ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: **ΝΙΚΟΛΕΤΑΚΗΣ ΜΗΝΑΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: **ΣΑΜΠΑΘΙΑΝΑΚΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2008

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: **ΝΙΚΟΛΕΤΑΚΗΣ ΜΗΝΑΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: **ΣΑΜΠΑΘΙΑΝΑΚΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ**

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος……5

Εισαγωγή……6

Ιστορική αναδρομή……7

Κεφάλαιο 1

1. Τι είναι υδροπονία……..9

1.1 Τύποι υδροπονικών συστημάτων…… ...11

Κεφάλαιο 2

2. Υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών…….……..13

2.1 Περιγραφή υποστρωμάτων…….……...17

2.2 Καλλιέργεια σε N.F.T…….……...17

2.3. EBB/FLOW (Fill&Drain-Γέμισμα και άδειασμα)……...…….……18

2.4. Καλλιέργεια σε περλίτη…….19

2.5. Καλλιέργεια σε χαλίκι……...…....21

2.6. Καλλιέργεια σε άμμο……..……...21

2.7. Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα……..…..…...22

2.8. Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα……..…….....24

2.9. Καλλιέργεια σε τύρφη……...……...….26

2.10. Τελάρα πολυουρεθανίου για επιπλέουσα υδροπονία……..……..28

2.11. Αεροπονία……...……29

Κεφάλαιο 3

3. Υποδοχείς υποστρωμάτων……..……...30

3.1. N.F.T……..……30

3.2. Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growth bags)……..……....31

3.3. Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών……..….32

3.4. Υποδοχείς κατακόρυφης τοποθέτησης……..…..33

3.5. Υποδοχείς από πετροβάμβακα…….....35

3.6. Υποδοχείς για αεροπονία……...……..……36

Κεφάλαιο 4

4. Η θερμοκρασία της ρίζας …….....36

4.1. Υπολογισμός της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων……..…...38

4.2. Διαδικασία υπολογισμού των μακροστοιχείων……..……..39

4.3. Υπολογισμός ενός θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας με υψηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα……..….42
4.4. Υπολογισμός ενός θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας για νερό που περιέχει ιόντα …….……...43
4.5. Υπολογισμός των απαιτούμενων λιπασμάτων…….…...45
4.6. Υπερβολική ποσότητα κάποιου μακροστοιχείου στο νερό…….....46
4.7. Διαδικασία υπολογισμού των ιχνοστοιχείων……...47
4.8. Ενδεικτικές συνταγές θρεπτικών διαλυμάτων…….…50

Κεφάλαιο 5

5. Απολύμανση του νερού…….……..58
5.1. Όζον…….……58
5.2. Χλωρίωση…….……...60
5.3. Απολύμανση του θρεπτικού διαλύματος.…….……61
5.4. Αργό φιλτράρισμα του θρεπτικού διαλύματος…….……...62
5.5. Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία……..…64
5.6. Απολύμανση με συσκευή παραγωγής ελεύθερων ιόντων χαλκού……..…64

Κεφάλαιο 6

6. Προστασία των φυτών με επεμβάσεις στο υπόστρωμα……...65
6.1. Βιολογική Φυτοπροστασία……..…65
6.2. Προστασία με μυκητοκτόνα……..…..67

Κεφάλαιο 7

7. Πλεονεκτήματα υδροπονίας……..……..68
7.1. Μειονεκτήματα υδροπονίας……..……..71
7.2. Συζήτηση-Συμπεράσματα……..…….74
Βιβλιογραφία……..…….75

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η υδροπονία είναι μια μέθοδος η οποία συγκεντρώνει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη παραδοσιακή καλλιέργεια στο έδαφος. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται συνεχώς, υποσχόμενη μεγαλύτερες αποδόσεις\στρεμμα και ταυτόχρονα ευκολότερη και αποτελεσματικότερη καταπολέμηση και αποφυγή εχθρών και ασθενειών. Η καλλιέργεια γίνεται ολοένα και πιο μηχανοποιημένη, ενσωματώνοντας ακόμα και τη σύγχρονη τεχνολογία, με αποτέλεσμα τον πλήρη και ακριβή έλεγχό από την αρχή ως το τέλος της. Αυτά τα χαρακτηριστηκά καθιστούν τον αγρότη – παραγωγό σαν ένα σύγχρονο επιχειρηματία.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να γίνει μια γνωριμία των υδροπονικών συστημάτων που υπάρχουν περιγράφοντας καθένα από αυτά τα συστήματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξέλιξη των ανθρώπινων επιστημών και της τεχνολογίας, τον αιώνα που διανύουμε έχει επιφέρει εντυπωσιακές αλλαγές στους τρόπους των καλλιεργειών, των συνθηκών εργασίας και της παραγωγικότητας γενικότερα οι οποίες θέλουν να βελτιώσουν την ποιότητα και τις συνθήκες διαβίωσης μας.

Ετσι καλλιεργήθηκαν στο Εργαστήριο, φυτά σε υδατικά διαλύματα εμπλουτισμένα με γνωστές θρεπτικές ουσίες και αργότερα πάνω σε στερεά υλικά, αδρανή η μη, και αυτό για να επιτευχθούν ταυτόχρονα καλύτερη οξυγόνωση και στήριξή του ριζικού συστήματος του φυτού και πιο άνετη κυκλοφορία των θρεπτικών διαλυμάτων.

Η πρώτη προσέγγιση συστημάτων καλλιέργειας εκτός εδάφους έγινε το 1860. Το 1860 ο SACHS στη Γερμανία ετοίμασε μιά ολοκληρωμένη φόρμουλα για υδροπονική καλλιέργεια φυτών. Το 1849 ο Count Slam Horstmar 1849 εισήγαγε την ιδέα της καλλιέργειας σε άμμο αντί άλλου αδρανούς υλικού.Το 1861 ο Knop περιέγραψε μια βελτιωμένη φόρμουλα η οποία χρησιμοποιήθηκε εκείνη την περίοδο. Στα τέλη του 19ου αιώνα και. τις πρώτες δεκαετίες του αιώνα μας έγινε μια σοβαρή προσπάθεια βελτίωσης του υδροπονικού συστήματος καλλιέργειας Η εμπορική ώθηση έγινε το 1916 στην Αμερική από τον Mc Call και αναδείχθηκαν τα πλεονεκτήματα στον αερισμό και τον εφοδιασμό που εξασφαλίζονται από την άμμο Το 1928 ο Robins καλλιέργησε σε άμμο μια σειρά φυτών ενώ το 1931 ο Laurie υπέδειξε το εμπορικό ενδεχόμενο τέτοιων καλλιεργειών. Η πρώτη αρκετά εκτεταμένη εφαρμογή καλλιέργειας σε αδρανή υλικά ήρθε στη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου από Ιαπωνία και ΗΠΑ με χρήση στην άμμο και χαλικιού για παραγωγή φρέσκων λαχανικών.

Οι υδροπονικές καλλιέργειες μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στη χώρα μας όπου τα εδάφη λόγω της εντατικής εκμετάλλευσης έχουν σχεδόν εξαντληθεί ή σε περιοχές που έχουν κατάλληλο μικροκλίμα για καλλιέργεια, αλλά το έδαφος είναι άγονο (νησιά -ορεινές και μειονεκτικές περιοχές), για την αύξηση του εισοδήματος των κατοίκων με σκοπό την αποτροπή ενός μεταναστευτικού ρεύματος προς τις μεγαλουπόλεις ή το εξωτερικό.

Οι εκτός εδάφους καλλιέργειες κατά κύριο λόγο πραγματοποιούνται μέσα σε θερμοκηπιακές κατασκευές και αποτελούν μια από τις περισσότερο εξελιγμένες μορφές επιχειρηματικών καλλιεργειών. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών των

καλλιεργειών ήταν η αποδέσμευση τους απο το έδαφος και τον παραδοσιακό τρόπο. Το έδαφος στις πρώτες εκτός εδάφους καλλιέργειες αντικαταστάθηκε από ορισμένα οργανικής προέλευσης υποστρώματα, με βασικό συστατικό την τύρφη, που και αυτά με την εξέλιξη αντικαταστάθηκαν από ανόργανα ή αδρανή υλικά (περλίτη, πετροβάμβακα κ.α), περνώντας καθαρά σε υδροπονικές καλλιέργειες. Περισσότερο εξελιγμένη μορφή, υδροπονικών καλλιεργειών N F T (Nutrient Film Technique) με κατάργηση της χρήσης ανόργανων υλικών και οι καλλιέργειες πραγματοποιούνται σε σκέτο θρεπτικό διάλυμα με ταυτόχρονη εξασφάλιση της οξυγόνωσης τους.

Τα είδη των καλλιεργειών στις οποίες εφαρμόζεται η εκτός εδάφους καλλιέργεια, περιορίζονται στις λαχανοκομικές και ανθοκομικές καλλιέργειες και στην ανάπτυξη καλλωπιστικών φυτών γλάστρας .Η εφαρμογή αυτών των συστημάτων σε άλλα είδη καλλιεργειών είναι περιορισμένη και σε πειραματικό στάδιο.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η πρώτη προσέγγιση τέτοιων συστημάτων καλλιέργειας έγινε το 1860. Το 1860 ο Sachs στη Γερμανία ετοίμασε μια ολοκληρωμένη φόρμουλα για υδροπονική καλλιέργεια φυτών. Το 1861 ο Knop περιέγραψε μια βελτιωμένη φόρμουλα η οποία χρησιμοποιήθηκε εκείνη την περίοδο. Στα τέλη του 19ου αιώνα και τις πρώτες δεκαετίες του αιώνα μας έγινε μια σοβαρή προσπάθεια βελτίωσης του υδροπονικού συστήματος καλλιέργειας. Τα έξι βασικά μακροστοιχεία και ο σίδηρος είχαν προσδιοριστεί από το 1844, τα υπόλοιπα μικροστοιχεία προσδιορίστηκαν αυτή την περίοδο. Η σπουδαιότητα του αερισμού και της περιοδικής αντικατάστασης του διαλύματος δεν είχαν ακόμη εντοπιστεί. Παρ' όλα αυτά, αυτή την περίοδο η καλλιέργεια σε αδρανή υλικά παρέμεινε μία τεχνική για ερευνητικούς σκοπούς.

Το 1929 στις Η.Π.Α. επιχειρήθηκε το εμπορικό ενδεχόμενο των υδατοκαλλιεργειών. Ο Geriche το 1929 έκτισε μία πειραματική δεξαμενή θρεπτικού διαλύματος την οποία κάλυψε με συρματόπλεγμα, λινάτσα και 1.3 cm από άμμο. Ακολούθησαν 10 στρέμματα εμπορικής καλλιέργειας φυτών.

Η καλλιέργεια σε άμμο ξεκίνησε από μελέτες του Count Salm Horstmar (1849) ο οποίος εισήγαγε την ιδέα της καλλιέργειας σε άμμο αντί άλλου αδρανούς υλικού. Η εμπορική ώθηση έγινε το 1916 στην Αμερική από τον Mc Call και αναδείχθηκαν τα πλεονεκτήματα στον αερισμό και τον εφοδιασμό που εξασφαλίζονται από την άμμο. Το 1928 ο Robins καλλιέργησε σε άμμο μια σειρά φυτών ενώ το 1931 ο Laurie

υπέδειξε το εμπορικό ενδεχόμενο τέτοιων καλλιεργειών. Το 1935 στον Αγροτικό Πειραματικό Σταθμό του New Jersey (Bickard and Connors) καλλιεργήθηκαν γαρύφαλλα. Ακολούθησαν βελτιώσεις: Eaton (1936), Withrow and Biebel (1936), Shine and Robins (1937), Capman and Liebig (1938). Η αμερικάνικη τεχνολογία αντιγράφτηκε και προήχθηκε στην Αγγλία το 1938 από τους Templemom and Watson.

Η επόμενη αρκετά εκτεταμένη εφαρμογή της καλλιέργειας σε αδρανή υλικά ήρθε κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου, όταν η Ιαπωνία και οι Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποίησαν τις καλλιέργειες σε άμμο και χαλίκι για να παράγουν φρέσκα λαχανικά για τις ανάγκες του πολέμου (Ticquet, 1952). Η πρώτη Αμερικανική εγκατάσταση έγινε το 1945 στο Ascension Island, ένα νησί σχεδόν χωρίς χώμα. Επιπλέον εγκαταστάσεις έγιναν στο Atrinson Field στη Βρετανική Γουιάνα και στο lwo Jimo αργότερα τον ίδιο χρόνο. Στην ίδια περίοδο η Ιαπωνία κατασκεύασε 20 στρέμματα σε γυάλινο θερμοκήπιο, 20 στρέμματα υπαίθρια στο Chofu και 100 στρέμματα υπαίθρια στο Otsu. Αυτές οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιήθηκαν αργότερα από τον Αμερικανικό στρατό κατά τη διάρκεία του πολέμου στην Κορέα.

Οι Hoagland and Arnon (1950) ανέττυξαν το γνωστό διάλυμα το οποίο χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στην έρευνα και σε εμπορικές καλλιέργειες, Χρησιμοποιώντας αυτό το διάλυμα βρήκαν ότι η ανάπτυξη των φυτών της τομάτας ήταν ίδια στο έδαφος, σε άμμο, σε νερό και η χρησιμοποίηση του ενός συστήματος ή του άλλου υπαγορεύεται από οικονομικούς παράγοντες.

Το πλέον κοινό εμπορικό σύστημα έγινε αρχικά το 1970 σε άμμο και χαλίκι (Epstcin and Krantz (1965), Hewitt (1966), Kiplinger (1956), Maaw and Adamson (1971), Marvel (1966), Maquard and Backer (1970), Sowell (1972), Weinard and Fosler (1970). Για να κρατηθούν τα χαλίκια χρησιμοποιήθηκαν υδατοστεγή κρεβάτια ή πάγκοι. Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν πολύ κοντά με το προτεινόμενο από τον Hoagland το οποίο περνούσε μέσα από τα χαλίκια με δοσμένη ταχύτητα, 1 έως 4 φορές την ημέρα, λιγότερο συχνά στην άμμο, πράγμα που εξαρτάται από την εποχή και το μέγεθος της καλλιέργειας. Γινόταν περιοδική ανάλυση του διαλύματος και ρύθμιση όσον αφορά τον όγκο, το PH και την περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία. Το ίδιο διάλυμα, χωρίς αντικατάσταση, χρησιμοποιείται για πολλές εβδομάδες. Ο αερισμός δεν είναι πρόβλημα καθ' όσον το άθροισμα των πόρων είναι γεμάτοι με θρεπτικό διάλυμα μόνο για μικρή περίοδο.

Προβλήματα προέκυψαν πρακτικά με τη ρύθμιση των ιχνοστοιχείων και τη μετάδοση των ασθενειών.

1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

Η υδροπονία είναι μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε σε στερεά υποστρώματα εμποτισμένα με τεχνητό **θρεπτικό διάλυμα** είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το οποίο τα φυτά απορροφούν τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μίας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης.

Τα **υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών** συνήθως είναι πορώδη υλικά, φυσικά ή προερχόμενα από βιομηχανική επεξεργασία, τα οποία χάρις στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατούν νερό (θρεπτικό διάλυμα) 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, δεδομένου ότι πρακτικά δεν αποδίδουν ούτε δεσμεύουν ήδη υπάρχοντα στο θρεπτικό διάλυμα ιόντα.

Στη διεθνή βιβλιογραφία όλες αυτές οι μέθοδοι καλλιέργειας συνήθως χαρακτηρίζονται με τους όρους **"καλλιέργειες εκτός εδάφους" (soilless culture)** και **υδροπονία (hydroponics)**. Μερικοί ερευνητές, κάνοντας μία αυστηρή εννοιολογική ερμηνεία της προερχόμενης από την ελληνική γλώσα λέξης υδροπονία, θεωρούν τον όρο αυτό κατάλληλο για τον χαρακτηρισμό ενός μόνο μέρους των μεθόδων καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους και συγκεκριμένα εκείνων, στις οποίες δεν χρησιμοποιείται κανένα στερεό υπόστρωμα και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται απευθείας μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, όπως π.χ. το σύστημα NFT. Οι περισσότεροι ειδικοί επιστήμονες όμως, χρησιμοποιούν τον όρο υδροπονία (hydroponics) ως απολύτως συνώνυμο με τον χαρακτηρισμό "καλλιέργεια εκτός εδάφους" (soilless culture). Ο βασικός λόγος γι΄ αυτό είναι το γεγονός ότι η λέξη υδροπονία έχει πλέον καθιερωθεί εδώ και μισό αιώνα σε όλο τον κόσμο και στις

περισσότερες γλώσες ως όρος που υπονοεί το σύνολο των μεθόδων και συστημάτων καλλιέργειας φυτών χωρίς την χρήση εδάφους.

Στην ελληνική γλώσσα οι δύο αυτοί όροι συνήθως χρησιμοποιούνται ως απολύτως συνώνυμοι. Στην ελληνική ειδική βιβλιογραφία όμως έχει καθιερωθεί κυρίως ο όρος υδροπονία, χάρις στην συντομία αλλά και την περιγραφική δύναμη που τον χαρακτηρίζει (δεδομένης της ελληνικής του προέλευσης). Γι' αυτό το λόγο, στις παρούσες σημειώσεις ο όρος υδροπονία χρησιμοποιείται με την οικουμενική έννοια, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα συστήματα και τις μεθόδους καλλιέργειας φυτών χωρίς την χρήση εδάφους.

Ένας άλλος όρος που χρησιμοποιείται στην ειδική βιβλιογραφία είναι η λέξη **υδροκαλλιέργεια** (στα αγγλικά **water culture** και **hydroculture**). Στην ελληνική γλώσσα ο όρος υδροκαλλιέργεια συνήθως χρησιμοποιείται ως ταυτόσημος με τους όρους "υδροπονία" και "καλλιέργειες εκτός εδάφους". Στην αγγλόφωνη διεθνή βιβλιογραφία όμως οι όροι αυτοί δεν ταυτίζονται με τους όρους "υδροπονία" και "καλλιέργειες εκτός εδάφους". Ο όρος **"water culture"** περιλαμβάνει αποκλειστικά και μόνο εκείνες τις υδροπονικές καλλιέργειες, στις οποίες δεν γίνεται χρήση υποστρώματος και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα. Χρησιμοποιείται κυρίως όταν πρόκειται για πειραματικές καλλιέργειες φυτών σε θρεπτικά διαλύματα, οι οποίες διεξάγονται σε επιστημονικά εργαστήρια. Ο όρος **hydroculture** αναφέρεται στην υδροπονική καλλιέργεια καλλωπιστικών φυτών εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, τα οποία αναπτύσσονται μέσα σε φυτοδοχεία (γλάστρες, παρτέρια, κ.λπ.) γεμισμένα με κάποιο αδρανές υπόστρωμα όπως η διογκωμένη άργιλλος, ο περλίτης, ο βερμικουλίτης, κ.λπ.. Δεδομένης της διάκρισης που γίνεται στην διεθνή βιβλιογραφία μεταξύ των όρων υδροπονία και υδροκαλλιέργεια, θα ήταν καλύτερα η λέξη υδροκαλλιέργεια να χρησιμοποιείται και στην ελληνική γλώσσα μόνο για τις καλλιέργειες φυτών που λαμβάνουν χώρα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την χρήση υποστρώματος.

Άλλοι δύο όροι που χρησιμοποιούνται ορισμένες φορές όταν γίνεται αναφορά σε υδροπονικές καλλιέργειες είναι οι ονομασίες **"καλλιέργεια σε υπόστρωμα"** και **"καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα"**. Οι δύο αυτοί όροι μπορεί να θεωρηθεί ότι περιγράφουν δύο ξένα μεταξύ τους υποσύνολα, από τα οποία απαρτίζεται το σύνολο των υδροπονικών καλλιεργειών. Συγκεκριμένα, οι υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος ονομάζονται και "καλλιέργειες σε υπόστρωμα", ενώ όταν δεν γίνεται χρήση υποστρώματος και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται

μέσα σε στάσιμο ή ρέον θρεπτικό διάλυμα, εκτός από τον όρο "υδροκαλλιέργεια", μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η ονομασία "καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα".

Όλες οι υπόλοιπες γνωστές ονομασίες, όπως **αεροπονία** (aeroponics), **NFT**, **καλλιέργεια σε άμμο** (sand culture), **καλλιέργεια σε χαλίκι** (gravel culture), **καλλιέργεια σε πετροβάμβακα** (rockwool culture), **καλλιέργεια σε περλίτη**, **καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα**, **καλλιέργεια σε τύρφη** (peat culture), κ.λπ. αναφέρονται σε συγκεκριμένα ειδικά συστήματα και μεθόδους υδροπονικών καλλιεργειών.

Τέλος, μία άλλη διάκριση που γίνεται μεταξύ των διαφόρων μεθόδων υδροπονικής καλλιέργειας είναι αυτή μεταξύ **ανοιχτών και κλειστών υδροπονικών συστημάτων**.

Η εγκατάσταση υδροπονικής καλλιέργειας αντί της καλλιέργειας στο έδαφος παρουσιάσει σημαντικά **πλεονεκτήματα** αλλά παράλληλα έχει και ορισμένα **μειονεκτήματα**. Για να αποφασσίσει ένας παραγωγός να μεταπηδήσει από την παραδοσιακή καλλιέργεια στο έδαφος στην υδροπονία θα πρέπει να σταθμίσει αν στην δική του περίπτωση τα πλεοκεκτήματα που του παρέχει η υδροπονία είναι σημαντικότερα από τα μειονεκτήματα.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι με εξαίρεση την άρδευση και την υδρολίπανση, τα υπόλοιπα δεδομένα της τεχνικής της καλλιέργειας φυτών για παραγωγή δρεπτών ανθέων (τύπος και χαρακτηριστικά θερμοκηπίου, ρύθμιση συνθηκών περιβάλλοντος, κλάδεμα, υποστήλωση, συγκομιδή, κ.λπ.) δεν διαφοροποιείται σημαντικά είτε πρόκειται για υδροπονική καλλιέργεια είτε για καλλιέργεια στο έδαφος του θερμοκηπίου.

1.1 ΤΥΠΟΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (ανοιχτά – κλειστά)

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοιχτό, όταν το μέρος του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά αφήνεται να χαθεί στο περιβάλλον (συνήθως απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου). Κλειστό αντίθετα καλείται ένα υδροπονικό σύστημα όταν το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με την βοήθεια μιάς αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα 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 (πότισμα) είναι συχνή αλλά διακοπτόμενη και μικρής διάρκειας. Σε αυτού του είδους τα κλειστά υδροπονικά συστήματα το διάλυμα απορροής που συλλέγεται μετά από κάθε πότισμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία και χρησιμοποιείται ξανά. Οι ποσότητες θρεπτικού διαλύματος που απορρέουν από το ριζόστρωμα και επαναχρησιμοποιούνται αφού πρώτα συμπληρωθούν με νερό και λιπάσματα είναι τελείως διαφορετικές σε κάθε μία από τις προαναφερόμενες τεχνικές ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος. Για παράδειγμα, σε μία καλλιέργεια τομάτας, όταν εφαρμόζεται συνεχής επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος που επανακυκλοφορεί κυμαίνεται γύρω στα 200 m^3 ανά στρέμμα και ημέρα ενώ όταν η άρδευση βασίζεται σε συνεχή, διακοπτόμενα ποτίσματα, το θρεπτικό διάλυμα που συλλέγεται και ανακυκλώνεται δεν υπερβαίνει τα 6-8 m^3 ανά στρέμμα και ημέρα.

Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απορρέει από το ριζόστρωμα μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης συμβάλλει τόσο στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων όσο και στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος με νιτρικά και άλλα λιπάσματα. Πρόκειται δηλαδή για μία κατ΄ εξοχήν 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 έκθεσή 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 φυτοτοξικότητος 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 συνίσταται στον καθορισμό των απαραιτήτων 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, κ.λπ.) που επικρατούν σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, κ.λπ. Επομένως, ο όγκος θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απομακρύνεται από το ριζόστρωμα μετά την χορήγησή 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 γι΄ αυτό δεν μπορούν να καθορισθούν εκ των προτέρων. Σε κάθε περίπτωση όμως, για να είναι εφικτή από τεχνική και οικονομική άποψη η ανακύκλωση του διαλύματος απορροής, η συμπλήρωσή του με τις κατάλληλες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων θα πρέπει να γίνεται αυτόματα με την 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 προεπιλεγόμενη αναλογία μείξης διαλύματος απορροής-νερού.
2. Συμπλήρωση με αυτόματα ρυθμοζόμενη 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.

2. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Στις υδροπονικές καλλιέργειες το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και επομένως θα πρέπει να είναι σε θέση να επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται από το χώμα και μάλιστα με καλύτερο τρόπο. Μόνο όταν εκπληρώνεται αυτή η προϋπόθεση είναι οικονομικά σκόπιμη η χρήση υποστρώματος αντί της καλλιέργειας στο έδαφος.

Η χρησιμότητα του εδάφους για τα φυτά συνίσταται στην εξασφάλιση της ανόργανης θρέψης τους και στην παροχή μηχανικής στήριξης σε αυτά. Πρόβλημα στήριξης των φυτών όμως δεν υφίσταται στις υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος, εφόσον αυτές λαμβάνουν χώρα στο θερμοκήπιο. Τα

φυτά που αναπτύσσονται αρκετά σε ύψος (χρυσάνθεμο, γαρίφαλο, τριαντάφυλλο, κ.λπ.) προσδένονται και υποστηλώνονται, με συνέπεια να μην έχουν ανάγκη την στήριξη που τους παρέχει το έδαφος, ενώ τα χαμηλής ανάπτυξης (π.χ. ζέρμπερα) στηρίζονται ικανοποιητικά από το υπόστρωμα. Επομένως, η βασική λειτουργία την οποία καλούνται να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα είναι η εξασφάλιση καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά.

Ο προφανέστερος τρόπος εξασφάλισης καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η χρησιμοποίηση υποστρωμάτων που συμπεριφέρονται όπως ένα πολύ καλό και γόνιμο έδαφος. Σύμφωνα με αυτή της προσέγγιση του προβλήματος, τα χρησιμοποιούμενα υποστρώματα θα πρέπει να έχουν πολύ καλή και ομοιόμορφη δομή, υφή και σύσταση και να διαθέτουν υψηλο επίπεδο ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων. Θα πρέπει δηλαδή να μπορούν να συγκρατούν μεγάλες ποσότητες θρεπτικών ιόντων όταν αυτά υπάρχουν σε περίσσεια στο εδαφικό διάλυμα και αντίστοιχα, να μπορούν άμεσα να απελευθερώσουν αξιόλογες ποσότητες από αυτά όταν στον χώρο του ριζοστρώματος δημιουργούνται συνθήκες ανεπάρκειας. Τα υποστρώματα αυτά συνήθως περιέχουν οργανική ουσία (όπως για παράδειγμα η τύρφη) και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως **χημικώς ενεργά υποστρώματα**. Στην πραγματικότητα τα υποστρώματα αυτά υπερτερούν μόνο χάρις στην ομοιομορφία τους και στην επιλογή των πλέον κατάλληλων υλικών για την παρασκευή τους σε σύγκριση με τα περισσότερα φυσικά εδάφη. Παράλληλα όμως μειονεκτούν σε σύγκριση με το χώμα λόγω του πολύ μικρότερου όγκου υποστρώματος ανά φυτό.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός εδαφικού υποστρώματος είναι:

1) Το ολικό πορώδες, δηλαδή το ποσοστό % του όγκου των πόρων που είναι γεμάτοι με αέρα ή νερό και βρίσκονται ανάμεσα στα στερεά συστατικά του καθώς και η κατανομή του μεγέθους των πόρων του.

2) Η δομή, δηλαδή ο τρόπος κατανομής και το μέγεθος των συσσωματωμάτων των στερεών συστατικών του.

3) Οι υδατικές του ιδιότητες, δηλαδή το νερό που μπορεί να αποθηκευτεί και η ποσότητα του νερού που μπορούν τα φυτά να απορροφήσουν εύκολα.

Από τα χημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος ενδιαφέρουν περισσότερο:

1) Το pH, δηλαδή η χημική του αντίδραση που όταν υπάρχει μεγάλο ποσοστό οργανικών ουσιών δεν είναι πάντα σταθερό.

2) Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.), δηλαδή η περιεκτικότητα του σε διαλυτά άλατα που επηρεάζεται από την στράγγιση και από την προσθήκη λιπασμάτων.

3) Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (C.E.C).

Πίνακας 1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες υποστρωμάτων.

Υποστρώματα	**Όγκος Πορώδες V%**	**Περιεκτικότητα Πορώδους σε αέρα % (σε μύζηση 10cm)**	**Συγκράτηση νερού % (σε μύζηση 10cm)**	**PH**	**EC (ms/cm)**	**C.E.C. (meq/100 gr)**
Rock-wool (πετροβάμβακας)	95	20	75	5,5-6	0,05	0-0,5
Περλίτης	95	75	20-40	7-7,5	0,03	0
Ελαφρόπετρα	65	30-40	25-35	8-8,5	0,45	0
Τύρφη	95	25-35	70	3,5-4,5	-	100
Cocosoil	95	30	65	5,5	<0,5	0,5-1,0

Από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται προφανές ότι η καλλιέργεια φυτών σε χημικώς ενεργά υποστρώματα κατά βάση προσομοιάζει πολύ με τις κοινές καλλιεργειες που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος με συνέπεια οι δυνατότητες αριστοποίησης της θρέψης να είναι περιορισμένες αφού όπως και στο έδαφος η θρέψη δεν είναι πλήρως ελεγχόμενη.

Όπως είναι γνωστό, ο ρόλος του εδάφους στην θρέψη των φυτών είναι πολύπλευρος και συνίσταται τόσο στην παροχή θρεπτικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα και μέσω αυτού στα φυτά όσο και στην ρύθμιση της διαθεσιμότητας των υπαρχόντων θρεπτικών στοιχείων. Η ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους οφείλεται κυρίως στην ανταλλακτική του ικανότητα η οποία του επιτρέπει να εναποθηκεύει ένα μέρος των θρεπτικών στοιχείων όταν αυτά βρίσκονται σε αφθονία και να τα απελευθερώνει ξανά όταν οι συγκεντρώσεις τους στο εδαφικό διάλυμα μειώνονται λόγω απορρόφησης από τα φυτά ή έκπλυσης. Οι ιδιότητες αυτές του εδάφους καθιστούν τα φυτά ανεξάρτητα από την εξωτερική χορήγηση θρεπτικών στοιχείων. Για τα καλλιεργούμενα φυτά αυτό σημαίνει ότι μπορούν να επιβιώνουν και να αναπτύσσονται ως ένα βαθμό ακόμη και όταν η χορήγηση λιπασμάτων στην

καλλιέργεια αποκλίνει σημαντικά από τις ποσότητες που απορροφώνται από αυτή. Από την άλλη πλευρά όμως, η έντονη αυτή εξάρτηση της προσφοράς θρεπτικών στοιχείων στα φυτά από το έδαφος αποτελεί μειονέκτημα για την καλλιέργεια, δεδομένου ότι λόγω της ετερογένειας του εδάφους και των δυσχερειών στην πρόβλεψη των συνθηκών περιβάλλοντος είναι δύσκολο να εκτιμηθεί πως ακριβώς θα συμπεριφερθεί αυτό από άποψη θρέψης σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση. Επομένως η κατάρτιση ενός ισόρροπου σχήματος λίπανσης και θρέψης της καλλιέργειας δυσχεραίνεται ενώ και η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου σχήματος λίγο ως πολύ περιορίζεται αφού η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικά στοιχεία δεν εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από τις χορηγούμενες ποσότητες λιπασμάτων αλλά και από τις εκάστοτε ιδιότητες του εδάφους. Για αυτούς τους λόγους μία άλλη προσέγγιση στην επιλογή κατάλληλων για υδροπονία υποστρωμάτων είναι αυτή η οποία απορρίπτει την ιδέα της χρησιμοποίησης ενός υλικού που θα ρυθμίζει την θρέψη των φυτών με τον ίδιο τρόπο όπως το έδαφος. Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, το υπόστρωμα θα πρέπει να μην ασκεί καμμία ρύθμιση στην προσφορά θρεπτικών στοιχείων στα φυτά με συνέπεια να είναι δυνατός ο πλήρης έλεγχος της θρέψης μέσω της λίπανσης και μόνο. Τα υλικά αυτά δηλαδή θα πρέπει να μην συγκρατούν αλλά και να μην αποδίδουν ανόργανα ιόντα στο περιεχόμενο σε αυτά θρεπτικό διάλυμα. Τα υλικά που χαρακτηρίζονται από μία τέτοια συμπεριφορά ονομάζονται **χημικώς αδρανή υποστρώματα** και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην υδροπονία.

Για να είναι σε θέση ένα υπόστρωμα να επιτελεί με τον καλύτερο τρόπο τον ρόλο για τον οποίο προορίζεται θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

α) σταθερή δομή, ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα

β) ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας

γ) ομοιομορφία στην σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.

δ) απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων

ε) εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς

στ) σχετικά χαμηλό κόστος.

Εκτός από αυτά τα χαρακτηριστικά ένα καλό υπόστρωμα θα πρέπει ή να είναι χημικά αδρανές ή να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και κατάλληλο pH εφόσον είναι χημικά ενεργό.

Τα πλέον διαδεδομένα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών διεθνώς είναι ο πετροβάμβακας, η τύρφη, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα το cocosoil, ο βερμικουλίτης και σε μικρότερο βαθμό η διογκωμένη άργιλλος, ο ζεόλιθος και η άμμος.

2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.2 Καλλιέργεια σε N.F.T.

Το σύστημα NFT (Nutrient Film Technique = Τεχνική λεπτής θρεπτικής στοιβάδας) είναι μία 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, σε αντίθεση με το προαναφερθέν σύστημα καλλιέργειας σε δοχεία γεμισμένα με στάσιμο θρεπτικό διάλυμα. Το NFT είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται.

Μία εγκατάσταση NFT αποτελείται από ένα σύστημα παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών (καναλιών), μέσα στις οποίες κυλάει θρεπτικό διάλυμα με ρυθμό ροής περίπου 2-3 λίτρων ανά λεπτό (l/min), από το σύστημα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος στις υδροροές, καθώς και από τις εγκαταστάσεις συλλογής του διαλύματος από τις υδρορροές και ανακύκλωσής του. Μέσα σε κάθε υδροροή τοποθετούνται τα φυτά σε καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι υδρορροές συνήθως είναι κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό πολυαιθυλένιο, ή από PVC, ή από άλλη πλαστική ύλη ή ακόμη και από γαλβανισμένο μέταλλο. Έχουν πλάτος 15-30 cm ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών αντιστοιχούν στις αποστάσεις μεταξύ των γραμμών φύτευσης που επιλέγονται να εφαρμοσθούν στην εκάστοτε καλλιέργεια. Για να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος μέσα στις υδρορροές, αυτές θα πρέπει να έχουν μια κλιση 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 στη συνέχεια διανέμεται σε μικρότερους σωλήνες οι οποίοι το οδηγούν στην αρχή κάθε υδροροής. Αφού εισαχθεί στις υδρορροές, χάρις 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 απορροφάται 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 ή υδρορροών συλλέγεται και συγκεντρώνεται όλο μαζί σε κάποιο ειδικό δοχείο συγκέντρωσης. Από το δοχείο αυτό το διάλυμα οδηγείται ξανά στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του διαλύματος, είτε μέσω μίας αντλίας, είτε μέσω ελεύθερης ροής, εφόσον υπάρχει υψομετρική διαφορά. Εκεί, το συλλεχθέν διάλυμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία ώστε να αποκτήσει ξανά τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ξαναχρησιμοποιείται.

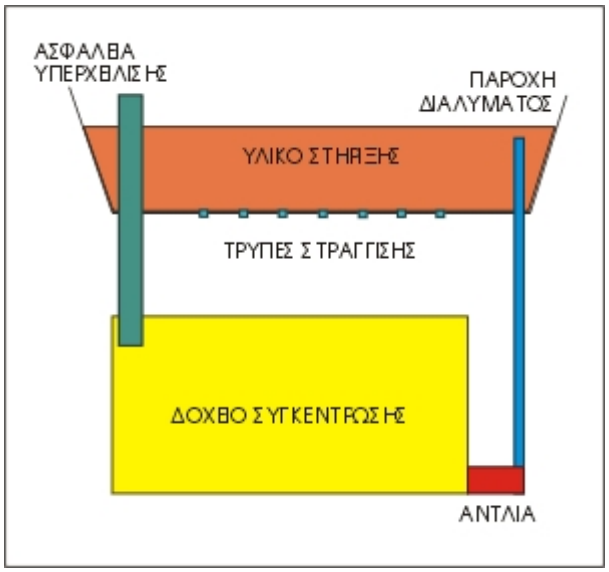


Εικόνα 1.Καλλιέργεια σε κανάλια N.F.T.

2.3 EBB/FLOW (Fill & Drain - Γέμισμα και άδειασμα)

Ένα άλλο σύστημα που πήρε το όνομά του από τον τρόπο λειτουργίας του. Η διαφορά είναι πως σε αυτό το σύστημα χρησιμοποιείτε υλικό στήριξης. Ειδικά δοχεία που περιέχουν το υλικό στήριξης "φιλοξενούν" τα φυτά.
Τα δοχεία είναι διαμορφωμένα έτσι ώστε να εξυπηρετούν την λειτουργία του συστήματος. Έχουν λοιπόν τρύπες στράγγισης στο κάτω μέρος τους μια παροχή θρεπτικού διαλύματος στο επιθυμητό ύψος ενώ μια ακόμα τρύπα πιο ψηλά μας εξασφαλίζει από περίπτωση υπερχείλισης.Η παροχή στο σύστημα αυτό γίνεται μόνο με αντλία σε αντίθεση με το N.F.T που μπορεί να λειτουργεί και με βαρύτητα.Σε τακτικά χρονικά διαστήματα η αντλία στέλνει θρεπτικό μείγμα στο δοχείο έως ότου φτάσει την επιθυμητή στάθμη και μετά σταματά.Το θρεπτικό διάλυμα διαφεύγει από τις τρύπες στράγγισης σιγά σιγά και επιστρέφει στο δοχείο συγκέντρωσης.

Όσο το θρεπτικό διάλυμα βρίσκεται μέσα στο δοχείο τα φυτά απορροφούν στοιχεία. Η διαφυγή του νερού όμως προς τα κάτω προκαλεί την είσοδο αέρα από την πάνω πλευρά. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται και ο αερισμός των ριζών. Οι υπόλοιπες λειτουργίες όπως η ανακύκλωση εμπλουτισμός και θέρμανση του διαλύματος είναι ίδιες με το N.F.T γίνονται δηλαδή μέσα στο δοχείο συγκέντρωσης και το διάλυμα ξαναχρησιμοποιείτε.



Εικόνα 2.Απεικόνιση συστήμστος EBB FLOW.

2.4 Καλλιέργεια σε περλίτη

Ο περλίτης είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει και κρυσταλλικό νερό σε ποσοστό 2-6 %. Το πρωτογενές ορυκτό, όταν θερμανθεί για σύντομο χρόνο στους 1200-1300^{0} C, διογκώνεται και σχηματίζει μια αφρώδη μάζα δεκαπλασίου εως εικοσαπλασίου περίπου όγκου από τον αρχικό. 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 κόκκων του περλίτη παραμένει αέρας και μετά την διαβροχή του υλικού. Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσσυρο, Κώ, κ.λπ.. Σήμερα ο ελληνικός περλίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο. Το μέγεθος των

κόκκων που συνιστάται για υδροπονία είναι 6-4 mm (διάμετρος). Το ολικό πορώδες του περλίτη ανέρχεται στο 95 %, η ικανότητα συγκράτησης νερού σε 200-450 % του βάρους του (ανάλογα με τη κοκκομετρική του σύσταση) και το ειδικό του βάρος στα 40-150 Kgr/m^3.

Μια ποσότητα 2-5 λίτρων περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια την κυριότερων ανθοκομικών φυτών. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκκους είτε σε γλάστρες είτε σε άλλου τύπου φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί μέσα σε υδροροές οι οποίες στη συνέχεια καλύπτονται από πάνω με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Το τελευταίο αυτό σύστημα όμως παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα, κυριότερο από τα οποία είναι η ανάγκη χρησιμοποίησης μεγαλύτερων ποσοτήτων περλίτη ανά φυτό.



Εικόνα 3.Διάφορες κοκκομετρίες περλίτη.

2.5 Καλλιέργεια σε χαλίκι

Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των

διαφόρων κοκκομετριών χαλικιού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 20-6 mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού (πολύ πιό μικρή από την αντίστοιχη της άμμου). Γι΄αυτό η καλλιέργεια σε χαλίκι συνιστάται μόνο ως κλειστό υδροπονικό σύστημα.

Η τεχνική της εγκατάστασης μίας υδροπονικής καλλιέργειας σε χαλίκι είναι σε γενικές γραμμές ανάλογη με αυτή που ακολουθείται στις καλλιέργειες σε άμμο. Ανάλογα επίσης με αυτά της άμμου είναι και τα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις υδροπονικές καλλιέργειες σε χαλίκι. Σαν μειονέκτημα, εκτός από την έλλειψη ικανότητος συγκράτησης νερού πρέπει ακόμη να αναφερθεί και το υψηλό ειδικό του βάρος το οποίο καθιστά την μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις προβληματική και τους χειρισμούς κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας δύσκολη και επίπονη και επομένως αρκετά δαπανηρή.

2.6 Καλλιέργεια σε άμμο

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική πρακτικά ανταλλακτική ικανότητα. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρα ανά φυτό. Εναλλακτικά, η άμμος μπορεί να διασκορπισθεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, άν υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή που λαμβάνει χώρα η καλλιέργεια. Σε αυτή την περίπτωση, το έδαφος του θερμοκηπίου αφού ισοπεδωθεί επικαλύπτεται με ένα πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου εφοδιασμένο με ανοίγματα αποστράγγισης, ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη του την επιφάνεια, πάνω στο οποίο απλώνεται η άμμος σε πάχος περίπου 5-10 cm.

Τα φυτά τροφοδοτούνται με θρεπτικό διάλυμα μέσω ενός συνηθισμένου συστήματος στάγδην άρδευσης. Η παροχή του διαλύματος στα φυτά γίνεται είτε με μικροσωλήνες (spagetti tubes) είτε με ενσωματωμένους σταλάκτες εφόσον η άμμος είναι απλωμένη στην επιφάνεια του θερμοκηπίου ή κατά μήκος υδρορροών. Συνήθως υπάρχει ένας σταλάκτης ανά φυτό. Συχνή όμως είναι και η χρησιμοποίηση δύο σταλακτών ανά φυτό με στόχο την καλύτερη διαβροχή του υποστρώματος αλλά και την προστασία από αποφράξεις σταλακτών.

Το θρεπτικό διάλυμα που παρέχεται στην άμμο διηθείται κατακόρυφα προς τα κάτω δια μέσου του υποστρώματος. Ένα μικρό μέρος του διαλύματος παραμένει στο πορώδες της άμμου, ενώ το υπόλοιπο στραγγίζει και τελικά απορρέει από τον χώρο των ριζών μέσω οπών ή σχισμών που έχουν ανοιχθεί στον πυθμένα του δοχείου, του σάκκου ή του πλαστικού επιστρώματος που περιέχουν ή υποστηρίζουν την άμμο. Το διάλυμα που απορρέει μέσω των σχισμών αποστράγγισης μπορεί να συλλέγεται και να επαναχρησιμοποιείται, οπότε το σύστημα λειτουργεί ως κλειστό.

Οι κόκκοι της άμμου έχουν μικρό έως μηδαμινό πορώδες και επομένως δεν συγκρατούν νερό στο εσωτερικό τους. Η άμμος ως σύνολο σχηματίζει εκτεταμένο πορώδες στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των κόκκων. Επειδή όμως η άμμος είναι ένα σχετικά χονδρόκοκκο υλικό (0,2-4,0 mm) οι πόροι αυτοί στο μεγαλύτερο ποσοστό τους είναι μεγάλου μεγέθους, με συνέπεια να μην μπορούν να συγκρατήσουν νερό. Γι' αυτό η άμμος παρουσιάζει μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, συγκρινόμενη με άλλα υποστρώματα. Εξαιτίας της χαμηλής ικανότητας συγκράτησης υγρασίας η άμμος πρέπει να ποτίζεται πολύ τακτικά (πολλές φορές κατά την διάρκεια μιάς ημέρας) για να διατηρείται συνεχώς αρκετά υγρή για την ανάπτυξη των ριζών. Αυτό όμως συνεπάγεται σημαντικές απώλειες σε θρεπτικό διάλυμα και νερό σε περίπτωση που το διάλυμα δεν ανακυκλώνεται.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υποστρώματος υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθηνό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Γιά την αποφυγή εξάπλωσης εδαφογενών ασθενειών όμως η άμμος θα ήταν καλύτερα να απολυμαίνεται πριν από την έναρξη κάθε νέας καλλιεργητικής περιόδου. Η απολύμανση της άμμου μπορεί να γίνει εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό

2.7 Καλλιέργεια σε πετροβάμβακα

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. Το μείγμα αυτό θερμαίνεται στους 1600^{o} C. Ο άνθρακας χρησιμεύει κυρίως σαν καύσιμη ύλη για την επίτευξη αυτής της θερμοκρασίας. Σ' αυτή τη θερμοκρασία, το μείμα ρευστοποιείται και οδηγείται σε ένα

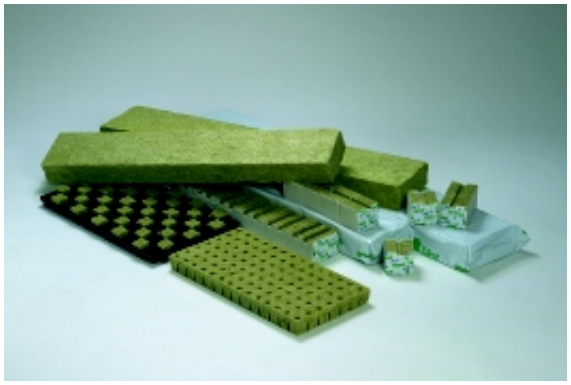
περιστρεφόμενο τύμπανο από τον χώρο του οποίου εξέρχεται σε μορφή λεπτών βελονών πάχους 6-8 μικρών (μ), δηλαδή 0,005 mm και μήκους 3 mm. Στη συνέχεια οι λεπτές αυτές βελόνες συμπλέκονται και συγκολλώνται μεταξύ τους σε μια χαλαρή πλέξη με την βοήθεια μιας συνδετικής ρητινικής ουσίας που ονομάζεται βακελλίτης, οπότε προκύπτει ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση. Το υλικό αυτό έχει περίπου 92-96 % πορώδες, ειδικό βάρος γύρω στα 60-100 Kgr/m^3 και μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα. Για χρήση στη γεωργία συνήθως χρησιμοποιούνται ορθογώνιες πλάκες (για καλλιέργεια των φυτών μετά την μεταφύτευση).

Για γεωργική χρήση 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.

Χημικά ο πετροβάμβακας συνίσταται από οξείδια διαφόρων ανοργάνων στοιχείων και κυρίως του πυριτίου, του ασβεστίου, του σιδήρου, του μαγνησίου και του αργιλλίου. Παρακάτω δίνεται ενδεικτικά η χημική σύνθεση δύο διαφορετικής προέλευσης τύπων πετροβάμβακα. Τα οξείδια που συμμετέχουν στην σύνθεσή του πετροβάμβακα είναι πρακτικά αδιάλυτα όταν το pH του θρεπτικού διαλύματος κυμαίνεται μεταξύ 5,5-6,5. Εκτός αυτού, κανένα από τα προαναφερθέντα οξείδια δεν φέρει θέσεις ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων όπως τα κολλοειδή του εδάφους και επομένως ο πετροβάμβακας στερείται ανταλλακτικής ικανότητος. Γι΄ αυτό το λόγο ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι είναι ένα χημικά αδρανές υλικό. Έτσι η θρέψη των φυτών μπορεί να ελέχγεται και να ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης.

Μολονότι ο πετροβάμβακας σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας συμπεριφέρεται ως ένα χημικά αδρανές υλικό, κατά την αρχική του διαβροχή με θρεπτικό διάλυμα η τιμή του pH ανυψώνεται κατά 1-2 μονάδες. Γι΄αυτό το λόγο η τιμή του pH του θρεπτικού διαλύματος κατά την αρχική διαβροχή των πλακών του πετροβάμβακα θα πρέπει να είναι χαμηλότερη (pH περίπου 4,5-5,0) απο την τιμή που θα έχει αργότερα (5,5 - 5,7), όταν δηλαδή τοποθετηθούν τα φυτά πάνω του. Με τον τρόπο αυτό, η τιμή

του pH μέσα στις πλάκες του πετροβάμβακα γίνεται κατορθωτό να συγκρατηθεί μεταξύ 6,0-6,5.



Εικόνα 4.Πετροβάμβακας για σποροβλάστηση και καλλιέργεια φυτών.

2.8 Καλλιέργεια σε ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι το κοινό όνομα του ορυκτού κιζιρίτης. Πρόκειται για ένα αργιλλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο δεν έχει την συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα. Η ύπαρξη ενός τόσο εκτεταμένου πορώδους καθιστά την ελαφρόπετρα ένα πέτρωμα με χαμηλό ειδικό βάρος. Σε αυτήν ακριβώς την φυσική της ιδιότητα οφείλει και το όνομά της. Ο σχηματισμός των πόρων στην ελαφρόπετρα οφείλεται στην διαφυγή ηφαιστειακών αερίων μέσα από την μάζα της κατά τον χρόνο που ελάμβανε χώρα η ψύξη της λάβας. Στην φύση η ελαφρόπετρα συναντάται σε μορφή μεγάλων πλακών ή τεμαχίων. Για να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια φυτών θα πρέπει να θρυμματίζεται σε λατομεία σε μικρούς κόκκους μεγέθους μέχρι 4 ή το πολύ μέχρι 8 mm. Αυτό όμως δεν αποτελεί πρόβλημα δεδομένου ότι η ελαφρόπετρα χρησιμοποιείται και ως οικοδομικό υλικό με αποτέλεσμα να υπάρχουν αρκετά λατομεία τα οποία την τεμαχίζουν σε μέγεθος ψηφίδας ή ακόμη και χονδρής άμμου. Στην Ελλάδα υπάρχουν εκτεταμένα κοιτάσματα ελαφρόπετρας στα νησιά του Αιγαίου (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα) από τα οποία τα σημαντικότερα βρίσκονται στην Νίσυρο. Ως εκ τούτου, η εξεύρεση της είναι εύκολη σε ποσότητες που ξεπερνούν κατά πολύ την όποια ζήτηση αναμένεται να δημιουργηθεί για χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες στη χώρα μας.

Το μεγάλο πλεονέκτημα που έχει η ελαφρόπετρα είναι η πολύ χαμηλή τιμή της η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη ακόμη και από αυτή του περλίτη (2-3 φορές χαμηλότερη). Σε σύγκριση μάλιστα με το κόστος αγοράς διαφόρων εισαγομένων υποστρωμάτων (πετροβάμβακας, διογκωμένη άργιλλος, κ.λπ.) η δαπάνη αγοράς ελαφρόπετρας είναι θεαματικά μικρότερη. Εκτός όμως από την χαμηλή τιμή της η ελαφρόπετρα έχει επιδείξει άριστη καλλιεργητική συμπεριφορά στις δοκιμές και τα πειράματα που έχουν γίνει μέχρι σήμερα με τομάτες, τριαντάφυλλο, γαρίφαλο, χρυσάνθεμο, κ.λπ.. Γι΄ αυτούς τους λόγους, τα τελευταία χρόνια η ελαφρόπετρα έχει καταστεί ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για υδροπονικές καλλιέργειες, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς.

Η ελαφρόπετρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα υδροπονίας είτε ως έχει είτε μετά από κοσκίνισμα (ώστε να απομακρυνθεί το κονιοποιημένο κλάσμα) είτε μετά από ξέπλυμα. Από τα μέχρι σήμερα δεδομένα που έχουν προκύψει τόσο από την έρευνα όσο και από την καλλιεργητική τεχνική φαίνεται ότι τόσο το κοσκίνισμα όσο και το ξέπλυμα δεν βελτιώνουν την καλλιεργητική συμπεριφορά της ελαφρόπετρας ενώ αυξάνουν το κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας. Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι το καταλληλότερο κοκκομετρικό κλάσμα ελαφρόπετρας για υδροπονικές καλλιέργειες είναι αυτό των 4-5 mm.

Η ελληνική ελαφρόπετρα έχει φαινόμενο ειδικό βάρος (F.E.B.) 0,6-0,8 Kg/L. Το ολικό πορώδες της ελληνικής ελαφρόπετρας κυμαίνεται γύρω στο 70-75% (το κοσκίνισμα και το ξέπλυμα τείνουν να το αυξήσουν) και το pH στο 7,3. Η ελαφρόπετρα έχει χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με συνέπεια να συμπεριφέρεται σχεδόν ως χημικά αδρανής.

Εκτός από την χαμηλή τιμή και την πολύ καλή καλλιεργητική συμπεριφορά η ελαφρόπετρα διαθέτει και ένα ακόμη πλεονέκτημα. Είναι ένα υλικό το οποίο μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί αρκετές φορές. Σε περίπτωση επαναχρησιμοποίησής της όμως, πριν την εγκατάσταση νέας καλλιέργειας συνιστάται να απολυμαίνεται. Η ελαφρόπετρα μπορεί να απολυμανθεί εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό.

Η ελαφρόπετρα μπορεί να τοποθετηθεί σχεδόν σε κάθε είδους υποδοχείς υποστρωμάτων. Κατά κανόνα όμως τοποθετείται είτε σε φυτοδοχεία (συνήθως γλάστρες) είτε σε σάκκους καλλιέργειας. Τόσο οι γλάστρες όσο και οι σάκκοι μπορούν να είναι διαφόρων μεγεθών, ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Ο όγκος υποστρώματος ανά φυτό σε γενικές γραμμές συνιστάται να είναι ο

ίδιος ή ελαφρώς μεγαλύτερος (μέχρι περίπου 20%) με αυτόν που συνιστάται για καλλιέργειες σε πετροβάμβακα.



Εικόνα 5.Ελαφρόπετρα προοριζόμενη για υπόστρωμα καλλιέργειας.

2.9 Καλλιέργεια σε τύρφη

Το πιό συνηθισμένο οργανικό υπόστρωμα που χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους είναι η τύρφη.

Η **τύρφη** είναι φυσικό υλικό. Προέρχεται από την αποδόμηση της υδροχαρούς βλάστησης που φύεται σε ελώδεις περιοχές και γενικότερα σε υγρότοπους. Σε τέτοιες περιοχές, με την πάροδο του χρόνου έχουν σχηματισθεί ολόκληρα κοιτάσματα, από τα οποία η τύρφη εξορύσσεται, υφίσταται κάποια επεξεργασία (απολύμανση, άλεσμα, ομογενοποίηση, κ.λπ.) και συσκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα. Γενικά υπάρχουν δύο τύποι τύρφης, η ξανθιά και η μαύρη τύρφη.

Η **ξανθιά τύρφη** έχει ινώδη υφή και δομή σταθερότερη από αυτή της μαύρης δεδομένου ότι η υδροχαρής βλάστηση από την οποία προέρχεται είναι νεώτερης ηλικίας σε σύγκριση με την τελευταία και συνεπώς έχει υποστεί αποσύνθεση (χουμοποίηση) σε μικρότερο βαθμό από αυτή. Το φαινόμενο ειδικό βάρος της κυμαίνεται μεταξύ 50-100 g/l. Προέρχεται κυρίως από την Ρωσία και τις βαλτικές χώρες αλλά και από αρκετές άλλες βορειοευρωπαϊκές χώρες. Έχει εκτεταμένο πορώδες (90-95 % του όγκου της) με καλή αναλογία μεταξύ μικρών και μεγάλων πόρων με συνέπεια να διακρίνεται από μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού και αέρα. Διαβρέχεται όμως δύσκολα και γι΄αυτό θα πρέπει να ποτίζεται με νερό τουλάχιστον 1-2 ημέρες πριν την χρησιμοποίησή της. Έχει ικανοποιητική ικανότητα

ανταλλαγής κατιόντων, όμως στην φυσική της κατάσταση τα αρνητικά φορτία των κολλοειδών είναι κορεσμένα κυρίως με ιόντα υδρογόνου, με συνέπεια να είναι φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία και να έχει χαμηλό pH (3,5-4,0). Γι' αυτό η ξανθιά τύρφη, πρίν χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους είτε αμιγής είτε σε μείγματα, θα πρέπει απαραίτητα να αναμειγνύεται με μία μικρή ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου ($CaCO_3$) σε ποσότητα 4-6 kg/m^3 για την ρύθμιση του pH της.

Η **μαύρη τύρφη** βρίσκεται σε πιο προχωρημένο στάδιο αποσύνθεσης από την ξανθιά τύρφη και γι' αυτό δεν έχει τόσο σταθερή δομή. Σε σύγκριση με την ξανθιά τύρφη έχει μεγαλύτερο φαινόμενο ειδικό βάρος (120-200 g/l) και πιό περιορισμένης έκτασης πορώδες, με συνέπεια η ικανότητα συγκράτησης νερού να είναι ελαφρώς μικρότερη η η αεροπερατότητά της σαφώς χαμηλότερη. Αντίθετα, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων της μαύρης τύρφης είναι πολύ μεγάλη (300-500 meq/l). Κοιτάσματα μαύρης τύρφης υπάρχουν και στην Ελλάδα, με πιό σημαντικά αυτά των Φιλίππων στην Ανατολική Μακεδονία.

Ένα άλλο οργανικό υλικό που άρχισε τελευταία να χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα είναι το κοκκόχωμα (γνωστό και ως cocosoil). Το κοκόχωμα στην πραγματικότητα είναι ένα φυτόχωμα που προέρχεται από την αποσύνθεση των περιβλημάτων της ινδικής καρύδας. Είναι πλούσιο σε οργανική ουσία και παρουσιάζει πολύ καλή συμπεριφορά τόσο όσον αφορά στις φυσικές του ιδιότητες (ικασνότητα συγκράτησης νερού, αεροπερατότητα, κ.λπ.) όσο και όσον αφορά την θρέψη των φυτών. Σε αυτό το τελευταίο συμβάλλει κυρίως το γεγονός ότι έχει χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με συνέπεια, πρακτικά να συμπεριφέρεται ως αδρανές υπόστρωμα. Κατά συνέπεια, όταν η κοκκοτύρφη τροφοδοτείται με ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα, η θρέψη των φυτών δεν επηρεάζεται σημαντικά από άλλους, μη προβλέψιμους και αστάθμητους παράγοντες. Το μειονέκτημά του είναι ότι από κάποια στιγμή και μετά αρχίζει σιγά – σιγά να αποσυντίθεται και επομένως αρχίζει να συμπεριφέρεται ως ένα χημικά πολύ ενεργό υλικό. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ανθοκομικές καλλιέργειες παραγωγής δρεπτών ανθέων, όπως το τριαντάφυλλο και η ζέρμπερα.



Εικόνα 6.Τυρφώδης έκταση στην Φιλανδία.

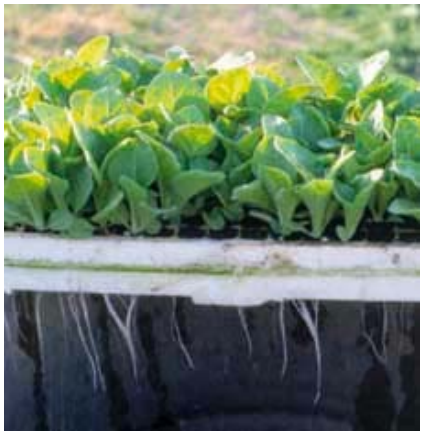
2.10 Τελάρα πολυουρεθανίου για επιπλέουσα υδροπονία.

Η μέθοδος αυτή αφορά την παραγωγή σποροφύτων σε θερμοκήπια με υψηλή ή χαμηλή κάλυψη μέσα σε λεκάνες με νερό, όπου έχουν προστεθεί οι θρεπτικές ουσίες και τα φυτοφάρμακα.

Το θερμοκήπιο μπορεί να είναι από το πιο απλό έως το πιο σύγχρονο. Απαραίτητη όμως προϋπόθεση είναι το επίπεδο της επιφάνειας του εδάφους να είναι καλά αλφαδιασμένο. Στο κέντρο του θερμοκηπίου πρέπει να υπάρχει διάδρομος πλάτους 60cm. Το μήκος καθώς και το πλάτος των λεκάνων εξαρτάται από τον αριθμό των τελάρων και πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εφαρμόζουν μεταξύ τους και να μην αφήνουν κενά τα οποία θα ευνοήσουν τη δημιουργία βρύων στο νερό. Τα πλευρικά τοιχώματα των λεκάνων πρέπει να γίνονται κατά προτίμηση με ξύλινες τάβλες ύψους 20cm η δε επικάλυψη με ειδικό μαύρο πλαστικό.

Στο νερό επιπλέουν τελάρα πολυουρεθανίου ή πολυστερόλου με κυψελίδες, που είναι τρυπημένες στο κάτω μέρος,έτσι ώστε να επιτρέπουν στις ρίζες να έρχονται σε επαφή με το υδάτινο διάλυμα (Εικ.2). Η κάθε κυψελίδα γεμίζεται με ειδική τύρφη και τοποθετείται από την αρχή ένας σπόρος (κατά προτίμηση κουφετοποιημένος). Τα τελάρα θα πρέπει να αντικαθίστανται κάθε χρόνο,επειδή

όμως αυτό δεν είναι εφικτό λόγω του μεγάλου κόστους, θα πρέπει τα



επαναχρησιμοποιούμενα τελάρα να πλένονται και κατόπιν να απολυμαίνονται καλά.

Εικόνα 7.Υποδοχέας με φυτά καπνού για Float System

2.11 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 κυβώτια 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 αποστραγγίζει μετά από κάθε ψεκασμό, συνήθως συλλέγεται και ανακυκλώνεται. Η υπαρξή 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 σύνθεσή 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 κλειστα 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.

3. ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

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

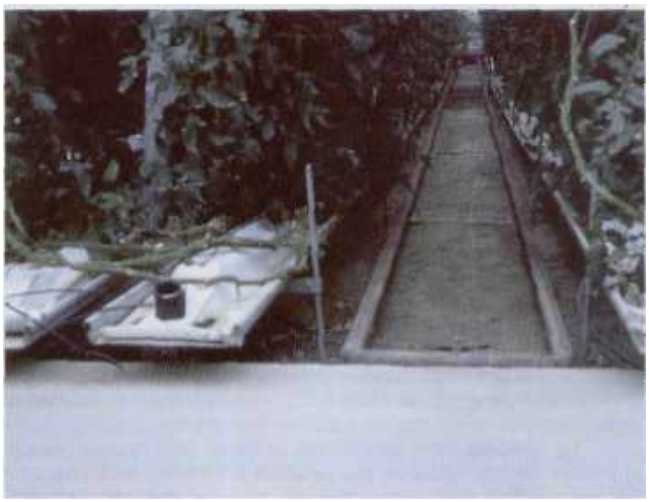
- Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση από πλαστικό.
- Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growth bags).
- Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών.
- Υποδοχείς κατακόρυφης τοποθέτησης.
- Υποδοχείς απο πετροβάμβακα (rockwool).
- Υποδοχείς για αεροπονία.

3.1 N.F.T. (Nutrient Film Technique)

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται για το θρεπτικό διάλυμα του N. F. T. 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 λαμαρινοκατασκεύη ή ακόμα τοποθετείται επι τσιμεντένιου δαπέδου.

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



Εικόνα 8.Μεταλλική κατασκευή για την καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (N. F. T.) .

3.2 Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growth bags).

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. *Σάκκοι μεγάλου μήκους οριζόντιας τοποθέτησης:* Το μήκος τους μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 μέτρα. Για την διαμόρφωση αυτών των σάκκων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου, αντί σωλήνα, πλάτους γύρω στα 70 CM. Η διαμόρφωση του σάκκου 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.



Εικόνα 9.Πλαστικοί σάκοι grow bags.

3.3Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών.

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

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



Εικόνα 10.Γλαστράκι Net Pot.

Γλάστρες από πεπιεσμένο coco soil, προσφέρουν καλό αερισμό και το υλικό κατασκευής είναι φιλικό προς το περιβάλλον (Coco pots).



Εικόνα 11.Γλαστράκι Coco Pots.

Γλάστρες σε σχήμα κώνου. Προσφέρουν καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος

Κουτιά πολυεστέρα (φελιζολ)

3.4 Υποδοχείς κατακόρυφης τοποθέτησης.

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση του υποστρώματος ανάπτυξης των φυτών και τη διαμόρφωση των κατακόρυφων στηλών είναι δύο τύπων.

Ο ένας τύπος είναι μαλακοί πλαστικοί σωλήνες πολυαιθυλενίου, διαμέτρου γύρω στα 16 cm, με γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά και μαύρο εσωτερικά. Το πάχος του πολυαιθυλενίου είναι συνήθως γύρω στα 200 μ. (0,2 mm).



Εικόνα 12.Κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας σε σάκους .

Ο άλλος τύπος υποδοχέα είναι γλάστρα από διογκωμένη πολυστερίνη, τετράγωνης διατομής, με ακμή κορυφής εξωτερικά 10,75 cm, πάτου 12,30 cm και ύψους 20,50 cm . Το πάχος των τοιχωμάτων της (διογκωμένης πολυστερίνης) είναι 2 cm. Με βάση τις ανωτέρω διαστάσεις της γλάστρας η χωρητικότητα της φτάνει τα 3,31L. Στον πάτο της η γλάστρα φέρει μία τρύπα στο κέντρο, διαμέτρου 1,5 cm και τέσερις τρύπες, διαμέτρου 0,5 cm η καθεμία, περιφερειακά της μεγάλης. Στη μέση της κάθε ακμής της κορυφής υπάρχει τριγωνική εγκοπή, κατάλληλα διαμορφωμένη ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή του πάτου της επόμενης γλάστρας σε σταυροειδή τοποθέτηση κι έτσι με την τοποθέτηση της μιας γλάστρας να διαμορφώνεται η άλλη.



Εικόνα 13.Κατακόρυφες στήλες από γλάστρες φελιζόλ.

3.5 Υποδοχείς απο πετροβάμβακα (rockwool).

Διατίθεται τόσο σε μορφή κύβων (για προβλάστηση και παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού) (Εικ.8) 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 14.Υποδοχεις από πετροβάμβακα.

3.6 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 φυτοδοχέια ή πλάκες από φελιζολ (ψαροκασέλες), έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία.Είναι σημαντικό στο διάκενο των υποδοχέων μέσα στο οποίο βρίσκεται το ριζικό σύστημα να επικρατεί σκοτάδι για την αποφυγή ανάπτυξης αλγών.



Εικόνα 15.Ριζικό σύστημα όπου υποδοχέας είναι πλάκες από φελιζόλ.

4. Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΗΣ ΡΙΖΑΣ

Ένα φυτό για να αναπτυχθεί θα πρέπει να συνυπάρχουν οι παράγοντες νερό,φως,αέρας και η κατάλληλη θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη ριζική ανάπτυξη, όπως και την απορρόφηση των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων και νερού. Η ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξη και τη λειτουργία της ρίζας

διαφέρει στα διάφορα είδη και ποικιλίες, αλλά γενικά για τα φυτά που καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο, θερμοκρασίες κάτω των 20°C αρχίζουν να δημιουργούν αλλαγές στη ριζική ανάπτυξη και συμπεριφορά. Κάτω των ιδανικών θερμοκρασιών μειώνεται η ανάπτυξη και η διακλάδωση της ρίζας και οδηγεί σε μια τραχιά όψη της ρίζας. Επίσης, η απορρόφηση νερού και ιόντων μειώνεται, καθώς η διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών και η κινηματική του χυμού μειώνονται.

Στα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά, θερμοκρασία ρίζας 20-30°C ευνοεί τον υψηλό ρυθμό ανάπτυξης της, συντελώντας και στην παραγωγή μεγαλύτερων φύλλων και συνεπώς μεγαλύτερης συνολικά φωτοσυνθετικής επιφάνειας.

Η υψηλή θερμοκρασία επιταχύνει το ρυθμό γήρανσης του φύλλου.Αν η θερμοκρασία της ρίζας παραμένει για μακρύ χρονικό διάστημα σε χαμηλά επίπεδα, δεν επιτρέπει στη ρίζα να τροφοδοτήσει με τις απαιτούμενες ποσότητες νερού την κόμη. Σε αυτή την περίπτωση τα φυτά μαραίνονται τις μέρες με υψηλή ηλιοφάνεια, κατά τις οποίες επικρατεί υψηλή εξατμισοδιαπνοή και επομένως σταματά η φωτοσύνθεση τους. Σε χαμηλές θερμοκρασίες ρίζας παρατηρούνται επίσης και πολλές τροφοπενίες. Η απορρόφηση των ιόντων φωσφόρου, σιδήρου και μαγγανίου φαίνεται να επηρεάζεται περισσότερο από τις χαμηλές θερμοκρασίες ρίζας, από ό,τι τα άλλα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Θα πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι το ιξώδες του νερού αλλάζει με τη μείωση της θερμοκρασίας, το οποίο με τη σειρά του επιβραδύνει τις κινήσεις του νερού γύρω αλλά και μέσα στη ρίζα.

Η μέγιστη ανεκτή θερμοκρασία της ρίζας (πριν συμβεί σημαντική μείωση στη λειτουργία της ρίζας) δεν είναι ακόμα γνωστή για πολλά είδη φυτών. Φαίνεται ότι οι ρίζες ανέχονται μικρές περιόδους υψηλών θερμοκρασιών. Οι ρίζες στα περισσότερα είδη του θερμοκηπίου είναι πλήρως λειτουργικές και σε θερμοκρασία 30 °C και πιθανώς μπορούν να αντέξουν και σε θερμοκρασίες ώς 35 °C υπό συνθήκες καλής οξυγόνωσης.

Για την αποφυγή κινδύνων, είτε από χαμηλές είτε από υψηλές θερμοκρασίες, οι ρίζες και το υπόστρωμα καλά είναι να διατηρούνται σε θερμοκρασίες μεταξύ 20-30 °C. Χαμηλότερες ή υψηλότερες από τις προτεινόμενες θερμοκρασίες, αν διατηρηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα, πιθανόν να οδηγήσουν σε μειωμένη ανάπτυξη και άλλα συμπτώματα κακής θρέψης των φυτών.

Όταν τη χειμερινή περίοδο ρυθμίζεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου στα κανονικά επίπεδα, ανάλογα με το καλλιεργούμενο φυτό, χωρίς

ιδιαίτερη θέρμανση της ρίζας, τότε η θερμοκρασία που επικρατεί στη ρίζα είναι κατά μέσο όρο αυτή του αέρα του θερμοκηπίου. Γι' αυτό συχνά, για να διατηρηθεί η θερμοκρασία της ρίζας, τη νυχτερινή ιδιαίτερα περίοδο, μεταξύ 20-30"C, απαιτείται να εγκατασταθεί ιδιαίτερο σύστημα θέρμανσης της ρίζας. Συνήθως χρησιμοποιείται η θέρμανση του θρεπτικού διαλύματος και η εγκατάσταση δύο γραμμών σωλήνα θέρμανσης κάτω από το υπόστρωμα καλλιέργειας ή κάτω από τα κανάλια καλλιέργειας. Η μέση θερμοκρασία του νερού που κυκλοφορεί στο σωλήνα θέρμανσης, για να μην προξενήσει βλάβες στο ριζικό σύστημα, συνήθως δεν υπερβαίνει τους 35°C.

Τη θερινή περίοδο συχνά η θερμοκρασία της ρίζας υπερβαίνει σημαντικά τις επιθυμητές τιμές. Αυτό παρατηρείται ιδιαίτερα στα συστήματα καλλιέργειας στα οποία δε χρησιμοποιείται κάποιο πορώδες υπόστρωμα, γιατί το πορώδες υπόστρωμα έχει θερμομονωτικά χαρακτηριστικά και προστατεύει τη ρίζα από την υπερθέρμανση. Στις περιπτώσεις που χρειάζεται, για την προστασία της ρίζας από την υπερθέρμανση, θα πρέπει να προστατεύονται τα κανάλια που περιέχουν τη ρίζα από την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, η κυκλοφορία ψυχρού νερού στην εγκατάσταση των σωλήνων θέρμανσης της ρίζας βελτιώνει σημαντικά το θερμικό περιβάλλον της ρίζας. Τέλος, ο έντονος αερισμός του θρεπτικού διαλύματος σε αυτή την περίπτωση θεωρείται αναγκαίος, γιατί βελτιώνεται η οξυγόνωση του και ταυτόχρονα μειώνεται η θερμοκρασία του.

4.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Ο υπολογισμός της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων μπορεί να χωριστεί σε δυο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά στον υπολογισμό των μακροστοιχείων όπου με την προσθήκη μιας ποσότητας λιπάσματος θα πρέπει να υπολογιστούν οι μεταβολές δυο ή περισσοτέρων θρεπτικών στοιχείων, π.χ. η προσθήκη νιτρικού καλίου (KNO3) στο διάλυμα για την αύξηση της συγκέντρωση του καλίου έχει ως συνέπεια και την ταυτόχρονη μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρικών. Το δεύτερο μέρος των υπολογισμών αφορά τα ιχνοστοιχεία. Σ' αυτή την περίπτωση οι υπολογισμοί είναι πολύ απλούστεροι, γιατί το κάθε άλας με το οποίο γίνεται η προσθήκη ιχνοστοιχείων δεν περιέχει άλλα ιχνοστοιχεία παρά σε ασήμαντη μόνο ποσότητα. Επίσης η ποσότητα του άλατος που προστίθεται στο θρεπτικό διάλυμα είναι, συγκριτικά με τα

μακροστοιχεία, πολύ μικρή και επομένως η προσθήκη τυχόν μακροστοιχείου από το άλας των ιχνοστοιχείων στο διάλυμα είναι αμελητέα.

4.2 Διαδικασία υπολογισμού των μακροστοιχείων

Παρακάτω στον πίνακα 1 αναφέρεται ένα παράδειγμα υπολογισμού των μακροστοιχείων του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας, χρησιμοποιώντας βρόχινο ή απιονισμένο νερό.

Πίνακας 1. Για τον υπολογισμό ενός θρεπτικού διαλύματος (αγγουριού). Η βασική σύνθεση δίνεται σε mmol/l

Βασική Σύνθεση								
	mmol/l	NO_3^- 11,75	$H_2PO_4^-$ 1,25	SO_4^{--} 1,00	NH_4^+ 0,50	K^+ 5,50	Ca^{++} 3,50	Mg^{++} 1,00
$Ca(NO_3)_2$	3,5	7					3,5	
$Mg\ SO_4$	1			1				1
$Mg(NO_3)_2$	-	-						-
K_2SO_4	-			-		-		
NH_4NO_3	0,50	0,50			0,50			
H_3PO_4	-		-					
KH_2PO_3	1,25		1,25			1,25		
KNO_3	4,25	4,25				4,25		
HNO_3	-	-						

Στην τρίτη γραμμή του πίνακα 1 δίνεται η βασική σύνθεση σε ιόντα (ποσότητες σε mmol/l) ενός θρεπτικού διαλύματος κατάλληλου για την καλλιέργεια της αγγουριάς. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η βασική σύνθεση στη παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων θα πρέπει το άθροισμα των αρνητικά φορτισμένων ιόντων σε **meq/l** να είναι ίσο με το άθροισμα των θετικά φορτισμένων. Σ΄ αυτή την περίπτωση: **(11,75** mmol/l **NO_3^- X 1) + (1,25** mmol/l **$H_2PO_4^-$ X 1) + (1,00** mmol/l **SO_4^{--} X 2) = (0,5** mmol/l **NH_4^+ X 1) + (5,5** mmol/l **K^+ X 1) + (3,5** mmol/l **Ca^{++} X 2) + 1** mmol/l **Mg^{++} X 2) = 15 meq/l.**

Στις γραμμές 4 έως 12, στη πρώτη στήλη αναγράφονται με σειρά τα λιπάσματα που είναι διαθέσιμα για τη παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος, αρχίζοντας από αυτά που είναι μοναδικά όπως το νιτρικό ασβέστιο και ακολουθούν αυτά του μαγνησίου, θειικών, αμμωνίας, φωσφορικών, καλίου και νιτρικού οξέως.

Προηγούνται οι προτιμητέες μορφές σχετικά με τη διαλυτότητα και το κόστος. Στις στήλες κάτω από κάθε ιόν αναγράφεται η ποσότητα του ιόντος που θα καλυφθεί από το κάθε λίπασμα. Στη δεύτερη στήλη του πίνακα αναγράφεται η προκύπτουσα ποσότητα σε mmol του λιπάσματος που απαιτείται.

Η διαδικασία υπολογισμών είναι η εξής:

α) Συνήθως ξεκινάμε τους υπολογισμούς με την απαιτούμενη προσθήκη ασβεστίου, που σχεδόν πάντα προστίθεται με τη μορφή νιτρικού ασβεστίου (τέταρτη γραμμή πίνακα 1). Τα mmol/l νιτρικού ασβεστίου που προστίθενται είναι όσα τα mmol/l Ca^{++} που απαιτούνται (βλ. τρίτη γραμμή όγδοη στήλη) και αναγράφονται στη τέταρτη γραμμή δεύτερη στήλη. Στην τέταρτη γραμμή, όγδοη στήλη αναγράφονται τα ιόντα ασβεστίου που θα προστεθούν από αυτή τη ποσότητα του λιπάσματος στο διάλυμα. Παράλληλα όμως με τα ιόντα ασβεστίου που προστίθενται στο διάλυμα με το λίπασμα αυτό, προστίθενται και νιτρικά ιόντα. Η προσθήκη νιτρικών, σε mmol/l, είναι διπλάσια των mmol/l ασβεστίου. Στη τέταρτη γραμμή, τρίτη στήλη αναγράφονται και τα ιόντα νιτρικών που προστίθενται από αυτό το λίπασμα.

β) Ακολουθεί κατά τον ίδιο τρόπο ο υπολογισμός της προσθήκης μαγνησίου, με τη μορφή θειικού μαγνησίου (Πέμπτη γραμμή πίνακα 1). Παράλληλα με τα ιόντα μαγνησίου που προστίθενται στο διάλυμα, με το λίπασμα αυτό, προστίθενται και θειικά ιόντα. Στη περίπτωση αυτή, όσα είναι τα mmol/l Mg^{++} που προστίθενται, άλλα τόσα είναι και τα mmol/l SO_4^{--}.

Όταν η επιθυμητή συγκέντρωση Mg^{++} σε mmol/l είναι μεγαλύτερη αυτής των SO_4^{--} σε mmol/l, τότε προστίθενται τόσα mmol/l θειικού μαγνησίου όσα τα απαιτούμενα mmol/l SO_4^{--}, το υπόλοιπο μέρος της συγκέντρωσης Mg^{++} προστίθεται με τη μορφή νιτρικού μαγνησίου (έκτη γραμμή). Στη περίπτωση που χρησιμοποιηθεί νιτρικό μαγνήσιο, το λίπασμα περιέχει και προστίθενται μαζί, εκτός του μαγνησίου και νιτρικά, τα οποία σε mmol/l, είναι διπλάσια των mmol/l μαγνησίου.

Αντίθετα όταν η επιθυμητή συγκέντρωση SO_4^{--} υπερβαίνει αυτή των ιόντων μαγνησίου, τότε προστίθενται τόσα mmol/l θειικού μαγνησίου όσα τα απαιτούμενα mmol/l Mg^{++}, το υπόλοιπο μέρος της συγκέντρωσης SO_4^{--} προστίθεται με τη μορφή θειικού καλίου (έβδομη γραμμή πίνακα 1). Στη περίπτωση του θειικού καλίου προστίθεται και κάλι, η προσθήκη K^+, σε mmol/l, είναι διπλάσια των mmol/l SO_4^{--}.

γ) Η διαδικασία συνεχίζεται με τη προσθήκη των ιόντων αμμωνίου με τη μορφή νιτρικής αμμωνίας (όγδοη γραμμή πίνακα 1) και σπανιότερα με τη μορφή φωσφορικού αμμωνίου. Παράλληλα με τα ιόντα αμμωνίου που προστίθενται στο

διάλυμα, με το λίπασμα της νιτρικής αμμωνίας, προστίθενται και νιτρικά ιόντα. Όσα είναι τα mmol/l NH_4^+ που προστίθενται, άλλα τόσα είναι και τα mmol/l NO_3^-.

δ) Έπεται η προσθήκη του φωσφόρου. Όπου είναι δυνατό για να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε φωσφόρο προτιμάται η μορφή του φωσφορικού οξέος, γιατί το φωσφορικό οξύ είναι η φθηνότερη πηγή φωσφόρου. Στη πράξη θεωρούμε ότι όσα mmol/l $H_2PO_4^-$ προστίθενται, άλλα τόσα mmol/l H^+ προστίθενται, τα οποία θα εξουδετερώσουν αντίστοιχες ποσότητες όξινων ανθρακικών που περιέχονται στο αρδευτικό νερό.

Στις περιπτώσεις όμως που η περιεκτικότητα οξυανθρακικών ιόντων στο νερό είναι πολύ μικρή ή μηδενική (όπως σε αυτό το παράδειγμα), ο φωσφόρος δεν είναι δυνατό να δοθεί με τη μορφή φωσφορικού οξέος (γιατί θα παρασκευαστεί πολύ όξινο διάλυμα), και δίνεται με τη μορφή φωσφορικού μονοκαλίου. Στη περίπτωση του KH_2PO_4 πλήν του φωσφόρου γίνεται και προσθήκη K^+ η συγκέντρωση του οποίου σε mmol/l είναι όση και των $H_2PO_4^-$.

Στη περίπτωση που το αμμώνιο έχει χορηγηθεί υπό μορφή $NH_4H_2PO_4$, τότε η συγκέντρωση σε mmol/l του H_3PO_4 ή του KH_2PO_4 θα πρέπει να μειώνεται κατά την ποσότητα σε mmol/l του $H_2PO_4^-$ που έχει προστεθεί στο διάλυμα με τη προσθήκη του $NH_4H_2PO_4$.

ε) Ακολουθεί η προσθήκη του καλίου με τη μορφή νιτρικού καλίου (ενδέκατη γραμμή πίνακα 1). Τα mmol/l νιτρικού καλίου που πρέπει να προστεθούν είναι όσα τα mmol/l K^+ που απαιτούνται, αφού αφαιρεθούν οι συγκεντρώσεις K^+ που, τυχόν, έχουν χορηγηθεί προηγουμένως υπό μορφή φωσφορικού μονοκαλίου και θειικού καλίου.

Παράλληλα με τα ιόντα καλίου που προστίθενται στο διάλυμα, προστίθενται και νιτρικά ιόντα. Όσα είναι τα mmol/l K^+ που προστίθενται, άλλα τόσα είναι και τα mmol/l NO_3^-.

ζ) Τέλος συμπληρώνεται η συγκέντρωση των νιτρικών με την προσθήκη νιτρικού οξέος (δωδέκατη γραμμή πίνακα 1). Τα mmol/l νιτρικού οξέος που πρέπει να προστεθούν είναι όσα τα mmol/l NO_3^- που απαιτούνται, αφού αφαιρεθούν η συγκέντρωση των NO_3^-, που έχουν χορηγηθεί υπό μορφή νιτρικού ασβεστίου, νιτρικού μαγνησίου, νιτρικής αμμωνίας και νιτρικού καλίου.

Μετά τη συμπλήρωση του πίνακα αθροίζονται οι τιμές της κάθε στήλης, όλων των ιόντων, για να γίνει η επαλήθευση με τις τιμές της βασικής σύνθεσης (τρίτη γραμμή).

Από τα meq/l που υπολογίστηκαν προηγουμένως για τη βασική σύνθεση, μπορεί να γίνει η εκτίμηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) που πρέπει να έχει το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας, ώστε τα απαιτούμενα ιόντα να βρίσκονται στις επιθυμητές συγκεντρώσεις:

$$EC \approx 15 \text{ meq/l } /10 \approx 1{,}5 \text{ dS/m}.$$

4.3 Υπολογισμός ενός θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας με υψηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα

Αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε υψηλότερης αγωγιμότητας θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας, από αυτό που προκύπτει με τη βασική σύνθεση, τότε αυξάνουμε κατά το αντίστοιχο ποσοστό τη ποσότητα των ιόντων της βασικής σύνθεσης και μετά υπολογίζεται η ποσότητα των λιπασμάτων που απαιτούνται για να δημιουργηθεί το διάλυμα. Γενικά όταν χρησιμοποιείται υψηλότερη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα τροφοδοσίας, τότε καλά είναι να μην αυξάνεται αντίστοιχα η ποσότητα των όξινων φωσφορικών και των αμμωνιακών διότι μεγάλες συγκεντρώσεις θεωρείται ότι έχουν αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών. Σε αυτή τη περίπτωση το ποσοστό αύξησης των αμμωνιακών προστίθεται στα νιτρικά ώστε να μην μεταβληθεί η σχετική αναλογία του Αζώτου στο διάλυμα. Για να γίνει εξισορρόπηση των meq/l ανιόντων κατιόντων λόγω των λιγότερων φωσφορικών και αμμωνιακών αυξάνονται όσο χρειάζεται τα θειικά ώστε τα meq/l των ανιόντων να είναι όσα αυτά των κατιόντων.

Στον επόμενο πίνακα 2 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα υπολογισμού των μακροστοιχείων του θρεπτικού διαλύματος, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί διάλυμα τροφοδοσίας με υψηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Πίνακας 2. Για τον υπολογισμό ενός θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας με υψηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Βασική Σύνθεση								
	mmol/l	NO_3^- 11,75	$H_2PO_4^-$ 1,25	SO_4^{--} 1,00	NH_4^+ 0,50	K^+ 5,50	Ca^{++} 3,50	Mg^{++} 1,00
	Διόρθωση για υψηλότερη EC 40%							
Λίπασμα	mmol/l	16,65	1,25	1,45	0,50	7,70	4,90	1,40
$Ca(NO_3)_2$	4,90	9,80					4,90	
$Mg\ SO_4$	1,40			1,40				1,40
$Mg(NO_3)_2$	-							
K_2SO_4	0,05			0,05		0,10		
NH_4NO_3	0,50	0,50			0,50			
H_3PO_4	-							
KH_2PO_4	1,25		1,25			1,25		
$K\ NO_3$	6,35	6,35				6,35		
HNO_3	-							

Στο παράδειγμα του πίνακα 1 η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) που πρέπει να έχει το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας υπολογίστηκε σε 1,50 dS/m. Αν όμως στις συνθήκες που γίνεται οι καλλιέργεια μας πρέπει να τροφοδοτούμε τα φυτά με θρεπτικό διάλυμα υψηλότερης ηλεκτρικής αγωγιμότητας π.χ. 2,08 dS/m θα χρειαστεί να πολλαπλασιάσουμε τις ποσότητες της βασικής σύνθεσης της τρίτης γραμμής του πίνακα 2 (πλην των φωσφορικών και των αμμωνιακών) με το συντελεστή διόρθωσης: 2,08 /1,50 = 1,4. Το αποτέλεσμα της διόρθωσης αναγράφεται στη πέμπτη γραμμή. Η συγκέντρωση των νιτρικών έχει αυξηθεί και κατά το ποσοστό που έπρεπε να αυξηθούν τα αμμωνιακά. Επίσης η ποσότητα των θειικών έχει αυξηθεί επιπλέον τόσο όσο το άθροισμα σε **meq** των ανιόντων να γίνει ίσο με αυτό των κατιόντων.

Η σύνθεση των ιόντων που απαιτούνται για να παρασκευαστεί το επιθυμητό θρεπτικό διάλυμα αναφέρονται πλέον στη πέμπτη γραμμή του πίνακα 2 και συνεχίζουμε τους υπολογισμούς όπως το πρώτο παράδειγμα

4.4 Υπολογισμός ενός θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας για νερό που περιέχει ιόντα

Στα προηγούμενα παραδείγματα (για τους υπολογισμούς του πίνακα 1 και 2), θεωρήθηκε ότι το νερό που θα χρησιμοποιηθεί για το θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας θα είναι βρόχινο και δεν περιέχει ιόντα.

Στην πράξη επειδή συνήθως τα νερά που προέρχονται από γεωτρήσεις περιέχουν διάφορες ποσότητες ιόντων, η ποσότητα των ιόντων που θα πρέπει να προστεθεί τελικά, από τα λιπάσματα στο νερό, είναι αυτή που θα προκύψει μετά τη διόρθωση της βασικής σύνθεσης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων περιέχονται τα ιόντα HCO_3^-, Ca^{++} και Mg^{++}. Για την εξουδετέρωση του HCO_3^- προστίθενται οξέα (ίσες ποσότητες H_3O^+). Συνήθως όταν το νερό περιέχει HCO_3^-, περιέχει και ανάλογες ποσότητες Ca^{++} ή Mg^{++} οι οποίες θα πρέπει να αφαιρούνται από τη βασική σύνθεση. Αν το νερό περιέχει και SO_4^{--} ή άλλο μακροστοιχείο αφαιρείται και η ποσότητα των μακροστοιχείων αυτών.

Στον πίνακα 3 δίνεται ένα παράδειγμα υπολογισμού ενός θρεπτικού διαλύματος για την καλλιέργεια τομάτας (EC≈1,65 dS/m). Στους υπολογισμούς έχει ληφθεί υπόψη ότι το νερό περιέχει 3 mmol HCO_3^-, 1 mmol Ca^{++} και 0,5 mmol Mg^{++}/l.

Πίνακας 3. Σχήμα για τον υπολογισμό θρεπτικού διαλύματος για νερό που περιέχει ιόντα HCO_3^-, Ca^{++} και Mg^{++}

Βασική σύνθεση									
Λίπασμα	mmol/l	NO_3^{--} 10,5	$H_2PO_4^-$ 1,5	SO_4^{--} 2,25	H_3O^+ -	NH_4^+ 0,5	K^+ 7,0	Ca^{++} 3,5	Mg^{++} 1,0
	Διόρθωση								
Νερό					-3,0			1,0	0,5
	Προσθήκη								
		10,5	**1,5**	**2,25**	**3,0**	**0,5**	**7,0**	**2,5**	**0,5**
$Ca(NO_3)_2$	2,5	5,0						2,5	
$MgSO_4$	0,5			0,5					0,5
$Mg(NO_3)_2$	-								
K_2SO_4	1,75			1,75			3,5		
NH_4NO_3	0,5	0,5				0,5			
H_3PO_4	1,5		1,5		1,5				
KH_2PO_4	-								
KNO_3	3,5	3,5					3,5		
HNO_3	1,5	1,5			1,5				

Στην τρίτη γραμμή του πίνακα 3 δίνεται η βασική σύνθεση ιόντων (ποσότητες σε mmol/l) ενός θρεπτικού διαλύματος κατάλληλου για την καλλιέργεια της τομάτας .

Στη Πέμπτη γραμμή του πίνακα 2 αναφέρονται οι αντίστοιχες ποσότητες των ιόντων που περιέχονται στο νερό (ποσότητες σε mmol/l).

Όπως στη περίπτωση της βασικής σύνθεσης έτσι και στη περίπτωση του νερού θα πρέπει να υπάρχει ισορροπία ιόντων, δηλαδή το άθροισμα των αρνητικά φορτισμένων ιόντων του νερού σε meq/l να είναι ίσο με το άθροισμα των θετικά φορτισμένων.

Από τις ποσότητες των ιόντων της βασικής σύνθεσης (τρίτη γραμμή πίνακα 3) αφαιρούνται οι αντίστοιχες ποσότητες των ιόντων που περιέχονται στο νερό (πέμπτη γραμμή).

Στην έβδομη γραμμή του πίνακα αναγράφονται οι διαφορές μεταξύ των ιόντων του βασικού θρεπτικού διαλύματος και αυτών του νερού. Επομένως η σύνθεση των ιόντων που απαιτούνται για να παρασκευαστεί το επιθυμητό θρεπτικό διάλυμα αναφέρονται πλέον στην εβδόμη γραμμή του πίνακα.

Συνεχίζουμε τους υπολογισμούς όπως το πρώτο παράδειγμα

Οι συγκεντρώσεις νιτρικού και φωσφορικού οξέος που υπολογίζονται μέσω αυτής της διαδικασίας, συνήθως επαρκούν για τον έλεγχο του pH του διαλύματος.

Αν το νερό πλην αυτών που αναφέρθηκαν περιέχει και ιόντα χλωριούχου νατρίου, τότε η ηλεκρική αγωγιμότητα (EC) του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας θα πρέπει να είναι το άθροισμα της EC που προέρχεται από τα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία συν αυτή που προέρχεται από τα ιόντα του χλωριούχου νατρίου. Αν π.χ. στο προηγούμενο παράδειγμα το νερό περιέχει επιπλέον 3,5 mmol/l ιόντα χλωρίου και 3,5 mmol/l ιόντα νατρίου, τότε η προστιθέμενη EC από το χλωριούχο νάτριο είναι 3,5/10 ≈ 0,35 dS/m. Επομένως η συνολική EC του διαλύματος τροφοδοσίας θα πρέπει να είναι: 1,65 dS/m EC που προέρχεται από τα ιόντα της βασικής σύνθεσης + 0,35 dS/m EC που προέρχεται από το χλωριούχο νάτριο ≈ 2,0 dS/m EC. Σε αυτή τη περίπτωση αν η EC του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας ρυθμιστεί να είναι μικρότερη από 2,0 dS/m, τότε τα φυτά δέχονται μικρότερη από τη απαιτούμενη συγκέντρωση ανόργανων θρεπτικών στοιχείων στη ρίζα τους.

4.5 Υπολογισμός των απαιτούμενων λιπασμάτων

Ο υπολογισμός των συγκεκριμένων ποσοτήτων λιπασμάτων σε kg/m^3 γίνεται μέσω μετατροπής των mmol/l της συγκέντρωσης σε μονάδες βάρους (πολλαπλασιασμός με το γραμμομόριο του άλατος-λιπάσματος) και αναγωγής στο συγκεκριμένο όγκο διαλύματος που πρόκειται να παρασκευαστεί.Π.χ. από τον πίνακα 2 (δεύτερη στήλη, δέκατη τρίτη γραμμή) βρίσκουμε ότι η συγκέντρωση KNO_3 πρέπει

να είναι 6,35 mmol/l, το βάρος του λιπάσματος θα είναι: KNO_3 = 6,35 mmol/l **X** 101,1 g/mol (το γραμμομόριο) = 642 mg/l ή 642 g/m^3 διαλύματος τροφοδοσίας. Για τη παρασκευή του μητρικού διαλύματος: 642 g/m^3 **X** 100 φορές πυκνότερο = 64200 g/m^3 ή 64,2 kg λιπάσματος /m^3 (για 100 φορές πιο πυκνό διάλυμα).

Στη περίπτωση του $MgSO_4$ η συγκέντρωση πρέπει να είναι 1,4 mmol/l, το βάρος του λιπάσματος θα είναι: 1,4 mmol/l **X** 246,3 g/mol = 344,8 mg/l ή 344,8 g/m^3. Για τη παρασκευή 100 φορές πιο πυκνού μητρικού διαλύματος: 344,8 g/m^3 **X** 100 φορές πυκνότερο = 34480 g/m^3 ή 34,5 kg λιπάσματος /m^3.

Το αποτέλεσμα που προκύπτει από τους υπολογισμούς των ποσοτήτων που αναφέρονται στον πίνακα 2, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 4.

Πίνακας 4. Μακροστοιχεία για την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος (mg/l) ή μητρικού διαλύματος (kg/m^3) αγγουριού με βρόχινο νερό.

Λίπασμα		**g/mol**	**mmol/l**	**Θρεπτικό Διάλυμα τροφοδοσίας mg/l**	**Μητρικό διάλυμα kg/m^3**
Νιτρικό ασβέστιο	$Ca(NO_3)_2$	(181)	4,90	887	88,7
Μαγνησία	$MgSO_4$	246,3	1,40	345	34,5
Θειικό Κάλι	K_2SO_4	174,3	0,05	9	0,9
Νιτρική αμμωνία	NH_4NO_3	80,0	0,50	40	4,0
Μονοφωσφορικό κάλι	KH_2P0_4	136,1	1,25	170	17,0
Νιτρικό κάλι	KNO_3	101,1	6,35	642	64,2

4.6 Υπερβολική ποσότητα κάποιου μακροστοιχείου στο νερό.

Αν η ποσότητα κάποιου μακροστοιχείου που περιέχει το νερό είναι λίγο μεγαλύτερη από την απαιτούμενη στη βασική σύνθεση, για τον υπολογισμό του θρεπτικού διαλύματος, διαιρείται πρώτα η ποσότητα του στοιχείου που υπάρχει στο νερό με την απαιτούμενη ποσότητα που αναφέρεται στη βασική σύνθεση και με το πηλίκο (ποσοστό υπερβολής) πολλαπλασιάζονται τα στοιχεία της βασικής σύνθεσης (πλην φωσφορικών και αμμωνιακών), ώστε να αυξηθεί η ποσότητα τους στο ανάλογο ποσοστό (Το ποσοστό αύξησης των αμμωνιακών προστίθεται στα νιτρικά και αυξάνονται λίγο περισσότερο τα θειικά για την εξισορρόπηση των φωσφορικών και αμμωνιακών) όπως και στην περίπτωση της αυξημένης αγωγιμότητας.

Η νέα βασική σύνθεση που βρέθηκε χρησιμοποιείται για να γίνουν οι υπολογισμοί.

Εξυπακούεται ότι η νέα αυξημένη βασική σύνθεση επιβάλει τη χρησιμοποίηση μεγαλύτερης ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο θρεπτικό διάλυμα τροφοδοσίας που θα χρησιμοποιηθεί στην άρδευση. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι αυξημένη κατά το ποσοστό υπερβολής. Με αυτό τον τρόπο η ποσότητα των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα αυξάνει αλλά η αναλογία των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων μεταξύ τους παραμένει η ίδια.

4.7 Διαδικασία υπολογισμού των ιχνοστοιχείων

Για να υπολογιστούν οι ποσότητες των λιπασμάτων που περιέχουν τα ιχνοστοιχεία ώστε να παρασκευαστεί δεδομένος όγκος πυκνού διαλύματος ιχνοστοιχείων, μπορεί απλώς να πολλαπλασιαστεί η επιζητούμενη συγκέντρωση του εκάστοτε ιχνοστοιχείου (**μ**mol/l) με το μοριακό βάρος του λιπάσματος και του όγκου σε λίτρα του αραιού διαλύματος, στα οποία αντιστοιχεί το πυκνό διάλυμα που παρασκευάζεται. Όταν οι απαιτούμενες συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων δίδονται σε mg/l ή ppm, οι υπολογισμοί γίνονται χρησιμοποιώντας απλώς την εκατοστιαία περιεκτικότητα του εκάστοτε λιπάσματος στο δεδομένο στοιχείο.

Στον επόμενο πίνακα 5 αναφέρεται ένα παράδειγμα υπολογισμού των απαιτούμενων ιχνοστοιχείων του θρεπτικού διαλύματος χρησιμοποιώντας τη βασική σύνθεση ιχνοστοιχείων του αγγουριού.

Οι ποσότητες των χημικών ενώσεων που απαιτούνται για την Παρασκευή του διαλύματος των ιχνοστοιχείων αναφέρονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 5 . Παράδειγμα για τον υπολογισμό ιχνοστοιχείων θρεπτικού διαλύματος, όταν νερό περιέχει 0,5 μmol/l Zn και 2 μmol/l B.

Λίπασμα		Απαιτήσεις μmol/l	Fe 35,0	Mn 20,0	Zn 4,0	B 20,0	Cu 0,5	Mo 0,5
		Διόρθωση						
Νερό					0,5	2,0		
		Προσθήκη						
			35,0	20,0	3,5	18,0	0,5	0,5
Χηλικός Σίδηρος	Fe-DTPA (9% Fe)	35,0	35,0					
Θειικό Μαγγάνιο	$MnSO_4.H_2O$ (32% Mn)	20,0		20,0				
Θειικός ψευδάργυρος	$ZnSO_4.7H_2O$ (23% Zn)	3,5			3,5			
Βορικό Νάτριο	$Na_2B_4O_7.10H_2O$ (11% B)	4,5				18,0		
Θειικός Χαλκός	$CuSO_4.5H_2O$ (25% Cu)	0,5					0,5	
Μολιβδενικό Νάτριο	$Na_2MoO_4.2H_2O$ (40% Mo)	0,5						0,5

Από τις ποσότητες των ιόντων των ιχνοστοιχείων της βασικής σύνθεσης (τρίτη γραμμή πίνακα 5) αφαιρούνται οι αντίστοιχες ποσότητες των ιόντων των ιχνοστοιχείων που περιέχονται στο νερό (πέμπτη γραμμή). Στην έβδομη γραμμή του πίνακα αναγράφονται οι διαφορές μεταξύ των ιχνοστοιχείων της βασικής σύνθεσης και αυτών του νερού.

Επομένως η σύνθεση των ιόντων που απαιτούνται για να παρασκευαστεί το επιθυμητό διάλυμα αναφέρονται πλέον στην εβδόμη γραμμή του πίνακα.

Η ποσότητα του κάθε λιπάσματος που θα πρέπει να προστεθεί στο θρεπτικό διάλυμα σε μmol/l (δεύτερη στήλη του πίνακα 5) είναι όση η απαιτούμενη ποσότητα του αντίστοιχου ιχνοστοιχείου (εβδόμη γραμμή) εκτός από τη περίπτωση του Βόρακα όπου για 1 mol B απαιτούνται 1/4 mol $Na_2B_4O_7.10H_2O$.

Ο σίδηρος κατ΄ εξαίρεση προστίθεται όχι υπό μορφή άλατος, αλλά υπό μορφή συμπλόκων χημικών ενώσεων του στοιχείου, DTPA, EDTA, γιατί στο pH του διαλύματος που χρησιμοποιούμε, τα ιόντα του σιδήρου σχηματίζουν το αδιάλυτο υδροξείδιο του σιδήρου ($Fe(OH)_3$).

Οι ποσότητες των χημικών ενώσεων που απαιτούνται για τη Παρασκευή του διαλύματος των ιχνοστοιχείων αναφέρονται στον επόμενο πίνακα

Πίνακας 6. Υπολογισθέντα ιχνοστοιχεία για το θρεπτικό διάλυμα αγγουριού

Λίπασμα	**Χημικός τύπος**	**g/mol**	**μmol/l**	**Θρεπτικό διάλυμα mg/l**	**Μητρικό διάλυμα kg/m^3**
Χηλικός σίδηρος	Fe-DTPA (9% Fe)	621,0	35	21,74	2174
Θειικό μαγγάνιο	$MnSO_4.H_2O$ (32% Mn)	169,0	20	3,38	338
Θειικός ψευδάργυρος	$ZnSO_4.7H_2O$ (23% Zn)	287,5	3,5	1,01	101
Βόρακας	$Na_2B_4O_7.10H_2O$ (11% B)	381,2	18/4	1,72	172
Θειικός χαλκός	$CuSO_4.5H_2O$ (25% Cu)	249,7	0,5	0,12	12
Μολυβδενικό νάτριο	$Na_2MoO_4.2H_2O$ (40%Mo)	241,9	0,5	0,12	12

Οι τιμές της πέμπτης και έκτης στήλης του πίνακα 6 υπολογίζονται ως ακολούθως:

35 μmol/l Fe = 35 **X** 621 g/mol Fe-DTPA (330 Fe) = 21735/1000 = 21,74 mg/l Fe-DTPA (330 Fe). Τα 21,74 mg/l = 21,74 g/m^3. Το 100 φορές συμπυκνωμένο μητρικό διάλυμα ανά m^3 περιέχει 21,74 g/m^3 **X** 100 = 2174 g/m^3 Fe-DTPA (330 Fe).

20 μmol/l Mn = 20 **X** 169 μg $MnSO_4.H_2O$ = 3380/1000 = 3,38 mg/l $MnSO_4.H_2O$. Τα 3,38 mg/l = 3,38 g/m^3. Το 100 φορές συμπυκνωμένο μητρικό διάλυμα ανά m^3 περιέχει 3,38 g/m^3 **X** 100 = 338 g/m^3 Θειικό μαγγάνιο.

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζονται και τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία.

Σημειώστε ότι 1 mol $Na_2B_4O_7.10H_2O$ (Βόρακα) δίδει 4 mol B. Έτσι για 18 μmol B απαιτούνται: 1/4 **X** 18 = 4,5 μmol $Na_2B_4O_7.10H_2O$. 4,5 μmol **X** 381,2 μg/l =1715/1000 = 1,72 mg/l = 1,72 g/ m^3 $Na_2B_4O_7.10H_2O$. Το 100 φορές συμπυκνωμένο μητρικό διάλυμα ανά m^3 πρέπει να περιέχει 1,72 g/m^3 **X** 100 = 172 g/m^3 Βόρακα.

4.8 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΣΥΝΤΑΓΕΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

Θρεπτικό διάλυμα τομάτας 1

100 φορές πιο συμπυκνωμένο διάλυμα Τα λιπάσματα διαλύονται σε 1 m3 νερό

Ποιότητα νερού άρδευσης:

HCO_3	0,50 mmot/l
Ca^{++}	0,25 mmol/l
Mg'^{+}	0,00 mmol/l

EC tou διαλύματος που οδηγείται στα φυτά 1,65 dS/m

Σχέση K/N	0,6 mol/mol	1,8 w/w

ΔΟΧΕΙΟ Α:

Νιτρικό ασβέστιο	58,8 kg
Νιτρικό κάλι	15,4 kg
Νιτρική αμμωνία	4,0 kg
Χηλικός σίδηρος DTPA 9%	2,2 kg

ΔΟΧΕΙΟ Β:

Νιτρικό κάλι	20,0 kg
Φωσφορικό μονοκάλι	13,6 kg
Θειικό κάλι	21,8 kg
Μαγνησία	24,6 kg
Νιτρικό μαγνήσιο	
Θειικό μαγγάνιο	338 g
Θειικός ψευδάργυρος	115 g
Βόρακας	238 g
Θειικός χαλκός	12 g
Μολυβδενικό νάτριο	12 g

ΔΟΧΕΙΟ Γ:

Νιτρικό οξύ	
Φωσφορικό οξύ	5,8 kg

Θρεπτικό διάλυμα τομάτας 2

100 φορές πιο συμπυκνωμένο διάλυμα Τα Λιπάσματα διαλύονται σε 1 m^3 νερό

Ποιότητα νερού άρδευσης:

HCO3	5 mmol/l
Ca^{++}	2 mmol/l
$Mg"^{+}$	0,5 mmol/l

EC του διαλύματος που οδηγείται στα φυτά		1,65 dS/m
Σχέση K/N	0,6 mol/mol	1,8 w/w

ΔΟΧΕΙΟ Α:

Νιτρικό ασβέστιο	27,2 kg
Νιτρικό κάλι	25,4 kg
Νιτρική αμμωνία	4.0 kg
Χηλικός σίδηρος DTPA 9%	2,2 kg

ΔΟΧΕΙΟ Β:

Νιτρικό κάλι	10,0 kg
Φωσφορικό μονοκάλι	
Θειικό κάλι	30,5 kg
Μαγνησία	12,3 kg
Νιτρικό μαγνήσιο	
Θειικό μαγγάνιο	338 g
Θειικός ψευδάργυρος	115 g
Βόρσκας	238 g
Θειικός χαλκός	12 g
Μολυβδενικό νάτριο	12 g

ΔΟΧΕΙΟ Γ:

Νιτρικό Οξύ 68%	32,4 kg
Φωσφορικό οξύ 85%	17,3 kg

Θρεπτικό διάλυμα αγγουριάς 1

100 φορές πιο συμπυκνωμένο διάλυμα Τα λιπάσματα διαλύονται σε 1 m^3 *νερό*

Ποιότητα νερού άρδευσης:

HCO_3	0,50 mmol/l
Ca^{+1}	0,25mmoi/l
$Mg^{'f}$	0,00 mmol/l

EC του διαλύματος που οδηγείται στα φυτά		1,5 dS/m
Σχέση K/N	0,5 mol/mol	1,3 w/w

ΔΟΧΕΙΟ Α:

Μητρικό ασβέστιο	58,8 kg
Νιτρικό κάλι	18,0 kg
Νιτρική αμμωνία	4,0 kg
Χηλικσς σίδηρος DTPA 9%	2,2

ΔΟΧΕΙΟ Β:

Νιτρικό κάλι	30,0 kg
Φωσφορικό μονοκάλι	10,2 kg
Θειικό κάλι	
Μαγνησία	24,6 kg
Νιτρικό μαγνήσιο	
Θειικό μαγγάνιο	338 g
Θειικός ψευδάργυρος	**115** g
Βόρακας	190g
Θειικός χαλκός	12 g
Μσλυβδενικό νάτριο	12 g

ΔΟΧΕΙΟ Γ:

Νιτρικό οξύ 68%	
Φωσφορικό οξύ 85%	5,8 kg

Θρεπτικό διάλυμα αγγουριάς 2

100 φορές πιο συμπυκνωμένο διάλυμα Τα λιπάσματα διαλύονται σε 1 m^3 νερό

Ποιότητα νερού άρδευσης:

HCO_3	5,0 mmol/l
Ca^+-	2,0 mmol/l
Mg^+-	0,5 mmol/l

EC του διαλύματος nou οδηγείται στα φυτά 1,5 dS/rn

Σχέση K/N	0,5 mol/mol	1,3 w/w

ΔΟΧΕΙΟ Α:

Νιτρικό ασβέστιο	27,2 kg
Νιτρικό κάλι	20,5 kg
Νιτρική αμμωνία	4,0 kg
Χηλικός σίδηρος DTPA 9%	2,2 kg

ΔΟΧΕΙΟ Β:

Νιτρικό κάλι	25,0 kg
Φωσφορικό μονοκάλι	
Θειικό κάλι	8,7 kg
Μαγνησία	12,3 kg
Νιτρικό μαγνήσιο	
Θειικό μαγγάνιο	338 g
Θειικός ψευδάργυρος	115 g
Βόρακας	190g
Θειικός χαλκός	12 g
Μολυβδενικό νάτριο	12 g

ΔΟΧΕΙΟ Γ:

Νιτρικό οξύ 68%	34,7 kg
Φωσφορικό οξύ 85%	14,4 kg

Θρεπτικό διάλυμα πιπεριάς 1

100 φορές πιο συμπυκνωμένο διάλυμα Τα λιπάσματα διαλύονται σε 1 m^3 νερό

Ποιότητα νερού άρδευσης:

HCOa	0,50 mmol/l
Ca^{+}-	0,25 mmol/l
Mg^{+4}	0,00 mmol/l

EC του διαλύματος που οδηγείται στα φυτά		1,6 dS/m
Σχέση K/N	0,5 mol/mol	1,3 w/w

ΔΟΧΕΙΟ Α:

Νιτρικό ασβέστιο	58,8 kg
Νιτρικό κάλι	23,1 kg
Νιτρική αμμωνία	
Χηλικός σίδηρος DTPA 9%	2,2 kg

ΔΟΧΕΙΟ Β:

Νιτρικό κάλι	35,0 kg
Φωσφορικό μονοκάλι	10,2 kg
Θειικό κάλι	
Μαγνησία	30,8 kg
Νιτρικό μαγνήσιο	
Θειικό μαγγάνιο	422 g
Θειικός ψευδάργυρος	115 g
Βόρακας	190 g
Θειικός χαλκός	12 g
Μολυβδενικό νάτριο	12 g

ΔΟΧΕΙΟ Γ:

Νιτρικό οξύ 68%	
Φωσφορικό οξύ 85%	5,8 kg

Θρεπτικό διάλυμα πιπεριάς 2

100 φορές πιο συμπυκνωμένο διάλυμα Τα λιπάσματα διαλύονται οε 1 m^3 νερό

Ποιότητα νερού άρδευσης:

HCOa	5,0 mmol/l
Ca^+-	2,0 mmol/l
Mg^+*	0,5 mmol/l

EC του διαλύματος που οδηγείται στα φυτά 1,6 dS/m

Σχέση K/N 0,5 mol/mol 1,3 w/w

ΔΟΧΕΙΟ Α:

Νιτρικό ασβέστιο	27,2 kg
Νιτρικό κάλι	25,6 kg
Νιτρική αμμωνία	
Χηλικός σίδηρος DTPA 9%	2,2 kg

ΔΟΧΕΙΟ Β:

Νιτρικό κάλι	30,0 kg
Φωσφορικό μονοκάλι	
Θειικό κάλι	8,7 kg
Μαγνησία	18,5 kg
Νιτρικό μαγνήσιο	
Θειικό μαγγάνιο	422 g
Θειικός ψευδάργυρος	115 g
Βόρακας	190g
Θειικός χαλκός	12 g
Μολυβδενικό νάτριο	12 g

ΔΟΧΕΙΟ Γ:

Νιτρικό οξύ 68%	34,7 kg
Φωσφορικό οξύ 85%	14,4 kg

Θρεπτικό διάλυμα τριανταφυλλιάς 1

100 φορές πιο συμπυκνωμένο διάλυμα Τα λιπάσματα διαλύονται σε 1 m^3νερό

Ποιότητα νερού άρδευσης:

HCOs	0,50 mmol/l
Ca^{++}	0,25 mmol/l
Mg^{++}	0,00 mmol/l

EC του διαλύματος που οδηγείται στα φυτά 1,35dS/m

Σχέση K/N 0,5 mol/mol 1,5w/w

ΔΟΧΕΙΟ Α:

Νιτρικό ασβέστιο	49,8 kg
Νιτρικό κάλι	18,0 kg
Νιτρική αμμωνία	2,0 kg
Χηλικός σίδηρος DTPA 9%	7,4 kg

ΔΟΧΕΙΟ Β:

Νιτρικό κάλι	30,0 kg
Φωσφορικό μονοκάλι	13,6 kg
Θειικό κάλι	
Μαγνησία	18,5 kg
Νιτρικό μαγνήσιο	
Θειικό μαγγάνιο	676 g
Θειικός ψευδάργυρος	86 g
Βόρακας	190 g
Θειικός χαλκός	12 g
Μολυβδενικό νάτριο	12 g

ΔΟΧΕΙΟ Γ:

Νιτρικό οξύ 68%	
Φωσφορικό οξύ 85%	5,8 kg

Θρεπτικό διάλυμα τριανταφυλλιάς 2

100 φορές πιο συμπυκνωμένο διάλυμα Τα λιπάσματα διαλύονται σε 1 m^3 νερό

Ποιότητα νερού άρδευσης:

HCO_3	5,0 mmol/l
Ca^{++}	2,0 mmol/l
Mg^{++}	0,5 mmol/l

EC του διαλύματος που οδηγείται στα φυτά 1,35dS/m

Σχέση K/N	0,5 mol/mol	1,5w/w

ΔΟΧΕΙΟ Α:

Νιτρικό ασβέστιο	18,1 kg
Νιτρικό κάλι	23,0 kg
Νιτρική αμμωνία	2.0 kg
Χηλικός σίδηρος DTPA 9%	7,4 kg

ΔΟΧΕΙΟ Β:

Νιτρικό κάλι	25,0 kg
Φωσφορικό μονοκάλι	
Θειικό κάλι	8,7 kg
Μαγνησία	6,2 kg
Νιτρικό μαγνήσιο	
Θειικό μαγγάνιο	676 g
Θειικός ψευδάργυρος	86 g
Βόρακας	190 g
Θειικός χαλκός	12 g
Μολυβδενικό νάτριο	12 g

ΔΟΧΕΙΟ Γ:

Νιτρικό οξύ 68%	32,4 kg
Φωσφορικό οξύ 85%	17,3 kg

5. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Νερό από ανακύκλωση, από λάκκους και λίμνες, από κανάλια, από δεξαμενές, βρόχινο νερό που συλλέγεται από την οροφή του θερμοκηπίου μπορεί να είναι μολυσμένο από μικροοργανισμούς επιζήμιους για τα φυτά. Η χρήση μυκητοκτόνων για την απολύμανση του νερού δεν είναι η ενδεδειγμένη, γιατί απαιτούνται μεγάλες ποσότητες και γιατί σε μικρές συγκεντρώσεις τα μυκητοκτόνα δημιουργούν ανθεκτικές φυλές μυκήτων.

Το βρόχινο νερό, ενώ είναι άριστης ποιότητας για τις υδροπονικές καλλιέργειες, όταν συλλέγεται από την οροφή του θερμοκηπίου ή από το έδαφος, έχει αυξημένες πιθανότητες να έχει μολυνθεί από επιζήμιους μικροοργανισμούς όπως *Pythium και Fusarium.*

Τα σπόρια των επιζήμιων μυκήτων είναι πολύ μικρά, της τάξεως 10-30 μικρών του μέτρου (μm) και είναι αδύνατο να τα αντιληφθεί κάποιος με γυμνό οφθαλμό. Νερό που μαζεύεται από επιφάνειες, όπως η οροφή του θερμοκηπίου, καθώς και αποθηκευμένα νερά σε ανοιχτές δεξαμενές, ενώ είναι διάφανα, συνήθως βρίθουν από σπόρια των μυκήτων *Pythium and Fusarium.*

Η χρήση του νερού αυτού συχνά δημιουργεί μολύνσεις στα φυτά, και όταν τα συμπτώματα της προσβολής γίνουν ορατά, είναι πλέον αργά να δράσει κανείς, γιατί το μόλυσμα έχει διασπαρθεί σε μεγάλη κλίμακα. Η πρόληψη είναι ο καταλληλότερος τρόπος αντιμετώπισης.

Οι συνηθέστερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση του νερού είναι: αργό φιλτράρισμα σε άμμο (γίνεται όπως και στην περίπτωση των θρεπτικών διαλυμάτων), οζονισμός, χρήση χημικών ουσιών (χλωρίνη, υπεροξείδιο του υδρογόνου, χαλκός), παστερίωση, φιλτράρισμα με μικροφίλτρα και λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας (γίνεται όπως και στην περίπτωση των θρεπτικών διαλυμάτων).

5.1 Όζον

Το όζον (O_2) χρησιμοποιείται ευρέως στην απολύμανση του πόσιμου νερού. Είναι αέριο, άχρωμο και έχει μεγάλη διαβρωτική και τοξική δράση.

Το όζον αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου και γι' αυτό είναι πολύ ασταθές και γρήγορα μετατρέπεται σε αέριο οξυγόνο και ελεύθερη ρίζα

οξυγόνου. Αυτό το ελεύθερο οξυγόνο είναι πολύ δραστικό και οξειδώνει τα οργανικά σωματίδια που βρίσκονται στο νερό. Οξειδώνει οργανικά μόρια, όπως πρωτείνες, υδατάνθρακες και χουμικά οξέα, ξεχωρίζοντας τους άνθρακες στο διπλό δεσμό. Έτσι, δρώντας στα υλικά της δομής τους, το όζον είναι πολύ αποτελεσματικό εναντίον των μυκήτων, βακτηρίων και ιών.

Το όζον, συγκριτικά με τη χλωρίωση, έχει 10 φορές μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Δεν αφήνει χημικά υπολείμματα στο νερό, καθιστώντας το έτσι περιβαλλοντικά ασφαλές.

Το όζον δεν έχει υπολειμματική δράση, γι' αυτό, όταν πρόκειται να παραμείνει το νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ανοιχτό δοχείο πριν χρησιμοποιηθεί, συχνά ακολουθεί και ελαφρά χλωρίωση, για να αποφευχθούν επαναμολύνσεις.

Επειδή το όζον είναι ένα ασταθές μόριο, πρέπει να παράγεται επί τόπου. Η παραγωγή όζοντος είναι μια ενδοθερμική αντίδραση και απαιτεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας (8-17 kW/ hr kg O_3). Οι περισσότερες συσκευές παραγωγής όζοντος χρησιμοποιούν τη διαδικασία που είναι γνωστή ως κορόνα, που είναι το πέρασμα ενός αερίου που περιέχει οξυγόνο από δυο ηλεκτρόδια που χωρίζονται από μη αγώγιμο κενό. Η εφαρμογή διαφοράς τάσης στα ηλεκτρόδια δημιουργεί ροή ηλεκτρονίων μέσω του κενού και αυτό χωρισμό των μορίων του οξυγόνου, οδηγώντας στο σχηματισμό όζοντος, σχεδόν όπως συμβαίνει, όταν έχει αστραπές στον ουρανό. Το αέριο όζον μεταφέρεται στο νερό του ποτίσματος μέσω ενός εγχυτήρα, σ οποίος βασιζόμενος στο φαινόμενο Venturi παρέχει όζον στο νερό.

Υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικό φορτίο του νερού απαιτεί μεγάλη ποσότητα όζοντος για αποτελεσματική δράση, γι' αυτό το φιλτράρισμα του νερού βελτιώνει την αποτελεσματικότητα.

Το όζον οξειδώνει το σίδερο, το μαγγάνιο και σουλφίδια και μπορεί να αντιδράσει με μερικά λιπάσματα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το όζον είναι τοξικό για τον άνθρωπο και γενικά για τους έμβιους οργανισμούς και πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα ασφάλειας για να μην υπάρξουν διαρροές και να προστατεύονται οι εργαζόμενοι στο θερμοκήπιο.

5.2 Χλωρίωση

Η χλωρίωση του πόσιμου νερού εφαρμόζεται από το 1908, με αποτέλεσμα τον περιορισμό του τυφοειδούς πυρετού και άλλων ασθενειών που συνήθως μεταδίδονται με το νερό.

Ο μηχανισμός της δράσης του χλωρίου στην καταστροφή των μυκήτων και βακτηρίων δεν είναι πλήρως κατανοητή. Εικάζεται ότι το χλώριο, σε μορφή υποχλωρίου και υποχλωριώδους οξέος, αντιδρά με τα κύτταρα των μυκήτων και βακτηρίων και καταστρέφει τον οργανισμό τους. Η καταστροφή του κυττάρου κατά πάσα πιθανότητα είναι αποτέλεσμα της αποσύνδεσης βιολογικών μορίων, περιλαμβανόμενων ενζύμων, νουκλεϊκών οξέων και λιπιδίων των μεμβρανών.

Το χλώριο για το νερό άρδευσης διατίθεται σε τρεις μορφές: 1. **Αέριο χλώριο** με την ακόλουθη αντίδραση στο νερό: CI_2+ H2O > HCL 4- HOCI. Είναι η φθηνότερη μορφή, αποθηκεύεται καλά και διαμοιράζεται σχετικά με ακρίβεια. Λόγω όμως της διαβρωτικότητάς του και της επικινδυνότητας του για τους ανθρώπους που το χρησιμοποιούν, απαιτούνται πολλά μέτρα προστασίας. Απαιτείται σύστημα για τη συλλογή διαφυγόντος αερίου, καθώς και σύστημα που προειδοποιεί για τυχόν διαρροή. Η εγκατάσταση του συστήματος απαιτεί καλή και μεγάλης διάρκειας εκπαίδευση του προσωπικού στην εργασία αυτή. Το χλώριο χρησιμοποιείται σε τέτοια ποσότητα που μετά από μισή ώρα στο νερό να υπάρχει υπόλειμμα γύρω στα 2,5 ppm ελεύθερου χλωρίου. **Υποχλωριώδες** νάτριο με την ακόλουθη αντίδραση: NaOCI+H2O—>NaOH + HOCI, Υγρή χλωρίνη χρησιμοποιείται περισσότερο για την απολύμανση των εργαλείων, τραπεζιών, δοχείων κ.λπ.. Διακινείται ως διάλυμα με περιεκτικότητα 4-15%, είναι διαβρωτική και ογκώδης στην αποθήκευση και μεταφορά. Πρακτικά για μια μέση θερμοκρασία διαλύ ματος και ποιότητα νερού, 80 cm3 χλωρίνης 4% ανά m3 νερού δίνει ένα επιθυμητό υπόλειμμα.

Υποχλωριώδες ασβέστιο με την ακόλουθη αντίδραση στο νερό: Ca(OCI)2 + 2H2O ---» Ca(OH)2 + 2 HOCI. Είναι ένα αποτελεσματικό προϊόν για την απολύμανση του νερού. Βρίσκεται σε μορφή ταμπλέτων ή κόκκων με περιεκτικότητα κατ' ελάχιστο 65% διαθέσιμο χλώριο. Οι συσκευές παρο χής στο δίκτυο του υποχλωριώδους ασβεστίου επιτρέπουν το πέρασμα του νερού από την ταμπλέτα, η οποία με το χρόνο αναλώνεται. Έτσι,

η προσθήκη χλωρίου ελέγχεται με το ρυθμό ροής του νερού. Η μορφή αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι εύκολα μεταφέρεται και αποθηκεύεται, διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα, αποφεύγονται πιτσιλίσματα και διαρροές.

Για την αποτελεσματική απολύμανση των σωληνώσεων και των λοιπών εξαρτημάτων του συστήματος χρησιμοποιούνται και τα απολυμαντικά που ανήκουν στην ομάδα των αλάτων tetra-ammonium chloride (γνωστά ως Q-salts ή άλατα "quad").

Σε όλες τις περιπτώσεις, αν τα υπολείμματα υπερβούν τα όρια. μπορεί να δημιουργηθεί τοξικότητα στα φυτά.

Το καλό φιλτράρισμα του νερού είναι προϋπόθεση για κάθε αποτελεσματική απολύμανση.

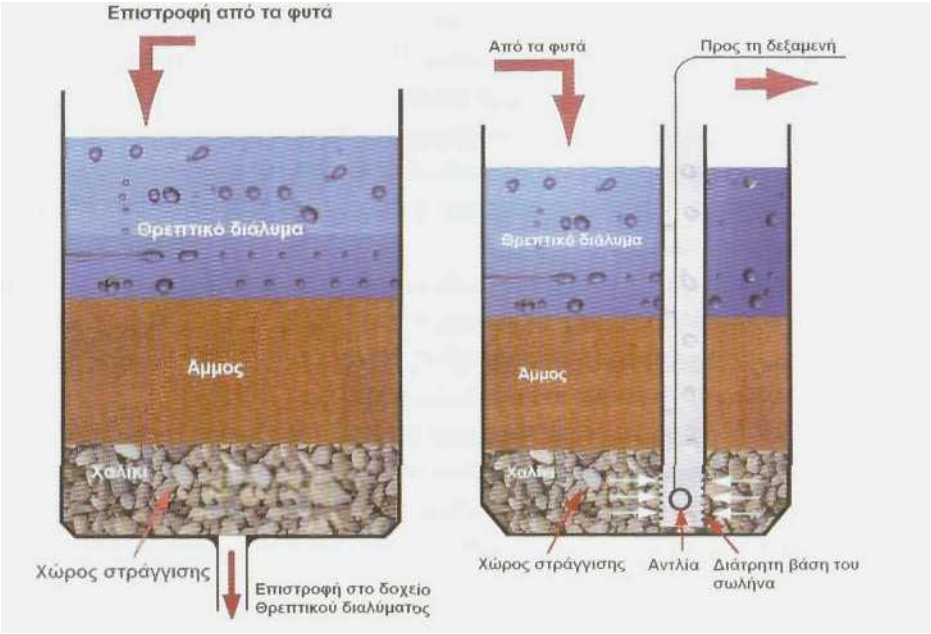
5.3 ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

Ενώ η τάση στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι η χρήση όσο το δυνατόν ασηπτικών συνθηκών καλλιέργειας, παρ' όλα αυτά αρκετές φορές οι ασθένειες του ριζικού συστήματος προκαλούν σημαντικά προβλήματα στο ριζικό σύστημα των φυτών.

Το θρεπτικό διάλυμα που ανακυκλώνεται στα κλειστά συστήματα έχει αυξημένες πιθανότητες να έχει μολυνθεί από επιζήμιους μικροοργανισμούς όπως *Pythium and Fusarium.*

Συνήθως οι προσβολές του ριζικού συστήματος από τους επιζήμιους μύκητες προλαμβάνονται με απολυμάνσεις του θρεπτικού διαλύματος.

Οι συνηθέστερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση είναι: το αργό φιλτράρισμα σε άμμο, οι λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας και η συσκευή παραγωγής ελεύθερων ιόντων χαλκού.



Εικόνα 16.Φίλτρα άμμου.α)με συλλογή του διαλύματος στη βάση, β)με συλλογή διαλύματος μέσω εμβαπτισμένης αντλίας.

5.4 Αργό φιλτράρισμα του θρεπτικού διαλύματος

Το αργό φιλτράρισμα του θρεπτικού διαλύματος σε άμμο είναι ένα βιολογικό φιλτράρισμα. Πρακτικά, χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική στα κλειστά συστήματα και φιλτράροντας το 30% περίπου του ανακυκλούμενου διαλύματος το 24/ωρο καταστέλλεται αποτελεσματικά μια προσβολή, σχεδόν σε όλες τις καλλιέργειες. Η τεχνική αυτή είναι εύκολα εφαρμόσιμη, περιβαλλοντικά ασφαλής και οικονομική (Deniel el al 2004).

Το αργό φιλτράρισμα σε άμμο έχει χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό του νερού εδώ και διακόσια χρόνια. Ουσιαστικά είναι μια βιολογική διαδικασία. Με το πέρασμα του θρεπτικού διαλύματος η επιφάνεια των κόκκων της άμμου καλύπτεται με μια βιολογική μεμβράνη η οποία περιλαμβάνει ένα σύνθετο οικοσύστημα το οποίο τρέφεται από την οργανική ύλη που υπάρχει στο θρεπτικό διάλυμα συμπεριλαμβανόμενων των σπορίων των μυκήτων. Τα οργανικά σωματίδια περνώντας μέσα στο φίλτρο έλκονται από τους κόκκους, από

ένα συνδυασμό φυσικών και χημικών παραγόντων. Παγιδεύονται στην κολλώδη βιολογική μεμβράνη και καταναλώνονται από τα βακτήρια και τα πρωτόζωα που ζουν εκεί. Είναι μια αερόβιος διαδικασία αποσπώντας οξυγόνο από αυτό που είναι διαλυμένο στο θρεπτικό διάλυμα. Είναι απαραίτητη επομένως η διαρκής ροή του θρεπτικού διαλύματος ή νερού από το φίλτρο. Αν σταματήσει το πέρασμα του νερού η αποτελεσματικότητα του φίλτρου μειώνεται και σταματά.

Η κατασκευή του φίλτρου για το αργό φιλτράρισμα σε άμμο είναι απλή και για τη κατασκευή της χρησιμοποιούνται συνήθη υλικά της αγοράς.

Το φίλτρο συνίσταται από μια στήλη άμμου που φέρεται πάνω σε μια ποσότητα χαλικιού μικρής διαμέτρου για καλύτερη στράγγιση.

Το ελάχιστο ύψος της άμμου για μια αποδοτική λειτουργία είναι 50 εκατοστά, επειδή όμως στο επάνω μέρος της άμμου, συν τα χρόνο, μαζεύονται στοιχεία τα οποία περιορίζουν τη ροή και πρέπει να καθαρίζεται αφαιρώντας ένα λεπτό στρώμα· ένα ύψος 80 εκατοστά έως 1 μέτρο είναι μια συνήθης επιλογή.

Η ροή του νερού ή του θρεπτικού διαλύματος από το φίλτρο πρέπει να είναι μεταξύ 0,1 και 0,3 κυβικά μέτρα ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας φίλτρου και ώρα. Για την παραγωγή φιλτραρισμένου νερού μεταξύ 10 και 30 κυβικών μέτρων το 24/ωρο απαιτείται μια διάμετρος φίλτρου 2,3 μέτρων.

Η ποιότητα της άμμου παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή της συγκεκριμένης ταχύτητας ροής που πρέπει να λειτουργεί το φίλτρο. Όσο καλύτερης ποιότητας είναι η άμμος (χαλαζιακή άμμος με ομοιόμορφη κοκκομετρία 0,2-0,3 mm), τόσο ταχύτερη είναι η ροή. Η παρουσία άμμου από ανθρακικό ασβέστιο υποβαθμίζει πολύ την ποιότητα του φίλτρου και είναι απαράδεκτη για το φιλτράρισμα των θρεπτικών διαλυμάτων.

Η ροή μέσω του φίλτρου οδηγείται από τη βαρύτητα και ελέγχεται από την αφαίρεση του νερού που στραγγίζει στα χαλίκια με βαλβίδα ροής ή με αντλία.

Πριν να οδηγηθεί το νερό ή το θρεπτικό διάλυμα στο φίλτρο της άμμου είναι απαραίτητο το νερό να περάσει από ένα αυτοκαθαριζόμενο κοινό φίλτρο.

Η δεξαμενή που φιλοξενεί το φιλτραρισμένο νερό πρέπει να έχει χωρητικότητα τουλάχιστον όση το 30% του όγκου του θρεπτικού διαλύματος συν 10 % για ασφάλεια.

5.5 Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία

Η υπεριώδης (UV) ακτινοβολία είναι ενέργεια που προέρχεται από την ακτινοβολία μήκους κύματος 254 nm. Οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στο νερό απορροφούν αυτή την ενέργεια και καταστρέφονται.

Η ακτινοβολία παράγεται από ένα ειδικό λαμπτήρα υψηλής πίεσης UV, ο οποίος βρίσκεται σ' έναν κλειστό χώρο. Γύρω από το λαμπτήρα ρέει το θρεπτικό διάλυμα. Οι μικροοργανισμοί που δέχονται την ακτινοβολία βλάπτονται, γιατί με αυτή την υψηλής ενέργειας ακτινοβολία γίνονται φωτοχημικές αντιδράσεις που αλλάζουν τη μοριακή δομή ουσιωδών συστατικών της λειτουργία των κυττάρων. Η υπεριώδης ακτινοβολία διαπερνά τα κυτταρικά τοιχώματα και αντιδρά με το DNA και RNA βλάπτοντας ή καταστρέφοντας τα κύτταρα. Έτσι, καταστρέφονται μύκητες, βακτήρια και ιοί.

Το αποτέλεσμα εξαρτάται από τη διάρκεια της ακτινοβολίας και την ένταση. Έτσι, όσο μεγαλύτερη ένταση ακτινοβολίας υπάρχει, με τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα μπορεί να περνά το θρεπτικό διάλυμα από το λαμπτήρα και αντίστροφα.

Διάφορα σωματίδια μέσα στο θρεπτικό διάλυμα ανακλούν την ακτινοβολία. Έτσι, τα σωματίδια μειώνουν την αποτελεσματικότητα, γι’ αυτό θα πρέπει να προηγείται καλό φιλτράρισμα πριν την απολύμανση, ώστε να υπάρχει ένα καλό αποτέλεσμα.

Επειδή επάνω στο λαμπτήρα κολλούν οργανικές ουσίες, αν υπάρχουν σε υψηλή συγκέντρωση, αλλά και καθιζάνουν άλατα ασβεστίου, μαγνησίου και σιδήρου, οι σύγχρονες συσκευές διαθέτουν σύστημα αυτόματου καθαρισμού.

Η χρήση της υπεριώδους ακτινοβολίας στην απολύμανση του θρεπτικού διαλύματος καταστρέφει ένα σημαντικό μέρος του χηλικού σιδήρου, καταστρέφοντας το οργανικό μέρος του μορίου.

Με τη μέθοδο UV δεν αλλάζει σημαντικά η χημική σύνθεση, το pH και η θερμοκρασία του θρεπτικού διαλύματος, ενώ δεν παρουσιάζονται περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης, δεν αφήνονται υπολείμματα στο θρεπτικό διάλυμα.

5.6 Απολύμανση με συσκευή παραγωγής ελεύθερων ιόντων χαλκού.

Τελευταία, για την απολύμανση του θρεπτικού διαλύματος χρησιμοποιείται και η παραγωγή ελεύθερων ιόντων χαλκού με θετικά αποτελέσματα.

Στα κλειστά συστήματα, ένα μέρος του θρεπτικού διαλύματος, όταν οδηγείται στα φυτά, περνάει από μια συσκευή που με ηλεκτρομαγνητικά κύματα, μέσω ηλεκτρόλυσης, των ηλεκτροδίων χαλκού που βρίσκονται στο κύκλωμα, εμπλουτίζει το διάλυμα με ελεύθερα ιόντα χαλκού.

Εργαστηριακά αποτελέσματα έχουν δείξει ότι τα ζωοσπόρια των Pythium και Phytophtora καταστρέφονται σε συγκεντρώσεις ελεύθερων ιόντων χαλκού από 8-24 μmol/l, λόγω του λεπτού κυτταρικού τους τοιχώματος.

Υπερβολική συγκέντρωση ιόντων χαλκού στο διάλυμα δημιουργεί χλώρωση στα φυτά λόγω του ανταγωνισμού με το σίδηρο.

6. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ

6.1 Βιολογική Φυτοπροστασία

Σήμερα δίνεται μεγάλη προσοχή και στην ανάπτυξη της μικροχλωρίδας της ρίζας, η οποία δρα ανταγωνιστικά στα παθογόνα. Αυτό γίνεται με την υποβοήθηση της ανάπτυξης της φυσικής μικροχλωρίδας ή με την προσθήκη επιλεγμένων ανταγωνιστών.

Ο περιορισμένος όγκος των υποστρωμάτων και ο περιορισμένος πληθυσμός μικροοργανισμών σ' αυτά τα υποστρώματα διευκολύνουν την εγκατάσταση και ανάπτυξη των ανταγωνιστών.

Οι ανταγωνιστές μπορεί να δρουν με πολλούς τρόπους, όπως μυκητοπαρασιτικά. ανταγωνιστικά σε κάποιο θρεπτικό στοιχείο ή το χώρο, παράγοντας ουσίες που δρουν τοξικά ή διευκολύνουν τους μηχανισμούς αντίστασης των φυτών ή ευνοούν περισσότερο την ανάπτυξη τους. Ένας άλλος μηχανισμός που μπορεί να υπάρξει στην περίπτωση των υδροπονικών καλλιεργειών είναι η προσθήκη μικροοργανισμών οι οποίοι παράγουν προϊόντα μείωσης της επιφανειακής τάσης του νερού, με αποτέλεσμα την αποδιοργάνωση των ζωοσπορίων.

Μια σημαντική διαφορά μεταξύ της καλλιέργειας στο έδαφος και της υδροπονικής είναι ότι στη δεύτερη περίπτωση στο ξεκίνημα το υπόστρωμα δεν περιέχει οργανικές ουσίες, κάτι που στο έδαφος υπάρχει οπωσδήποτε και ευνοεί την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

Μικροοργανισμοί όπως: Pseudomonas spp., Streptomyces spp. Euterobacter cloacay και. Lysobacter enzymogenes ως ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να εμποδίζουν την ανάπτυξη του Pythium aphanidermatum. Οι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως παράγοντες βιορρύθμισης, αλλά συχνά η ανάπτυξη τους στο υπόστρωμα αποτυγχάνει. Αυτό συμβαίνει, όταν ο μικροοργανισμός που χρησιμοποιείται ως ανταγωνιστικός προέρχεται από φυτό ή περιβάλλον διαφορετικό από αυτό στο οποίο μεταφέρεται. Για να αποφευχθεί αυτό, θα πρέπει να επιλέγονται ανταγωνιστές από το φυσικό περιβάλλον της καλλιέργειας, διότι είναι προσαρμοσμένοι σ' αυτό το περιβάλλον και βρίσκονται σε πολύπλοκες ομάδες σταθερής ανάπτυξης.

Ο συνδυασμός μικροοργανισμών έχει καλύτερα αποτελέσματα από τη χρήση ενός μόνο είδους για την καταπολέμηση του *Pythium*.

Η αποτελεσματικότητα του ανταγωνιστή εξαρτάται επίσης από τον τρόπο εισαγωγής του στο σύστημα. Θεωρείται ότι, όταν ο ανταγωνιστής εισάγεται στο σύστημα από το ανακυκλούμενο διάλυμα, δρα αποτελεσματικότερα.

Πειραματικά αποτελέσματα από την Ολλανδία δείχνουν ότι σε καλλιέργεια γαρίφαλου σε N.F.T., όπου το διάλυμα συνέχιζε χωρίς διακοπή από τη μια καλλιέργεια στην άλλη, το *Fusarium wilt* μειώθηκε από 98% την πρώτη χρονιά, στο 60% τη δεύτερη και 34% την τρίτη. Την τέταρτη χρονιά έγινε απολύμανση και εισήχθη μόλυσμα, τότε ανήλθε στο 70%, ενώ χωρίς απολύμανση στο 45%. Επίσης, η επαναχρησιμοποίηση του ορυκτοβάμβακα μέχρι και 5 έτη σε αγγούρι απέδειξε ότι, αν γίνεται εμβολιασμός με Pythium aphanidermatum κάθε χρόνο, η ασθένεια από τον τρίτο χρόνο και μετά είναι ασήμαντη.

Γενικά, παράγοντες που επηρεάζουν την καταστολή της ασθένειας είναι:
η δραστικότητα της μικροχλωρίδας, η ποικιλομορφία του μικροβιακού πληθυσμού, και η παρουσία συγκεκριμένων ανταγωνιστών.

Εκτός από τη φυσική προστασία από τα παθογόνα, που αναπτύσσονται με φυσικό τρόπο στο ριζικό σύστημα, στην αγορά κυκλοφορούν διάφορα προϊόντα που περιλαμβάνουν ζωντανούς μικροοργανισμούς και προστίθενται οτα υποστρώματα καλλιέργειας. Είναι προϊόντα που ευνοούν τη βιολογική ισορροπία στο περιβάλλον της ρίζας, αποτρέποντας την υπερβολική ανάπτυξη του παθογόνου.

Η αποτελεσματικότητα τους εξαρτάται από τις συνθήκες που υπάρχουν για την ανάπτυξη τους.

Ενδεικτικά αναφέρονται τα σκευάσματα:

Mycostop. Περιλαμβάνει streptomyces.

Soil Guard. Περιλαμβάνει Qleosporium.

Root Shield ή Path Guard. Περιλαμβάνει Trichoderma.

6.2 Προστασία με μυκητοκτόνα

Η χρήση μυκητοκτόνου γίνεται κυρίως στο στάδιο του πολλαπλασιασμού και της ανάπτυξης των νεαρών φυτών. Ενδεικτικά αναφέρονται τα σκευάσματα:

Etridiazole (Terazzole,Truban).Είναι αποτελεσματικό για την καταπολέμηση μυκήτων των γενών Pythium και Phytopthora, αλλά είναι ευαίσθητο στην υπεριώδη ακτινοβολία και περιορίζει και το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών. Σε μεγάλες δόσεις μπορεί να εμφανιστούν εγκαύματα στα φύλλα.

Metalaxil (Subdue MAXX). Χρησιμοποιείται σε χαμηλές δόσεις 14 g ανά 4,54 L (επομένως χαμηλού κόστους), λόγω ανθεκτικότητας όμως δεν καταπολεμά σε όλες τις περιπτώσεις τον Pythium genera.

Τα καρβαμιδικά: Propamocarb (Previcure NAS), Prothiocarb (Previcure). Είναι αποτελεσματικά για την καταπολέμηση μυκήτων των γενών pythium και phytophtora που προσβάλουν τη ρίζα και το λαιμό των φυτών. Είναι αποτελεσματικά σε υψηλές δόσεις και γι' αυτό κοστίζει περισσότερο η φυτοπροστασία. Είναι ασφαλή για τα φυτά.

Fozetyl-AI (Aliete). Είναι αποτελεσματικό για την καταπολέμηση μυκήτων των γενών pythium και phytopthora που προσβάλουν τη ρίζα και το λαιμό των φυτών. Είναι διασυστηματικό (καλή αποπλαστική, συμπλαστική και βασιπεταλική κίνηση), μπορεί και να ψεκαστεί σε μεγάλες δόσεις στο φύλλωμα και να μεταφερθεί στη ρίζα.

7. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1. Το πρώτο και προφανέστερο πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, πυρηνοχαίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί, κ.λπ.. Πρέπει βέβαια να διευκρινισθεί ότι προβλήματα με ορισμένα μεταδιδόμενα μέσω του εδάφους παθογόνα, όπως το πύθιο, η φυτόφθορα, το φουζάριο, κ.λπ. δεν είναι απίθανο να εμφανισθούν ακόμη και στις υδροπονικές καλλιέργειες, μολονότι η πιθανότητα είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος. Συνήθως όμως τέτοια προβλήματα στην υδροπονία μπορούν να εμφανισθούν μόνο όταν η απομόνωση του υποστρώματος ή του θρεπτικού διαλύματος από το έδαφος του θερμοκηπίου δεν είναι πλήρης (όχι καλή κάλυψη του εδάφους με πλαστικό φύλλο) ή όταν το νερό άρδευσης είναι έντονα μολυσμένο με κάποιο παθογόνο.

2. Εφόσον στις υδροπονικές καλλιέργειες το χώμα δεν έρχεται καθόλου σε επαφή με το φυτό και ιδιαίτερα με τις ρίζες του, δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους. Αποφεύγεται επομένως η εφαρμογή χημικών απολυμαντικών υψηλής τοξικότητος όπως το βρωμιούχο μεθύλιο, η χρήση των οποίων εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τόσο των παραγωγών όσο και των καταναλωτών. Παράλληλα, μειώνεται δραστικά η ανάγκη εφαρμογής φυτοφαρμάκων για την αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθενειών.

3. Μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητος που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω υπερεντατικής εκμετάλλευσης και μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδαφών) είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (π.χ. πολύ βαρειά ή πολύ ελαφρά εδάφη, εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, εναλατωμένα εδάφη, κ.λπ.). Σε τέτοιες περιπτώσεις η υδροπονία αποτελεί πιό ριζική και πιό αποτελεσματική λύση από την βελτίωση και την ανάπλαση του προβληματικού εδάφους.

4. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η υδροπονία όταν το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα (ηλεκτρική αγωγιμότητα πάνω από 1-1,5 dS/m). Στις περιπτώσεις αυτές η υδροπονία είναι ίσως ο μόνος τρόπος επιτυχημένης αντιμετώπισης του προβλήματος. Πρέπει όμως να διευκρινισθεί ότι, όταν υφίσταται πρόβλημα υπερβολικά υψηλής αλατότητας του νερού άρδευσης, λύση αποτελεί μόνο η καλλιέργεια σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα. Αντίθετα, τα κλειστά υδροπονικά

συστήματα στα οποία εφαρμόζεται ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα όταν η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε ανόργανα άλατα είναι υψηλή και συνεπώς σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται η υιοθέτησή τους.

5. Στις υδροπονικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι μειωμένο. Όπως είναι γνωστό, η εξάτμιση νερού συνοδεύεται πάντοτε από κατανάλωση ενέργειας υπό μορφή λανθάνουσας θερμότητας. Σε ένα θερμοκήπιο που καλλιεργειται υδροπονικά όμως, η εξάτμιση νερού από την επιφάνεια του εδάφους είναι πρακτικά αμελητέα, δεδομένου ότι αυτό είναι καλυμμένο με πλαστικά φύλλα. Συνεπώς οι ανάγκες σε ενέργεια για την θέρμανση του αέρα μειώνονται.

Εκτός όμως από την εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ελαχιστοποίησης της εξάτμισης νερού από το έδαφος, μειωμένες δαπάνες για θέρμανση προκύπτουν και από το γεγονός ότι η καλλιέργεια παύει να εξαρτάται από την θερμοκρασία του εδάφους του θερμοκηπίου. Γενικά, η διατήρηση της θερμοκρασίας του εδάφους του θερμοκηπίου σε ικανοποιητικά επίπεδα τον χειμώνα είναι δύσκολη και απαιτεί την διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών στον εναέριο χώρο ή (εναλλακτικά) την εγκατάσταση επιδαπέδιου ή υπόγειου συστήματος θέρμανσης του εδάφους. Στην υδροπονία αντίθετα, οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα στον περιορισμένο όγκο των υποστρωμάτων ή των θρεπτικών διαλυμάτων, τα οποία μάλιστα είναι τοποθετημένα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να έρχονται σε επαφή με το χώμα. Κατά συνέπεια, η ανύψωση της θερμοκρασίας στον χώρο του ριζοστρώματος μπορεί να επιτευχθεί γρηγορότερα κατά την διάρκεια της ημέρας και με χαμηλότερη δαπάνη για καύσιμα.

6. Έχει αποδειχθεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT) επιφέρει σημαντική πρωίμιση. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλότερες θερμοκρασίες που διαμορφώνονται στον χώρο του ριζοστρώματος όταν τα φυτά καλλιεργούνται εκτός εδάφους.

7. Στις υδροπονικές καλλιέργειες η θρέψη των φυτών είναι πολύ πιό ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος. Στην υδροπονία όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και αναλογίες μεταξύ τους, μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Κατά συνέπεια, μία σειρά από μεταβλητές του εδάφους που επηρεάζουν την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, όπως π.χ. η μηχανική του σύσταση,

η δομή του, η περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία, η ανταλλακτική του ικανότητα, κ.λπ. αλλά και άλλοι παράγοντες, όπως π.χ. αυτοί που επηρεάζουν την ταχύτητα ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας δεν ασκούν πλέον καμμία επίδραση στην καλλιέργεια, με τελικό αποτέλεσμα, η σχεδίαση ενός κατάλληλου σχήματος θρέψης των φυτών να καθίσταται πολύ πιό εύκολη.

8. Η καλλιέργεια των φυτών εκτός εδάφους απαλλάσσει τον καλλιεργητή από τις εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση, κ.λπ.) με αποτέλεσμα, αφενός μεν να μειώνονται οι ανάγκες σε εργατικά και αφετέρου να είναι δυνατή η φύτευση νέας καλλιέργειας αμέσως μετά την απομάκρυνση της προηγούμενης. Αυτή η τελευταία δυνατότητα είναι πολύ χρήσημη όταν το θερμοκήπιο αξιοποιείται όλο τον χρόνο με περισσότερες από μία καλλιέργειες ανά ημερολογιακό έτος (π.χ. διαδοχικές καλλιέργειες μαρουλιού, χρυσανθέμων, κ.λπ.).

9. Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος, η αριστοποίηση της θρέψης και η διατήρηση υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων. Σύμφωνα με μαρτυρίες αρκετών ερευνητών που έχουν ασχοληθεί με το θέμα αυτό, οι αποδόσεις των υδροπονικών καλλιεργειών είναι κατά μέσο όρο γύρω στο 15-20% υψηλότερες, συγκρινόμενες με καλλιέργειες που λαμβάνουν χώρα σε γόνιμα, καλής ποιότητος εδάφη. Όταν όμως το έδαφος του θερμοκηπίου παρουσιάζει προβλήματα, όπως εδαφογενείς ασθένειες, κόπωση λόγω μονοκαλλιέργειας, χαμηλή γονιμότητα, αλατότητα, κ.λπ., τότε η αύξηση της παραγωγής που επιτυγχάνεται στην υδροπονία είναι υψηλότερη και όχι σπάνια μπορούν να ληφθούν διπλάσιες αποδόσεις.

10. Η αριστοποίηση της θρέψης που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία αλλά και η αποφυγή μίας σειράς προβλημάτων τα οποία έχουν ήδη εκτεθεί πιό πάνω, έχει σαν συνέπεια τα παραγόμενα στις υδροπονικές καλλιέργειες καλλωπιστικά φυτά να είναι καλύτερης ποιότητος (μεγαλύτερο μέγεθος, καλύτερο χρώμα φυλλώματος, αύξηση του χρόνου διατήρησης των ανθέων, κ.λπ.)

11. Τέλος, τελευταίο στη σειρά αναφοράς αλλά όχι και σε σπουδαιότητα πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Χάρις στην δυνατότητα συνεχούς ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται από τα φυτά με

συνέπεια να μην διαφεύγουν κάποιες ποσότητες στο περιβάλλον και το επιβαρύνουν. Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές στις οποίες το πόσιμο νερό είναι επιφανειακό ή προέρχεται από μικρό βάθος, με συνέπεια να μολύνεται εξαιτίας της έκπλυσης ενός μέρους των λιπασμάτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα κυρίως με τα αζωτούχα λιπάσματα, τα οποία είτε είναι είτε μετατρέπονται στο έδαφος σε νιτρικά άλατα με συνέπεια η περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε νιτρικά να αυξάνεται πάνω από τα ανώτερα επιτρεπτά όρια και να δημιουργούνται κίνδυνοι για την δημόσια υγεία. Στις περιπτώσεις αυτές, η καλλιέργεια των φυτών θερμοκηπίου σε κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι η μόνη λύση η οποία μπορεί να παράσχει αποτελεσματική προστασία στο πόσιμο νερό χωρίς να καθίσταται αναγκαία η εφαρμογή περιορισμών στην καλλιέργεια φυτών με υψηλές λιπαντικές απαιτήσεις, όπως είναι οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

7.1 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1. Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μίας υδροπονικής μονάδας είναι σημαντικό. Το κόστος αυτό συνίσταται κυρίως στην δαπάνη αγοράς των πάγιων εγκαταστάσεων παρασκευής και τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος καθώς και στα έξοδα προμήθειας του υποστρώματος καλλιέργειας (εφόσον χρησιμοποιείται υπόστρωμα). Το καθαρό κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση μίας υδροπονικής μονάδας είναι βέβαια χαμηλότερο από το άθροισμα των παραπάνω δαπανών, δεδομένου ότι παράλληλα εξοικονομούνται τα έξοδα προετοιμασίας, κατεργασίας και απολύμανσης του εδάφους. Επιπλέον, ένα σύστημα παρασκευής και διανομής θρεπτικού διαλύματος είναι απαραίτητο και στις καλλιέργειες εδάφους για την εφαρμογή υδρολίπανσης.

2. Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιό γρήγορη και συχνά πιό έντονη στις υδροπονικές καλλιέργειες. Στην προκείμενη περίπτωση, σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος η υδροπονία χαρακτηρίζεται από ταχύτερη αντίδραση σε ορισμένους καλλιεργητικούς χειρισμούς, ιδιότητα η οποία άλλοτε μεν αποτελεί πλεονέκτημα (όταν πρόκειται για επιθυμητούς χειρισμούς που αποσκοπούν σε συγκεκριμένο θετικό αποτέλεσμα) άλλοτε δε μειονέκτημα (όταν πρόκειται για λανθασμένους ή άστοχους χειρισμούς).

3. Η εφαρμογή υδροπονίας σε μία θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο. Η ισχύς αυτης της προϋπόθεσης είναι σχετική, δεδομένου ότι όταν υπάρχει η κατάλληλη τεχνική υποστήρηξη από ειδικευμένο σύμβουλο-γεωπόνο, η εφαρμογή υδροπονίας είναι δυνατή ακόμη και από έναν επιμελή αγρότη με στοιχειώδες επίπεδο γραμματικών γνώσεων.

4. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό. Στην πράξη βέβαια ο κίνδυνος αυτός είναι σχετικά μικρός. Από την πρακτική εμπειρία όσο και από σχετικά πειράματα έχει αποδειχθεί ότι ακόμη και αν μολυνθούν κάποια φυτά η υπόλοιπη καλλιέργεια συνήθως δεν μολύνεται εφόσον αυτά απομακρυνθούν αμέσως από την υδροπονική εγκατάσταση. Η ύπαρξη μικρής ποσότητας μολύσματος (σπόρια, κ.λπ.) μέσα στο θρεπτικό διάλυμα δεν οδηγεί αυτόματα στην προσβολή των υπολοίπων φυτών εφόσον δεν συντρέχουν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις, όπως η ύπαρξη πληγών στις ρίζες, κ.λπ. Άλλωστε η έγκαιρη εφαρμογή ενός ριζοποτίσματος αμέσως μόλις διαγνωσθεί έστω και σε ένα μόνο φυτό ασθένεια, συνήθως μειώνει ακόμη περισσότερο τις πιθανότητες μίας εκτεταμένης προσβολής λόγω μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος. Παρόλα αυτά, ο κίνδυνος γρήγορης εξάπλωσης τυχόν μολύνσεων δεν θα πρέπει να αγνοείται και γι' αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις που λειτουργεί κλειστό υδροπονικό σύστημα, το διάλυμα που συλλέγεται ως απορροή μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης, πριν ανακυκλωθεί, είναι σκόπιμο να απολυμαίνεται.

5. Ορισμένοι παραγωγοί παραπονούνται ότι στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη σε σύγκριση με το έδαφος. Είναι γεγονός ότι στην υδροπονία, ο καλλιεργητής θα πρέπει να χορηγεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά ενώ αντίθετα, στις καλλιέργειες εδάφους, ορισμένα θρεπτικά στοιχεία όπως το ασβέστιο και τα περισσότερα ιχνοστοιχεία χορηγούνται σπάνια μέσω της λίπανσης, δεδομένου ότι περιέχονται σε επαρκείς ποσότητες στο χώμα. Οι ποσότητες των ιχνοστοιχείων που χορηγούνται στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι πολύ μικρές, ενώ χορήγηση μαγνησίου συνηθίζεται και στις καλλιέργειες εδάφους, ιδιαίτερα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Επίσης οι χορηγούμενες στην υδροπονία ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου σε γενικές γραμμές δεν ξεπερνούν τις αντίστοιχες ποσότητες που απαιτούνται σε μία καλλιέργεια εδάφους, δεδομένου ότι και στις δύο περιπτώσεις ισχύει η γενική αρχή

ότι οι προστιθέμενες ποσότητες θα πρέπει να ισούνται με το ύψος της κατανάλωσης από τα φυτά σύν τις απώλειες μέσω έκπλυσης, ακινητοποίησης, κ.λπ. Επομένως, στην πραγματικότητα, οι μόνες άξιες λόγου ποσότητες λιπασμάτων που είναι αναγκαίες ειδικά στις υδροπονικές καλλιέργειες, ενώ στο έδαφος εξοικονομούνται, είναι αυτές που αφορούν τα λιπάσματα ασβεστίου (κατά κανόνα υδατοδιαλυτό νιτρικό ασβέστιο). Όμως και οι ποσότητες λιπασμάτων ασβεστίου που απαιτούνται, συνήθως δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες γιατί, στις περισσότερες περιπτώσεις, το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων περιέχει ασβέστιο σε σημαντικές συγκεντρώσεις.

Στην πραγματικότητα, υπαρκτό πρόβλημα υπεβολικής κατανάλωσης λιπασμάτων υφίσταται μόνο σε ανοιχτα υδροπονικά συστήματα και μόνο όταν το χορηγούμενο νερό άρδευσης είναι αρκετά περισσότερο από τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Συνεπώς, το μειονέκτημα αυτό της υδροπονίας δεν είναι απόλυτο αλλά σχετικό και μπορεί να αντιμετωπισθεί ικανοποιητικά μέσω προσαρμογής του προγράμματος άρδευσης στις ανάγκες της καλλιέργειας.

7.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι με την υδροπονία μπορούμε να συγκεντρώσουμε αρκετά πλεονεκτήματα, συγκριτικά με την παραδοσιακή καλλιέργεια,όπως αποφυγή ασθενειών εδάφους, να εντατικοποιήσουμε τις καλλιέργειές μας αφού δεν χρειάζεται καμία προετοιμασία εδάφους ανάμεσα σε δύο καλλιέργειες κ.α.

Σίγουρα τα κλειστά συστήματα υδροπονίας υπερτερούν έναντι των ανοικτών γιατί με αυτά επιτυγχάνεται προστασία του περιβάλλοντος λόγω της ανακύκλωσης των λιπασμάτων που απορρέουν, ενώ ταυτόχρονα κάνουμε οικονομία χρημάτων και λιπάσματος αφού τα λιπάσματα που συλλέγουμε από τις απορροές τα εμπλουτίζουμε με τις ποσότητες των στοιχείων που λείπουν και τα επαναδιοχετεύουμε στην καλλιέργεια.

Από τα συστήματα που παρουσιάσαμε μπορούμε να ξεχωρίσουμε αυτό του N.F.T. σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο που χρησιμοποιεί κάποιο υπόστρωμα.Αυτό γιατί τα υποστρώματα έχουν πολύ μικρή διάρκεια ζωής σε αντίθεση με το N.F.T. με αποτέλεσμα μετά από 3-5 χρόνια να χρειάζονται αντικατάσταση.Αυτό όμως για τον παραγωγό μεταφράζεται ως δαπάνη χρήματος για αφαίρεση του παλιού υποστρώματος, προμήθεια και εγκατάσταση νέου ανα τακτά χρονικά διαστήματα που τα καθιστούν ασύμφερα πάντα σε σχέση με το N.F.T.

Τέλος σε κάθε περίπτωση συνίσταται η επίβλεψη κάποιου εξειδικευμένου γεωτεχνικού-σύμβουλου ο οποίος θα καθοδηγεί τον παραγωγό και θα επιβλέπει την πορεία της καλλιέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Χανιωτάκης Α., 2006. Επίδραση της θέρμανσης του υποστρώματος σε διάφορους τύπους υποδοχέων στην υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς για δρεπτό άνθος.

Σάββας Δ., 2003. Γενική ανθοκομία.

Μανιός Θ., 2006. Εργαστήριο υποστρωμάτων και συστημάτων καλλιεργειών εκτός εδάφους.

Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2007. Υδροπονικές εγκαταστάσεις

Χριστοδούλου Α., 1995. Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε διάφορα υποστρώματα σε κανάλια εντός εδάφους.

Παπαχρήστου Π., 1991. Υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών σε rockwool.

Μαργαρή Π., Τσάμη Π., 1996. Υδροπονική καλλιέργεια μελιτζάνας σε υπεδάφια κανάλια με υπόστρωμα ελαφρόπετρας.

Αγγελόπουλος Θ., 1991. Συγκριτική καλλιέργεια τεσσάρων ποικιλιών φράουλας σε κατακόρυφο υδροπονικό σύστημα.

Κούκου Λ., 1998. Πρώιμη υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε groth bags με διάφορα κλάσματα ελαφρόπετρας.

Γεωργία – Κτηνοτροφία, 2003. Το υδροπονικό σύστημα επίπλευσης για την παραγωγή σποροφύτων.

Μαυρογιαννόπουλος, Γεώργιος Ν., 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα.

Ντζάνης Η. 2003. Παραγωγή καπνοφυταρίων Βιρτζίνια με το υδροπονικό Σύστημα Επίπλευσης (Float System):www.agrotypos.gr

Καταπόδης Η. 2004. Καλλιέργεια σε σάκους περλίτη- Καλλιέργεια σε κύβους πετροβάμβακα:www.hydroponics.gr

Μπάδα Κ., 2001. N.F.T.-Αεροπονία: http://daedalus.math.uoi.gr/

Lee T., 2006. Photo:www.uky.edu

Λιονουδάκης Μ., 2006. Υδροπονική καλλιέργεια – Τα προτερήματα της χρησιμοποίησης υδροπονίας:www.hydrofit.gr

Εταιρία hydroasis., www.hydroasis.com