Peat Issey	17,31 β	42,85 β	6,88 α	0,46 α	10,89 β
Cocosoil Vulcan	18,61 β	46 α	7,13 α	0,46 α	13,16 α
Blond Peat Vulcan	21,56 αβ	45,99 α	6,49 α	0,43 α	12,213 α

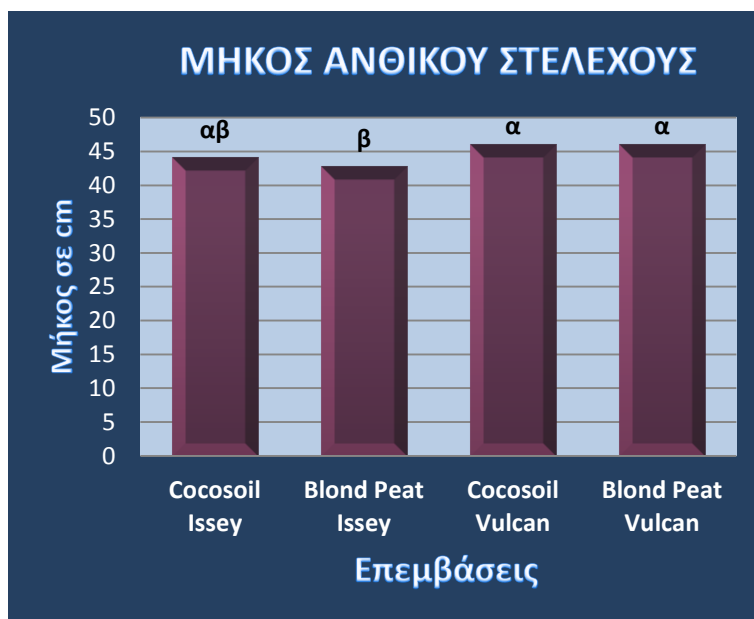
Μέσοι όροι με όμοια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan ($p=0.05$)

Στα παρακάτω γραφήματα φαίνεται η επίδραση διαφόρων υποστρωμάτων υδροπονικής καλλιέργειας στον αριθμό των ανθέων ανά φυτό, την διάμετρο της κεφαλής, την διάμετρο της βάσης, στο μήκος και το βάρος των ανθέων των ποικιλιών Issey και Vulcan.



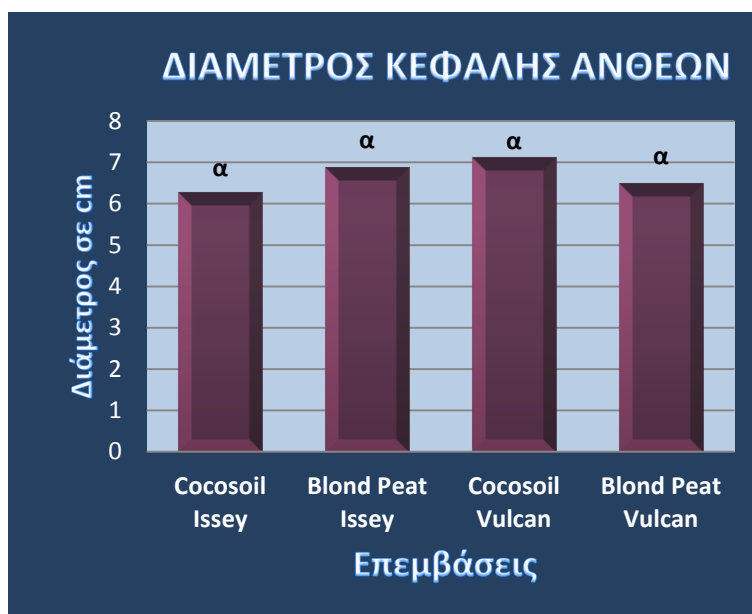
Γράφημα 1: Επίδραση των υποστρωμάτων στον αριθμό των ανθέων ανά φυτό των ποικιλιών Issey και Vulcan.

Σύμφωνα με το γράφημα 1 όσο αφορά την παραγωγή των ανθέων η ποικιλία Issey στο υπόστρωμα κόκκου έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα, ακολουθεί η ποικιλία Vulcan στο υπόστρωμα ξανθιάς τύρφης. Η Vulcan στον κόκκο και Issey στην ξανθιά τύρφη εμφάνισαν μικρότερη παραγωγή χωρίς να υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ τους.



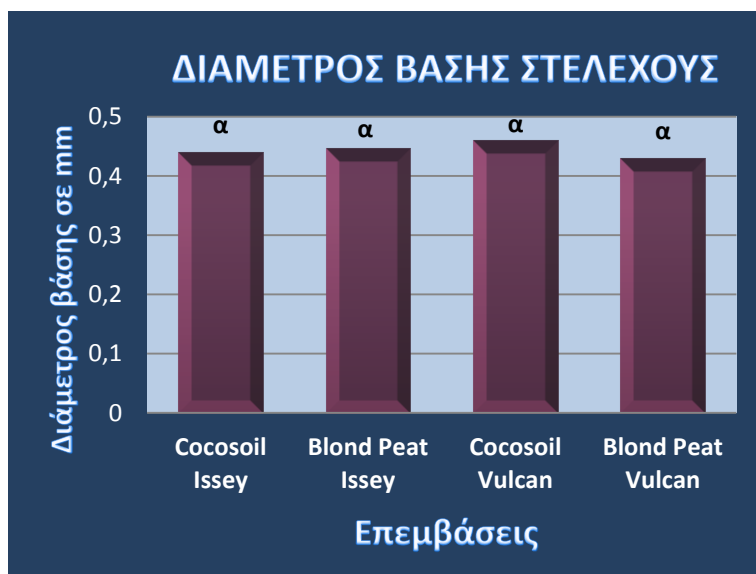
Γράφημα 2: Επίδραση των υποστρωμάτων στο μήκος των ανθέων των ποικιλιών Issey και Vulcan.

Σύμφωνα με το γράφημα 2 όσο αφορά το μήκος των ανθικών στελεχών η ποικιλία Vulcan έδωσε σημαντικά μεγαλύτερο μήκος και στα δύο υποστρώματα από τα αντίστοιχα της ποικιλίας Issey. Η ποικιλία Issey στην ξανθιά τύρφη εμφάνισε τα χειρότερα αποτελέσματα, ακολουθεί το υπόστρωμα του κόκου.



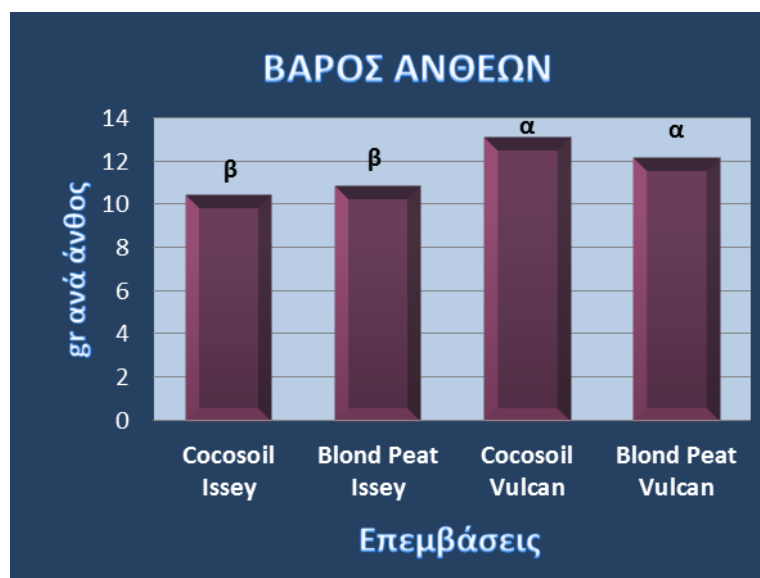
Γράφημα 3: Επίδραση των υποστρωμάτων στην διάμετρο της κεφαλής των ανθέων των ποικιλιών Issey και Vulcan.

Σύμφωνα με το γράφημα 3 σχετικά με την διάμετρο της κεφαλής των ανθέων δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων και τα τέσσερα υποστρώματα έδωσαν το ίδιο καλά αποτελέσματα.



Γράφημα 4: Επίδραση των υποστρωμάτων στην διάμετρο της βάσης του στελέχους των ανθέων των ποικιλιών Issey και Vulcan.

Σύμφωνα με το γράφημα 4 σχετικά με την διάμετρο της βάσης του ανθικού στελέχους δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων και τα τέσσερα υποστρώματα έδωσαν το ίδιο καλά αποτελέσματα.



Γράφημα 5: Επίδραση των υποστρωμάτων στο βάρος των ανθέων των ποικιλιών Issey και Vulcan.

Στο γράφημα 5 σχετικά με το βάρος των ανθικών στελεχών δεν εμφανίζονται σημαντικές διαφορές στις ποικιλίες και στα υποστρώματα τους, παρά μόνο στο ότι η ποικιλία Vulcan και στον κόκο και στην ξανθιά τύρφη έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από ότι η Issey στον κόκο και την ξανθιά τύρφη.

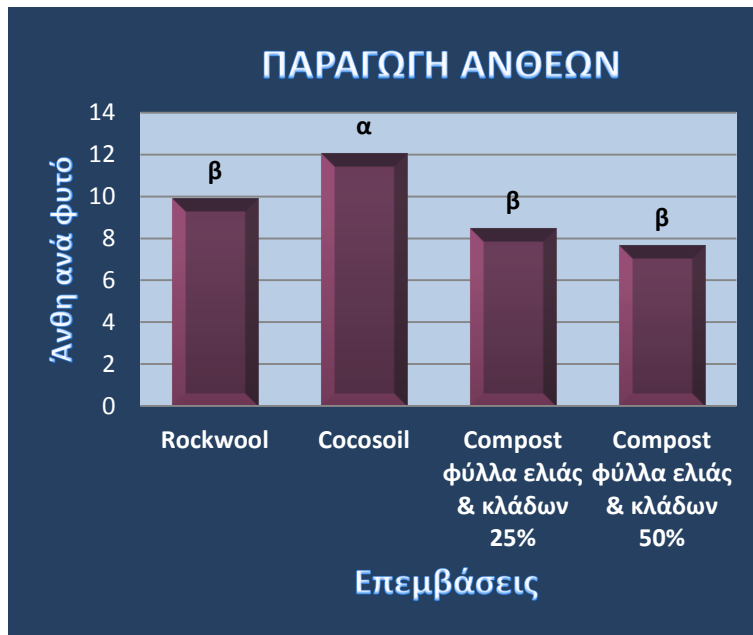
Πείραμα 2^ο Επίδραση των υποστρωμάτων πετροβάμβακα, κόκου και κόμποστ φύλλων ελιάς και κλάδων στην εκτός εδάφους καλλιέργεια ζέριμπερας για δρεπτό άνθος της ποικιλίας Temple.

Πίνακας 3: Συνολικά αποτελέσματα του πειράματος μετά την στατιστική ανάλυση και τον έλεγχο σημαντικότητας των διαφορών με την δοκιμή Duncan.

Επεμβάσεις	Παραγωγή	Μήκος	Διάμετρος Κεφαλής	Διάμετρος βάσης	Βάρος
Rockwool	9,93 β	49,97 α	8,99 α	0,64 α	28,35 α
Cocosoil	12,05 α	52,42 α	9,03 α	0,64 α	28,58 α
Compost φύλλων ελιάς & κλάδων 25%	8,49 β	46,83 β	8,68 α	0,65 α	22,98 β
Compost φύλλων ελιάς & κλάδων 50%	7,68 β	44,21 β	8,42 α	0,59 α	22,68 β

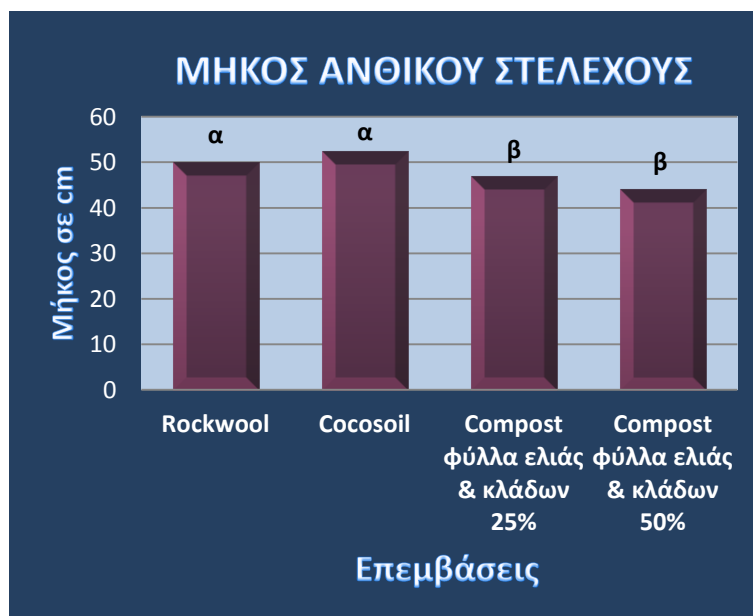
Μέσοι όροι με όμοια γράμματα δεν διαφέρουν σημαντικά κατά Duncan ($p=0.05$)

Στα παρακάτω γραφήματα φαίνεται η επίδραση διαφόρων υποστρωμάτων υδροπονικής καλλιέργειας στον αριθμό των ανθέων, την διάμετρο της κεφαλής, την διάμετρο της βάσης, στο μήκος και το βάρος των ανθέων της ποικιλίας Temple.



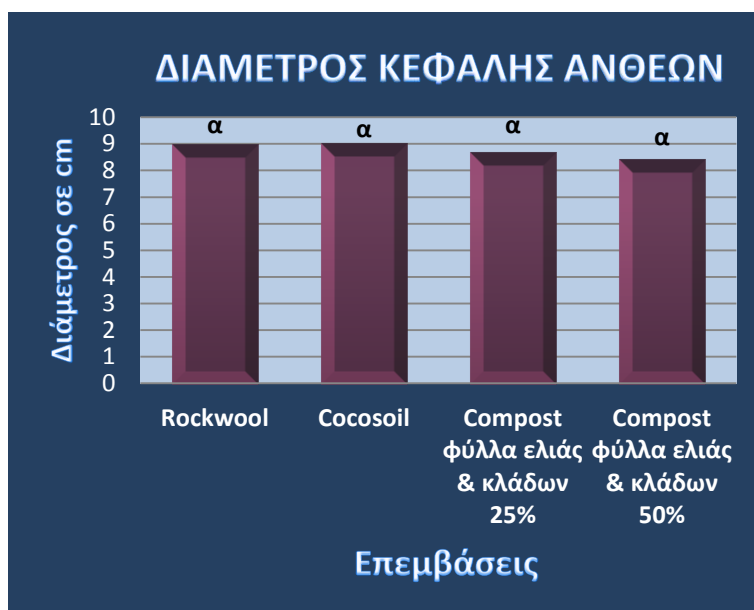
Γράφημα 1: Επίδραση των υποστρωμάτων στον αριθμό των ανθέων ανά φυτό της ποικιλίας Temple.

Στο γράφημα 1 σχετικά με την παραγωγή των ανθέων καλύτερα αποτελέσματα έδωσε το υπόστρωμα του κόκου σε σχέση με τα υπόλοιπα τρία υποστρώματα που δεν είχαν διαφορές μεταξύ τους.



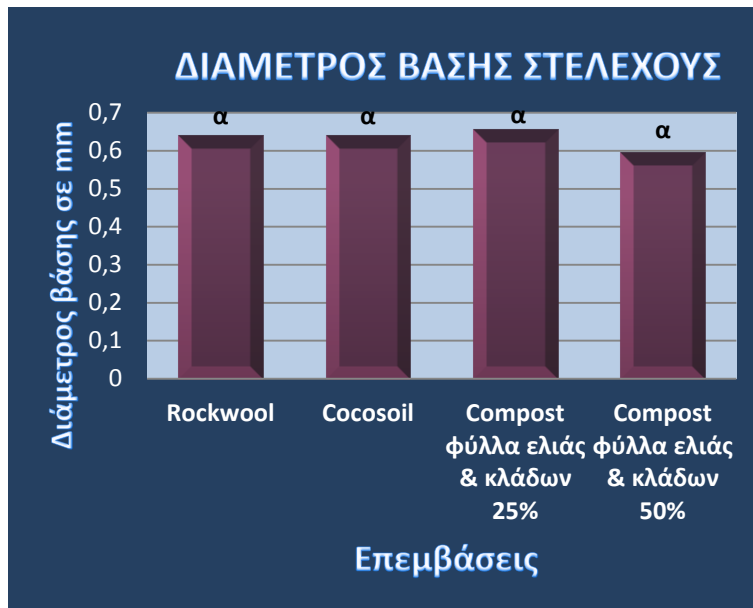
Γράφημα 2: Επίδραση των υποστρωμάτων στο μήκος των ανθέων της ποικιλίας Temple.

Σύμφωνα με το γράφημα 2 σχετικά με το μήκος του ανθικού στελέχους χειρότερα αποτελέσματα έδωσε το υπόστρωμα του κόμποστ από φύλλα ελιάς και κλάδων 50% και το υπόστρωμα κόμποστ από φύλλα ελιάς και κλάδων 25%, ενώ καλύτερα αποτελέσματα εμφάνισε το υπόστρωμα του κόκου, και του πετροβάμβακα χωρίς σημαντική διαφορά μεταξύ τους.



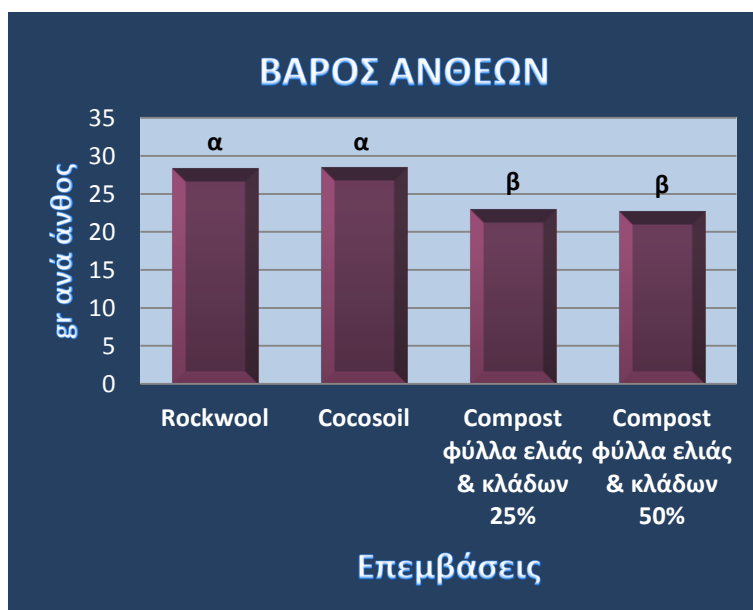
Γράφημα 3: Επίδραση των υποστρωμάτων στην διάμετρο της κεφαλής των ανθέων της ποικιλίας Temple.

Σύμφωνα με το γράφημα 3 σχετικά με την διάμετρο της κεφαλής των ανθέων δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων και τα τέσσερα υποστρώματα έδωσαν το ίδιο καλά αποτελέσματα.



Γράφημα 4: Επίδραση των υποστρωμάτων στην διάμετρο της βάσης του στελέχους των ανθέων της ποικιλίας Temple.

Σύμφωνα με το γράφημα 4 σχετικά με την διάμετρο της βάσης του στελέχους δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων και τα τέσσερα υποστρώματα έδωσαν το ίδιο καλά αποτελέσματα.



Γράφημα 5: Επίδραση των υποστρωμάτων στο βάρος των ανθέων της ποικιλίας Temple.

Σύμφωνα με το γράφημα 5 σχετικά με το βάρος των ανθέων μεγαλύτερο βάρος εμφανίστηκε στα υποστρώματα από κόκο και πετροβάμβακα, ενώ χειρότερα αποτελέσματα έδωσαν τα υποστρώματα του κόμποστ από φύλλα ελιάς και κλάδων 50% και το υπόστρωμα του κόμποστ από φύλλα ελιάς και κλάδων 25%.

Συμπερασματικά στο πρώτο πείραμα η ποικιλία Issey έδωσε μεγαλύτερη παραγωγή ανθέων από την ποικιλία Vulcan στον κόκο αλλά μικρότερο βάρος και μήκος και στα δύο υποστρώματα, ενώ δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων και στις δύο ποικιλίες. Σχετικά με τη διάμετρο της κεφαλής και της βάσης του ανθικού στελέχους δεν εμφανίστηκαν σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των ποικιλιών ούτε μεταξύ των υποστρωμάτων.

Στο δεύτερο πείραμα η ποικιλία Temple έδωσε καλύτερα αποτελέσματα στην παραγωγή στον κόκο ενώ στο βάρος και το μήκος του ανθικού στελέχους τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε ο κόκος και ο πετροβάμβακας. Σχετικά με διάμετρο της ανθικής κεφαλής και τη διάμετρο βάσης του ανθικού στελέχους δεν εμφανίστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων υποστρωμάτων.

Βιβλιογραφία

- Κουτέπας Ν., Ταμβάκης Ν., Ανθοκομία για την Γ Τάξη Τ.Ε.Λ., Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων Αθήνα. Σελ. 224-230.
- Μαλούπα, Ε., 1994. Υδροπονικές Καλλιέργειες Ανθέων υπό Κάλυψη. Γεωργία - Κτηνοτροφία. Αθήνα. Σελ. 22-28, 28-32.
- Maloupa, E., Fakhri M.N., Chartzoulakis, K., Gerasopoulos, D. 1996. Effects of substrate and irrigation frequency on growth, gas exchange and yield of gerbera cv. Fame.
- Manios, V.I., Papadimitriou, M.D., and Kefakis, M.D., 1995. Hydroponic Culture of Tomato and Gerbera at Different Substrates. Acta Horticulture 408.
- Μαυρογιαννοπούλου Γ., 1994, Υδροπονικές καλλιέργειες και Θρεπτικά Διαλύματα, Σταμούλης Α., Αθήνα-Πειραιάς. Σελ. 7-15, 51-53, 59-60, 64, 67-68.
- Meng, H., Xie, Z., Cheng, Z., Su, L., 2012. Study of four different growing media for Gerbera jamesonii.
- Νικολετάκης Μ., 2008, Η Τεχνική της Υδροπονίας και η Εφαρμογή της μέσα από διάφορα συστήματα, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Ηράκλειο 2008.
- Παναγιωτόπουλος Σ., 2009, Πειραματική Καλλιέργεια Ζέρμπερας σε τέσσερα υποστρώματα και NFT, σε κλειστού κυκλώματος υδροπονία, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Ηράκλειο 2009.
- Παπαδημητρίου Μ., 2005, Σημειώσεις Ανθοκομίας Θεωρία, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Ηράκλειο Σελ. 50-51, 53-59, 126-130.
- Παπαδημητρίου Μ., 2008, Σημειώσεις Ανθοκομίας Εργαστήριο, Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Ηράκλειο Σελ. 82-84, 86-87.
- Σάββας Δ., 2003, Γενική Ανθοκομία, Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Αθήνα-Αιγάλεω Σελ. 86, 88, 91-96, 99-100, 103, 106-113, 128.

Σάββας Δ., 2011, Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους, Υδροπονία, Υποστρώματα, Εκδόσεις
ΑγροΤύπος Αθήνα Σελ. 107-109.