

Τ.Ε.Ι ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ :
ΑΡΓΥΡΟΥ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :
ΚΩΤΣΙΡΑΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2006

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1.1. Εισαγωγή.....	2
1.2. Σύντομη ιστορική αναδρομή.....	4
1.3. Πλεονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών.....	4
1.4. Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών.....	8
1.5. Στατιστικά στοιχεία.....	9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

2.1. Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος.....	10
2.1.1. Εγκατάσταση παροχής νερού.....	10
2.1.2. Φίλτρα καθαρισμού νερού.....	11
2.1.3. Δοχεία πυκνών διαλυμάτων.....	20
2.1.4. Μονάδα αραιώσης πυκνών διαλυμάτων.....	21
2.1.4.1. Αραιώση πυκνών διαλυμάτων με δοσομετρικές αντλίες.....	21
2.1.4.2. Αραιώση πυκνών διαλυμάτων με αυτόματο μεικτή λπασμάτων.....	26
2.1.5. Σύστημα αυτόματου ελέγχου.....	26
2.2. Σύστημα παροχής θρεπτικού διαλύματος.....	33
2.3. Υποδοχείς φυτών και υποστρώματων.....	35
2.4. Υποστρώματα υδροπονίας.....	37
2.4.1. Καλλιέργεια σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα.....	37
2.4.1.1. Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (σύστημα NFT).....	40
2.4.1.2. Αεροπονία.....	42
2.4.1.3. Επιδαπέδια υδροπονία (plant plane hydroponics).....	44
2.4.2. Καλλιέργεια σε κοκκώδη ανόργανα υποστρώματα.....	45
2.4.2.1. Καλλιέργεια σε άμμο (sand culture).....	45
2.4.2.2. Καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture).....	47
2.4.2.3. Καλλιέργεια σε διογκωμένο περλίτη.....	47
2.4.2.4. Καλλιέργεια σε βερμικουλίτη.....	52
2.4.2.5. Καλλιέργεια σε διογκωμένη άργιλο.....	52
2.4.3. Καλλιέργεια σε πλάκες ορυκτοβάμβακα.....	54
2.4.3.1. Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα.....	54
2.4.3.2. Καλλιέργεια σε πλάκες υαλοβάμβακα.....	57
2.4.4. Καλλιέργεια σε οργανικά ή μείγματα οργανικών και ανόργανων υλικών.....	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Πίνακας – Συμπέρασμα.....	65
Βιβλιογραφία.....	67

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ανάπτυξη των φυτών δεν εξαρτάται πλέον από φυσικούς παράγοντες, αλλά από την επέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα. Η επιχειρηματική ενασχόληση με εκτός εδάφους καλλιέργειες απαιτεί ευρύτατη και σωστή γνώση της γεωπονικής επιστήμης και συνεπώς η απλή ενημέρωση επί των αρχών λειτουργίας των συστημάτων καλλιέργειας των φυτών εκτός εδάφους δεν μπορεί από μόνη της να οδηγήσει σε πλήρη επιτυχία του εγχειρήματος. Γνώση, ενημέρωση, εξοπλισμός, τεχνολογία. Ο συνδυασμός των παραπάνω προϋποθέτει άριστα αποτελέσματα στα παραγόμενα προϊόντα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο εφοδιασμός των φοιτητών με βασικές γνώσεις και πληροφορίες, που έχουν σχέση με τον εξοπλισμό υδροπονικών καλλιιεργειών.

Η εργασία αποτελείται από 3 μέρη:

- το πρώτο, που είναι το εισαγωγικό και αναφέρονται βασικά χαρακτηριστικά.
- το δεύτερο, στο οποίο αναφέρεται ο εξοπλισμός και
- στο τρίτο, το οποίο αναφέρεται σε ενδεικτικές τιμές σε θέματα εξοπλισμού.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Αναστάσιο Κώτσιρα για την άριστη συνεργασία του. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά:

- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Δωδεκανήσου – Διεύθυνση Γεωργίας, Γεωπόνος, κ. Νικόλαο Ταταράκη.
- Τους καθηγητές μου, στο 1^ο Τ.Ε.Λ (ΤΕΕ) Ρόδου: κ Αγαπητό Χατζηδιάκο , κ Κίμωνα Κουγκρά και κ Κρητικό Αλκή
- Κιταντζής Γεωργική Προμηθευτική Ε.Π.Ε κ. Στέλιο Σουβαλιώτη

Χ. Σ. Αργυρού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ

1.1. Εισαγωγή

Η εξέλιξη της τεχνολογίας καθώς και οι συνεχώς αυξημένες απαιτήσεις της αγοράς για μεγαλύτερη αλλά και εκτός εποχής παραγωγή τόσο των λαχανοκομικών όσο και των ανθοκομικών προϊόντων, αλλά και η ανάγκη κατανόησης του μηχανισμού της θρέψης και της φυσιολογίας των φυτών, οδήγησαν στην ανάπτυξη των θερμοκηπιακών καλλιεργειών και της υδροπονίας, της χρήσης δηλαδή οποιουδήποτε μέσου καλλιέργειας φυτών που δεν έχει σχέση με το φυσικό έδαφος ή ειδικά μίγματα αυτού.

Η αρχή της μεθόδου είναι η διάλυση όλων των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων για την ανάπτυξη του φυτού στο νερό και η χορήγηση τους με αρδευτικό σύστημα χωρίς να χρησιμοποιείται το έδαφος. (Μανιός Β. Ι, 1994).

Ανάλογα με το είδος του υποστρώματος (δηλαδή το μέσο στο οποίο αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών), η υδροπονία χωρίζεται στην καθαρή υδροπονία και στην καλλιέργεια σε υπόστρωμα.

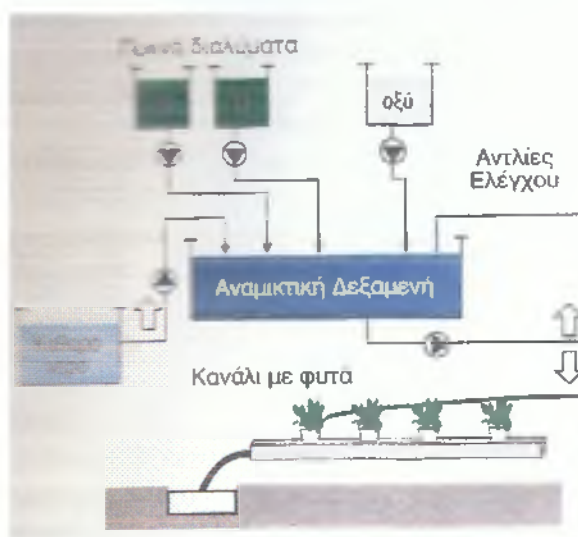
Στην *καθαρή υδροπονία* ολόκληρο το ριζικό σύστημα του φυτού ή ένα μέρος του βρίσκεται στο νερό ή σε ατμόσφαιρα κορεσμένη από υδρατμούς. Οι κυριότερες παραλλαγές αυτής της μεθόδου είναι:

- Η αεροπονία, όπου ολόκληρο το ριζικό σύστημα βρίσκεται στον αέρα, σε περιβάλλον σκοτεινό και κορεσμένο από υδρατμούς.
- Η N.F.T (nutrient film technique), στην οποία μόνο ένα μέρος των ριζών διέρχεται το θρεπτικό διάλυμα, το οποίο στη συνέχεια επιστρέφει στη δεξαμενή εκκίνησης, εμπλουτίζεται με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και επιστρέφει ξανά στα φυτά.
- Η D.F.T (deep film technique), στην οποία όλο το ριζικό σύστημα βρίσκεται μέσα στο νερό. Το νερό ανακυκλώνεται συνέχεια και ταυτόχρονα εμπλουτίζεται με θρεπτικά στοιχεία και οξυγόνο.

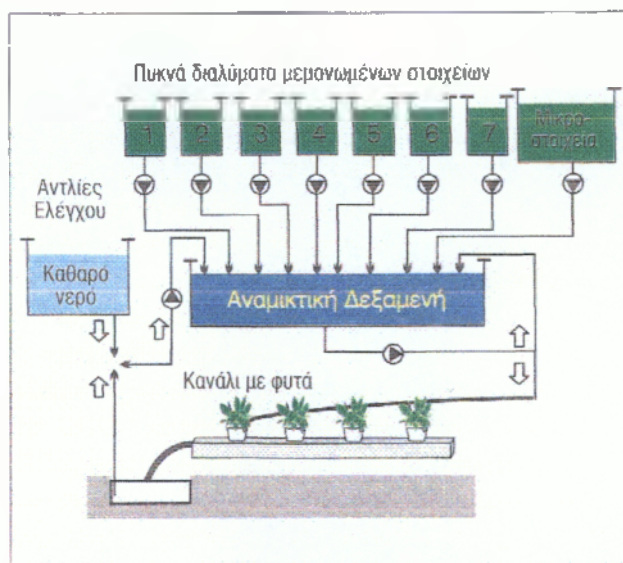
Στην *υδροπονική καλλιέργεια σε υπόστρωμα* χρησιμοποιείται ένα αδρανές υλικό, όπου σπέρνεται ο σπόρος ή τοποθετείται το νεαρό φυτό. Το ριζικό σύστημα του φυτού αναπτύσσεται μέσα στο υπόστρωμα και μέσα από αυτό περνά το νερό με τα θρεπτικά στοιχεία. Το υπόστρωμα μπορεί να είναι κάποιο ανόργανο υλικό (π.χ. περλίτης, χαλίκι, άμμος) ή οργανικό υλικό (ροκανίδι ξύλου, φλοιός δέντρων, τύρφη κ.λπ.). (Γεωργική Τεχνολογία, Τεύχος 1, 1988)

Άλλη μια διάκριση που γίνεται μεταξύ των διαφόρων μεθόδων υδροπονικής καλλιέργειας είναι αυτή *μεταξύ ανοιχτών και κλειστών υδροπονικών συστημάτων*. 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 κάθε υδροπονικό σύστημα, στο οποίο το πλεονάζον

θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με τη βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση (δηλαδή έχουμε μια συνεχή κυκλική ροή του διαλύματος – ανακύκλωση). (Δ. Σάββας, 1995).



Εικόνα 1: Σχεδιάγραμμα ανοικτού (χωρίς ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος A/B δεξαμενών με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.



Εικόνα 2: Σχεδιάγραμμα κλειστού (με ανακύκλωση) υδροπονικού συστήματος δεξαμενών μεμονωμένων στοιχείων, με χρήση αναμικτικής δεξαμενής.

Κάθε είδος φυτού είναι δυνατόν να καλλιεργηθεί χωρίς έδαφος και ιδιαίτερα τα λαχανοκομικά και ανθοκομικά φυτά. Γενικά όμως αυτή η καλλιεργητική τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί για γεωργική εκμετάλλευση μόνο κάτω από συνθήκες υψηλής τεχνολογικής ανάπτυξης και αποδοτικών καλλιεργειών. Φυσικά, πρέπει να ικανοποιούνται οι ιδιαίτερες απαιτήσεις των φυτών σε θερμοκρασία, φως, υγρασία,

και αερισμό και να εφαρμόζονται τα απαραίτητα μέτρα φυτοπροστασίας . Επειδή όμως δεν μεσολαβεί ο ρυθμιστικός ρόλος του εδάφους , χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην ακριβή χορήγηση των θρεπτικών στοιχείων . (Γεωργία Κτηνοτροφία, 1999).

Σημαντικό στοιχείο για την υψηλή παραγωγή στην υδροπονική καλλιέργεια είναι η καλή ποιότητα του νερού. Η υψηλή συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου επιδρά σημαντικά και μειώνει την παραγωγή. Πολύ υψηλή συγκέντρωση μαγνησίου, ψευδαργύρου ή βορίου έχει ως αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του νερού. Τα καλύτερα αποτελέσματα τα δίνει το βρόχινο ή αφαλατωμένο νερό. (Γ. Γεωργακόπουλος, Κ. Κίττας, Γ. Μαυρογιανόπουλος, Ν. Σταθόπουλος, 1999).

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης. Εκτός από την περιεκτικότητα στα επιμέρους θρεπτικά στοιχεία η ποιότητα του θρεπτικού διαλύματος εξαρτάται από το pH του και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C) αυτού. (Δ. Σάββας, 1995).

1.2. Σύντομη ιστορική αναδρομή

Τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της υδροπονίας είναι συνυφασμένα με την εξέλιξη της φυσιολογίας των φυτών και έτσι η υδροπονία χρησιμοποιήθηκε ως μέθοδος μελέτης φαινομένων και λειτουργιών θρέψης των φυτών.

Στα 1600 μ.Χ. ο Βέλγος Jan van Helmont εγκατέστησε για πρώτη φορά υποτυπώδες σύστημα υδροπονίας που τον βοήθησε να ισχυριστεί ότι τα φυτά προσλαμβάνουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία από το βρόχινο νερό. Σήμερα όμως είναι γνωστό ότι τα φυτά προσλαμβάνουν τον άνθρακα και το οξυγόνο από τον αέρα και τα υπόλοιπα απαραίτητα στοιχεία από το έδαφος. Από το 1600 μ.Χ. και για 200 και πλέον χρόνια μετέπειτα η υδροπονία χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την διερεύνηση και τον προσδιορισμό των εντελώς απαραίτητων για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικών στοιχείων. Ακολούθως προσδιορίστηκαν οι άριστες συγκεντρώσεις ή απαιτήσεις των απαραίτητων στοιχείων για την ομαλότερη και παραγωγικότερη καλλιέργεια των φυτών.

Η υδροπονία, ως εμπορικό σύστημα καλλιέργειας των φυτών, πρωτοεμφανίστηκε στην περίοδο μεταξύ των δύο παγκοσμίων πολέμων στην Ελβετία και τις Η.Π.Α, αλλά αποδεδειγμένα αντιοικονομική. Κατά την διάρκεια του δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου αρκετές νησίδες του Ειρηνικού Ωκεανού απέκτησαν στρατηγική σημασία και αποτέλεσαν ταυτόχρονα τις πρώτες εστίες υδροπονικών καλλιεργειών επί υποστρωμάτων με χαλίκια.

Σήμερα οι υδροπονικές καλλιέργειες αποτελούν μέρος της επιχειρηματικής δραστηριότητας για την παραγωγή φρέσκων λαχανικών και ανθέων σε πολλές χώρες όπως π.χ. την Ιαπωνία, τις Η.Π.Α, την Ολλανδία, τη Γερμανία, τη Γαλλία, την Ιταλία, το Ισραήλ κ.λπ. (Α. Κανάκης 1998).

1.3. Πλεονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών

Τα πλεονεκτήματα των υδροπονικών καλλιεργειών είναι:

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, πυρηνochaίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια 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 τοξικότητας 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 γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω υπερντατικής εκμετάλλευσης και μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδαφών) είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (π.χ. πολύ βαρεία ή πολύ ελαφρά εδάφη, εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, εναλατωμένα εδάφη, κ.λπ.). Σε τέτοιες περιπτώσεις η υδροπονία αποτελεί πιο ριζική και πιο 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 καλλιεργείται 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.

6. Έχει αποδειχθεί ότι η καλλιέργεια τόσο σε υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT) επιφέρει σημαντική προίμιση. 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 πιο ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει 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 καμιά επίδραση στην καλλιέργεια, με τελικό αποτέλεσμα, η σχεδίαση ενός κατάλληλου σχήματος θρέψης των φυτών να καθίσταται πολύ πιο 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 χρήσιμη

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 ποιότητας 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 πιο πάνω, έχει σαν συνέπεια τα παραγόμενα στις υδροπονικές καλλιέργειες καλλωπιστικά φυτά να είναι καλύτερης ποιότητας (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. Χάρης 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.

(Βιβλιογραφία: www.google.com.gr/search/υδροπονία)

1.4. Μειονεκτήματα υδροπονικών καλλιεργειών

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα της υδροπονικής καλλιέργειας είναι:

- Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μιας 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 μιας 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.
- Δεν προσαρμόζονται όλα τα λαχανοκομικά είδη στις υδροπονικές καλλιέργειες ώστε να προκύπτει θετικό οικονομικό αποτέλεσμα.
- Είναι σχετικά ευαίσθητο σύστημα καλλιέργειας χωρίς μεγάλες ανοχές λαθών και γι' αυτό απαιτείται εξειδικευμένο και καλά εκπαιδευμένο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό ικανό να αντιμετωπίσει τα τυχόν παρουσιαζόμενα προβλήματα. Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και συχνά πιο έντονη στις υδροπονικές καλλιέργειες. Στην προκειμένη 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).

(Βιβλιογραφία: 1. Γεωργία Κτηνοτροφία, Αφιέρωμα Θερμοκήπια, Αγρότυπος Α.Ε., Τεύχος 9 / 1999. 2. www.google.com.gr/search/υδροπονία).

1.5. Στατιστικά στοιχεία

Σε πολλές περιοχές του κόσμου εφαρμόζεται η υδροπονία. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις στην Ολλανδία κατά το 1991 – 92 έφθασαν πάνω από 70000 στρέμματα. Η συνολική έκταση σ' όλο τον κόσμο εκτιμάται περίπου 200000 στρέμματα. Στην Ελλάδα ως μέθοδος καλλιέργειας δεν βρήκε ιδιαίτερη απήχηση.

Εκτιμάται ότι στον Ελλαδικό χώρο καλύπτει, 150 στρέμματα κηπευτικά και 30 – 35 στρέμματα ανθοκομικά προϊόντα και γίνεται με την μέθοδο πετροβάμβακα, μεμβράνης θρεπτικού διαλύματος και σακών περλίτη. (πηγή: Υπουργείο Γεωργίας).

Στο Νομό Δωδεκανήσου, στην περιοχή Παστίδας, της Νήσου Ρόδου υπάρχει θερμοκήπιο τριών στρεμμάτων με υδροπονία. Στο χώρο του θερμοκηπίου καλλιεργούνται με την μέθοδο αυτή:

- Ένα στρέμμα πιπεριά (πλάκες πετροβάμβακα)
- Ένα στρέμμα ζέρμπερα (πλάκες πετροβάμβακα)
- Ένα στρέμμα ανθοκομικά φυτά (πλάκες πετροβάμβακα)

(Πηγή: Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Δωδεκανήσου – Διεύθυνση Γεωργίας, Γεωπόνος: Ταταράκης Ν).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΕΞΟΠΑΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Μία υδροπονική εγκατάσταση από άποψη εξοπλισμού μπορεί να διακριθεί σε τέσσερα επιμέρους τμήματα:

- το σύστημα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος,
- το σύστημα παροχής του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά,
- τους υποδοχείς των φυτών και των υποστρωμάτων που είναι τοποθετημένοι μέσα στο θερμοκήπιο και
- το υπόστρωμα καλλιέργειας.

(Δ. Σάββας, 1995)

2.1. Σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος

Περιλαμβάνει:

α) την εγκατάσταση παροχής νερού (άντληση - άρδευση, σύνδεση με αρδευτικό δίκτυο, κ.λ.π.),

β) συσκευές καθαρισμού του νερού (φίλτρα νερού),

γ) δοχεία πυκνών ή μητρικών διαλυμάτων (τουλάχιστον 2), μέσα στα οποία διαλύονται αρχικά τα λιπάσματα με νερό

δ) το σύστημα αραιώσης των πυκνών διαλυμάτων με το νερό της άρδευσης και

ε) το σύστημα αυτόματου ελέγχου της αραιώσης των μητρικών διαλυμάτων και της παροχής του αραιωμένου διαλύματος στα φυτά. (Δ. Σάββας, 1995)

2.1.1. Εγκατάσταση παροχής νερού

Είναι σημαντικό, το νερό να είναι καλής ποιότητας και τα υλικά της εγκατάστασης (σωληνώσεις κ.λ.π.) να μην απελευθερώνουν στο νερό ουσίες ή ιόντα (π.χ. Ζn) σε συγκεντρώσεις που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην καλλιέργεια. (Δ. Σάββας, 1995).

Πρέπει να χρησιμοποιούνται σωλήνες από αλουμίνιο, πλαστικό, σίδηρο, ατσάλι και ελενίτ. Οι σωλήνες από ελενίτ αν και είναι φθηνότερες στην αγορά τους δεν μπορούν αφενός να βγουν σε μικρές διαμέτρους και αφετέρου είναι δύσκολη η διασύνδεσή τους. Οι πλαστικοί σωλήνες είναι φθηνοί, εύχρηστοι, και μπορούν συνεπώς να χρησιμοποιηθούν ευρέως, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει ανάγκη υψηλών πιέσεων στο κύκλωμα. Οι σωλήνες από γαλβανισμένο σίδηρο και χαλκό πρέπει να αποφεύγονται επειδή ο ψευδάργυρος του γαλβανίσματος και ο χαλκός διαλύονται σε μικρές μεν αλλά τοξικές για τα φυτά συγκεντρώσεις. Οι σύνδεσμοι, αν και από γαλβανισμένο σίδηρο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επειδή η επιφάνειά τους που έρχεται σε επαφή με το θρεπτικό διάλυμα είναι πολύ περιορισμένη. (Α. Κανάκης, 1998).

Η υψηλή συγκέντρωση χλωριούχου νατρίου επιδρά σημαντικά και μειώνει την παραγωγή. Πολύ υψηλή συγκέντρωση μαγγανίου, ψευδαργύρου ή βορίου έχει ως αποτέλεσμα την ακαταλληλότητα του νερού. Τα καλύτερα αποτελέσματα δίνει το βρόχινο ή αφαλατωμένο νερό.

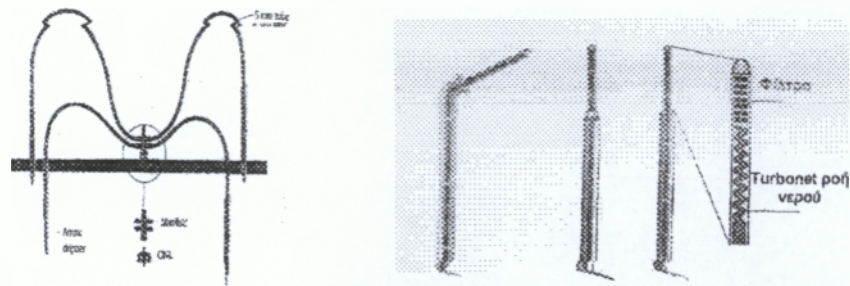
Όταν χρησιμοποιείται νερό από γεώτρηση, επειδή μεταβάλλεται η ποιότητα του νερού με την εποχή, είναι απαραίτητο να γίνονται συχνές αναλύσεις, ώστε να διορθώνεται η χορήγηση των θρεπτικών στοιχείων. (Γ. Γεωργακόπουλος, Κ. Κίττας, Γ. Μαυρογιαννόπουλος, Ν. Σταθόπουλος, 1999).

2.1.2. Φίλτρα καθαρισμού νερού

Είναι απαραίτητα για τον καθαρισμό του νερού από στερεά σωματίδια όπως άμμος, άργιλος, σπόροι φυτών, μικροοργανισμοί κ.λ.π., ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στο σύστημα παροχής του διαλύματος στα φυτά.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι φίλτρων νερού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία και οι οποίοι δεν διαφέρουν από τους αντίστοιχους που χρησιμοποιούνται στις κοινές καλλιέργειες στο έδαφος. (Δ. Σάββας, 1995).

Ανεξάρτητα από τη λήψη ή μη προστατευτικών μέτρων προς αποφυγή μόλυνσης, το νερό έχει σχεδόν πάντοτε μικρή ή μεγάλη περιεκτικότητα σε ξένες ύλες, ικανή να προκαλέσει φραξίματα στους σταλακτήρες. Ο καθαρισμός του συνεπώς με διάφορα μέσα ή τρόπους θεωρείται κατά κανόνα απαραίτητο προστατευτικό μέτρο σε κάθε περίπτωση.



Εικόνα 3: Τελικός σταλλάκτης τύπου βέλους (Arrow Dripper 2 lt/h)

Τα κυρίως χρησιμοποιούμενα μέσα καθαρισμού είναι τα διαφόρων ειδών φίλτρα, οι υδροκυκλώνες ή διαχωριστές άμμου και τα φρεάτια ηρεμίας.

Τα διάφορα φίλτρα αποτελούνται κατά κανόνα από ένα εξωτερικό περίβλημα μεταλλικό ή πλαστικό, στο εσωτερικό του οποίου υπάρχει κατάλληλο διηθητικό μέσο από το οποίο υποχρεώνεται, με ειδική διάταξη, να περάσει το νερό ώστε να απαλλαγεί από τις ξένες ύλες. (Ν. Μιχελάκη, 1988)

Η επιλογή του φίλτρου άρδευσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ορθή και απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος άρδευσης και εξαρτάται:

- από τον τύπο, το μέγεθος και τη συγκέντρωση των ξένων υλών στο νερό.
- από τον επιθυμητό βαθμό φιλτραρίσματος
- από την παροχή κατά την εποχή αιχμής της ζήτησης του νερού
- από την οικονομική επιβάρυνση που έχει προβλεφθεί στην αρχική επένδυση.

Διακρίνουμε δυο τύπους φιλτραρίσματος:

- Φιλτράρισμα στα κύρια φίλτρα (τα οποία τοποθετούνται κατά κανόνα κοντά στην πηγή νερού, στο χώρο της κεφαλής ελέγχου).
- Φιλτράρισμα στα δευτερεύοντα ή φίλτρα ελέγχου (τα οποία τοποθετούνται για να συγκρατήσουν τα σωματίδια εκείνα που προέρχονται από τις διαβρώσεις των σωλήνων, καθώς και εκείνα που διαφεύγουν από τα κύρια φίλτρα).

Το φιλτράρισμα του νερού είναι μια εξαιρετικά δύσκολη εργασία, γιατί σε κάθε κατηγορία νερού απαντάται μεγάλη ποικιλία στερεών συστατικών ανάλογα με την προέλευση του.

Ακόμη στην ίδια πηγή τα στερεά σωματίδια και γενικά οι ξένες ύλες, ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό καθ' όλη τη διάρκεια των αρδεύσεων, ώστε το πρόβλημα να καθίσταται σύνθετο από την άποψη επιλογής του ή των κατάλληλων φίλτρων.

(Δ. Ουζούνης, 2002).

Ανάλογα με το είδος του διηθητικού μέσου, τα φίλτρα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως τα **φίλτρα σίτας**, τα **φίλτρα χαλικιού**, **υδροκυκλώνες** και **φρεάτια ηρεμίας** (Ν. Μιχελάκη, 1988)

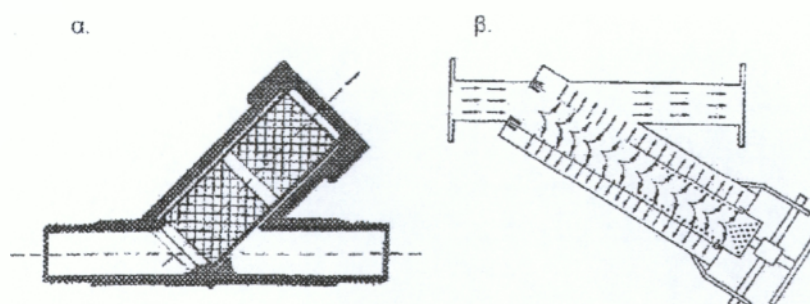
Φίλτρα σίτας:

Τα φίλτρα σίτας αποσκοπούν στην απομάκρυνση από το νερό της άμμου, της αργίλου, των αλγών, ιζημάτων, καθώς και άλλων αιωρούμενων στερεών συστατικών που μπορεί να προκαλέσουν έμφραξη στους διανεμητές.

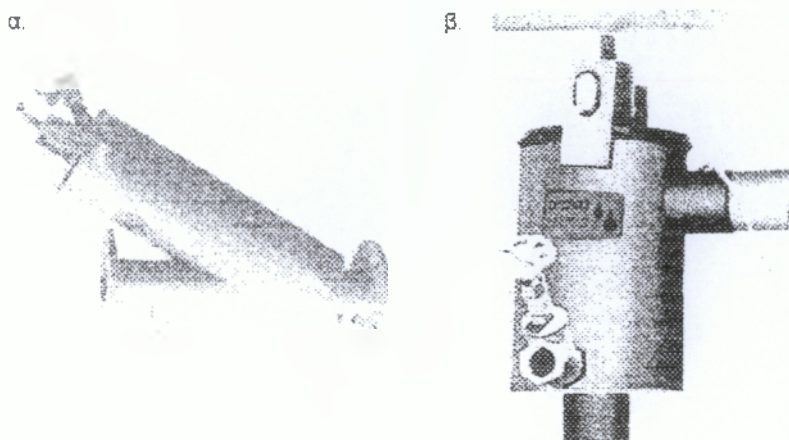
Κατατάσσονται σε κύρια ή κεντρικά φίλτρα που μπαίνουν στην κεφαλή του συστήματος, και σε δευτερεύοντα που μπαίνουν στις διακλαδώσεις.

Στα φίλτρα σίτας ή διηθητική ζώνη αποτελείται από έναν κύλινδρο κατασκευασμένο από διάτρητο σωλήνα από σκληρό PVC, καλυμμένο με ένα λεπτό και πυκνό πλέγμα (σίτα) από μεταλλικά ή πλαστικά νήματα. Το πλέγμα αυτό παρεμβάλλεται μεταξύ του χώρου εισόδου και του χώρου εξόδου, έτσι ώστε το νερό να διέρχεται υποχρεωτικά από το πλέγμα.

Τα φίλτρα σίτας χρησιμοποιούνται ευρύτατα για κάθε τύπο στερεών αιωρημάτων, αλλά παρουσιάζουν ιδιαίτερη ευαισθησία στις εμφράξεις. Γι' αυτό σε περιπτώσεις που τα νερά περιέχουν άφθονες οργανικές ύλες καλό είναι να προηγηθεί προληπτικό φιλτράρισμα του νερού με ένα φίλτρο χαλικιού.



Εικόνα 4: α. Τομή φίλτρου σίτας, β. Τομή φίλτρου σίτας με σημειωμένα βέλη που καταδεικνύουν την ροή του νερού διαμέσου της σίτας.



Εικόνα 5: α. Φίλτρο σίτας με ευθύγραμμη ροή, β. Φίλτρο σίτας με γωνιακή ροή.

Τα φίλτρα σίτας χρησιμοποιούνται τόσο στην κεφαλή ή κέντρο ελεγχόμενης διανομής, όσο και στην αρχή των δευτερευόντων και πλευρικών σωλήνων, ανάλογα με την ποιότητα του νερού και τον επιδιωκόμενο βαθμό φιλτραρίσματος.

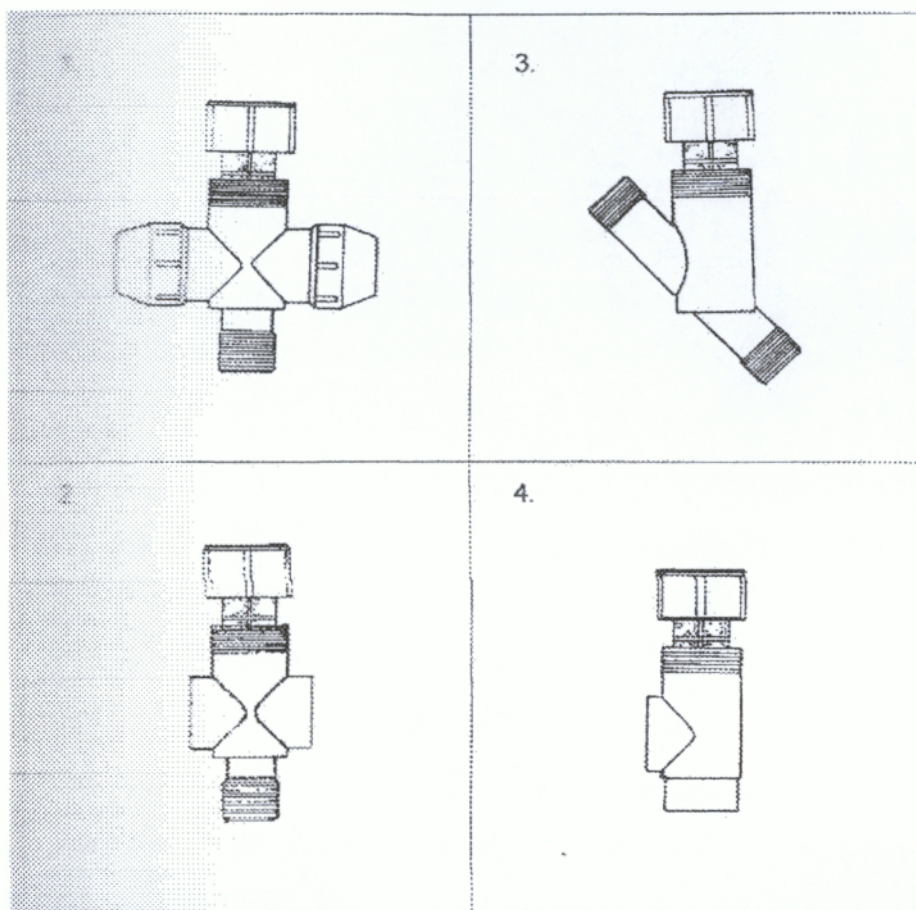
Με βάση τον τρόπο καθαρισμού των φίλτρων από τις συσσωρευμένες ακαθαρσίες, διακρίνονται σε **απλά, ημιαυτόματα και αυτόματα φίλτρα**.

Τα **απλά** φίλτρα καθαρίζονται με τα χέρια. Αποκοχλιώνεται το πώμα τους, ανασύρεται έξω το διηθητικό πλέγμα τους και πλένεται με καθαρό νερό χρησιμοποιώντας μια μαλακή βούρτσα, ώστε να απομακρύνονται οι ακαθαρσίες εντελώς χωρίς να σφηνώνονται στα ανοίγματα του δικτυωτού.

Η διαδικασία του ανοίγματος και καθαρίσματος είναι συνήθως απλή και εύκολη και δεν απαιτείται να διαθέτει κανείς ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις.

Στα απλά φίλτρα σίτας η ροή του νερού σε ορισμένα απ' αυτά είναι ευθύγραμμη και σε άλλα γωνιακή.

Εσωτερικά ένα φίλτρο σίτας φέρει έναν ή σπανιότερα δύο κυλίνδρους από μέταλλο ή πλαστικό PVC με τρύπες στα τοιχώματά τους. Σε όλη την εσωτερική ή εξωτερική επιφάνεια τους απλώνεται η μεταλλική ή πλαστική σίτα που φιλτράρει το νερό.



Εικόνα 6: Διάφοροι τύποι φίλτρων σίτας. 1. Φίλτρο ρακόρ, 2. Φίλτρο σταυρός, 3. Φίλτρο αρσενικό, 4. Φίλτρο θηλυκό.

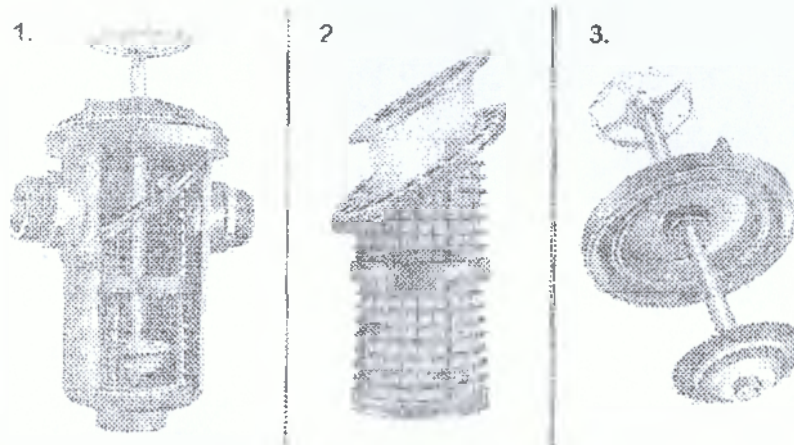
Υπάρχουν επίσης πολλές άλλες κατηγορίες απλών φίλτρων σίτας, τα οποία χρησιμεύουν για την εξυπηρέτηση διαφόρων συνδεσμολογιών του δικτύου, όπως φίλτρο ρακόρ, φίλτρο σταυρός κ.ά.

Τα **ημιαυτόματα** φίλτρα καθαρίζονται χωρίς να ανοιχτεί το φίλτρο και έτσι δε χρειάζεται να διακοπεί η λειτουργία του δικτύου.

Ο καθαρισμός επιτυγχάνεται είτε μέσω ειδικής βούρτσας που είναι εφοδιασμένα και κινείται περιστροφικά ή και κατακόρυφα με ένα μοχλό απ' έξω, είτε μέσω ειδικού διακόπτη επάνω στο πώμα του φίλτρου, ο οποίος ανοίγει και αφήνει να εξέλθει το νερό με ταχύτητα.

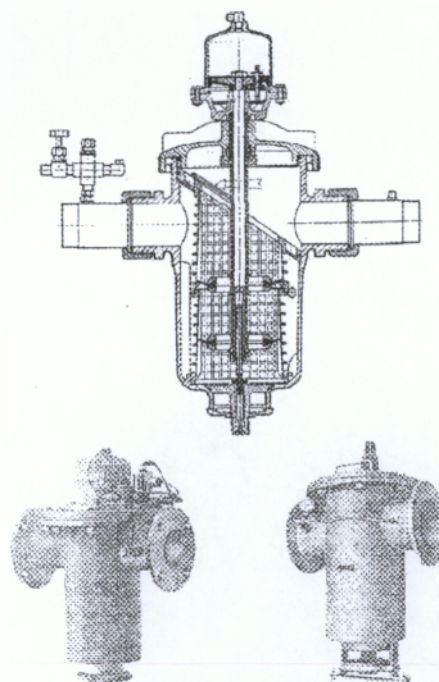
Το σοβαρό μειονέκτημα των ημιαυτόματων φίλτρων είναι ότι ο καθαρισμός που διενεργείται δεν είναι πάντα ικανοποιητικός και ότι τόσο οι βούρτσες, όσο και οι σίτες αυτών φθείρονται γρήγορα. Για τους λόγους αυτούς η χρήση τους σήμερα είναι περιορισμένη.

Τα **αυτόματα φίλτρα** καθαρίζονται μόνα τους με ειδική διάταξη που κινεί μια βούρτσα στο εσωτερικό τους, όταν η πίεση του νερού μετά από το φίλτρο έχει πέσει κάτω από ένα ορισμένο όριο εξαιτίας προχωρημένης έμφραξης.



Εικόνα 7: Ημιαντόματο φίλτρο σίας.

1. Το φίλτρο σε κατακόρυφη τομή, 2. Ο κύλινδρος του με τη σία, 3. Το καπάκι με το μοχλό και τη βούρτσα.



Εικόνα 8: Αυτόματο φίλτρο σίας με διαφορά υδραυλικής πίεσης.

Φίλτρα χαλικιού:

Τα φίλτρα χαλικιού χρησιμοποιούνται στην εντοπισμένη άρδευση για τον καθαρισμό του νερού, που είναι ιδιαίτερα φορτισμένο, τόσο με ανόργανα όσο και με οργανικά σωματίδια. Τέτοια νερά είναι συνήθως τα επιφανειακής προέλευσης, όπως τα νερά φραγμάτων, λιμνών, ποταμών, καναλιών, ανοιχτών δεξαμενών, που παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ύλες. Τα επιφανειακά νερά περιέχουν επίσης σημαντικές ποσότητες στερεών υλών, άμμου και λάσπης, από την απορροή βρόχινων υδάτων.



Εικόνα 9: Φίλτρο χαλικιού

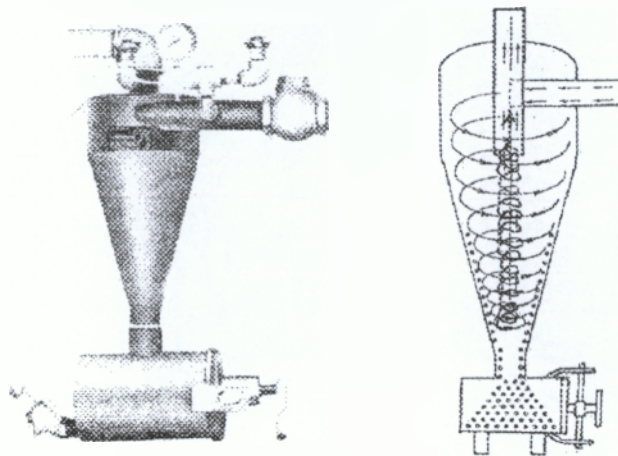
Τα φίλτρα χαλικιού αποτελούνται από ένα μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα, στο εσωτερικό του οποίου τοποθετούνται διαστρώσεις χαλικιών και άμμου ορισμένων διαμετρημάτων.

Ως διηθητικό μέτρο στα φίλτρα αυτά χρησιμοποιείται χαλίκι που είναι χημικά αδρανές υλικό στην επίδραση ανόργανων αλάτων, καθώς και χημικών λιπασμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται με την υδρολίπανση.

Υλικά τα οποία πληρούν τις προϋποθέσεις από άποψη καταλληλότητας για τη χρησιμοποίησή τους στα φίλτρα αυτά, είναι τα ηφαιστειογενούς προέλευσης αδρανή υλικά, η χαλαζιακή άμμος, και το κοινό χαλίκι των ποταμών και θαλασσών, αφού προηγουμένως πλυθούν καλά.

Υδροκυκλώνες:

Οι υδροκυκλώνες οι διαχωριστές άμμου αποτελούνται από ένα κυλινδρικό δοχείο που καταλήγει προς τα κάτω σε κωνικό.



Εικόνα 10: Υδροκυκλώνας.

Αριστερά: Εξωτερική όψη υδροκυκλώνα

Δεξιά: Σχηματική παράσταση λειτουργίας υδροκυκλώνα

Η λειτουργία τους στηρίζεται στη φυγόκεντρη δύναμη που ενεργεί πάνω στα σωματίδια της άμμου, έτσι ώστε να επιταχύνει την πτώση με 10πλάσια δύναμη. Το γεγονός αυτό καθιστά δυνατή την εγκατάσταση σε περιορισμένοι χώρο διαχωριστών άμμου, οι οποίοι είναι ικανοί να απομακρύνουν και την πολύ ψιλή άμμο 0,1 – 0,05 mm.

Το νερό εισέρχεται επαπτομενικά από το επάνω μέρος του δοχείου στο κυλινδρικό τμήμα, οπότε η ευθύγραμμη ροή του νερού μετατρέπεται σε κυκλική, σχηματίζοντας ένα κύριο στρόβιλο με φορά προς τα κάτω.

Τα βαρύτερα στερεά κομματάκια απωθούνται, λόγω της φυγόκεντρης δύναμης προς την περιφέρεια και στη συνέχεια κατακάθονται σε ειδικό θάλαμο από όπου και αποβάλλονται. Καθώς όμως ο κύριος στρόβιλος του νερού προσκρούει στον πυθμένα του δοχείου, ανακλάται και δημιουργείται ένας δευτερεύων στρόβιλος που κινείται προς τα πάνω και καταλήγει στην έξοδο.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το χαρακτηριστικό γνώρισμα της λειτουργίας των υδροκυκλώνων είναι η δημιουργία ενός κυρίου στροβίλου που ανεβάζει το καθαρό νερό προς τα πάνω και έξω προς το δίκτυο.

Φρεάτια ηρεμίας:

Στις περιπτώσεις που το νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αιωρούμενες ακαθαρσίες και τα συνήθη φίλτρα χαλικιών ή σίτας δεν επαρκούν για την

απομάκρυνσή τους, τότε χρησιμοποιούνται τα φρεάτια ηρεμίας ή φρεάτια καθίζησης ξένων υλών.

Τα φρεάτια ηρεμίας είναι ένα είδος δεξαμενών – λεκανών, όπου το νερό παραμένει για ένα χρονικό διάστημα, ώστε να καθιζάνει ένα μεγάλο ποσοστό άμμου, αργίλου και άλλων στερεών υλικών προτού φθάσει στα άλλα μέσα διήθησης.

Τα φρεάτια ηρεμίας αποσκοπούν επίσης στην καθίζηση διαφόρων χημικών ενώσεων που είναι διαλυτές στο νερό, όπως σουλφίδια και βαριά μέταλλα σιδήρου, μαγγανίου και άλλα, τα οποία δημιουργούν προβλήματα εμφράξεων.

Οι δεξαμενές αυτές καθίζησης συνιστώνται κυρίως για επιφανειακά νερά που παρουσιάζουν υψηλό φορτίο σε στερεά υλικά με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από το νερό που προέρχονται από ποτάμια, ρυάκια, αρδευτικούς αγωγούς και τάφρους αποστραγγίσεων μεγάλων αρδευτικών δικτύων, λίμνες και διάφορες άλλες πηγές.

Τα φρεάτια ηρεμίας κατασκευάζονται εύκολα και είναι απαραίτητα σε όλες τις περιπτώσεις των επιφανειακών νερών, καθόσον υποβοηθούν σε μεγάλο βαθμό τα λοιπά μέσα διήθησης του δικτύου. Αρκεί, όπως προαναφέρθηκε, να καλύπτονται, ώστε να αποφεύγεται η είσοδος ξένων σωμάτων, καθώς και η διείσδυση φωτισμού που ευνοεί την ανάπτυξη αλγών και λοιπών μικροοργανισμών.

Κατά την κατασκευή τους λαμβάνεται μέριμνα, ώστε το βάθος τους να είναι μεγαλύτερο από εκείνο που απαιτείται για τη ροή, για να υπάρχει επαρκής χώρος για τη συγκέντρωση των υλικών που καθιζάνουν. Επίσης να προβλέπεται εξαρχής η δυνατότητα και ο τρόπος καθαρισμού των φρεατίων κατά τακτά διαστήματα.

(Δ. Ουζούνης, 2002).

2.1.3. Δοχεία πυκνών διαλυμάτων

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος με το οποίο τροφοδοτούνται τα φυτά αρχικά τοποθετούνται σε μεγάλα δοχεία χωρητικότητας 50-1000 λίτρων (ή και μεγαλύτερων ορισμένες φορές). Μέσα στα δοχεία αυτά προστίθεται φυσικό νερό από την πηγή άρδευσης σε ποσότητα ανάλογη με την χωρητικότητά τους. Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι πλήρως υδατοδιαλυτά με συνέπεια να διαλύονται πλήρως μέσα στο προστεθέν νερό και να προκύπτει έτσι ένα διάλυμα λιπασμάτων. Οι ποσότητες των λιπασμάτων που τοποθετούνται μέσα στο δοχείο όμως είναι πολλαπλάσιες (συνήθως 100πλάσιες ή 200πλάσιες) από αυτές που απαιτούνται για να προκύψουν οι

επιθυμητές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων μέσα στο δοχείο μετά το γέμισμά του με νερό. Επομένως το διάλυμα λιπασμάτων που προκύπτει στο δοχείο είναι ένα πυκνό διάλυμα με συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων πολλαπλάσιες από αυτές που ενδείκνυνται για την θρέψη των φυτών και κατά συνέπεια πριν αποσταλεί στα φυτά θα πρέπει να αραιώνεται. Γι' αυτό το λόγο τα διαλύματα των λιπασμάτων που σχηματίζονται μέσα στα δοχεία αυτά ονομάζονται πυκνά ή μητρικά διαλύματα και τα δοχεία που τα περιέχουν δοχεία πυκνών ή μητρικών διαλυμάτων.



Εικόνα 11: Δεξαμενές θρεπτικών διαλυμάτων

Για να επιτευχθεί ο κατάλληλος συνδυασμός συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων κατά την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος κατάλληλου για την θρέψη μίας υδροπονικής καλλιέργειας είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση περισσότερων του ενός λιπασμάτων. Ορισμένα λιπάσματα όμως δεν μπορούν να τοποθετηθούν μαζί μέσα στο ίδιο δοχείο πυκνών διαλυμάτων και να αναμειχθούν μεταξύ τους Γι' αυτό το λόγο κάθε μονάδα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να διαθέτει τουλάχιστον δύο δοχεία πυκνών διαλυμάτων (δοχείο Α και δοχείο Β), ενώ κατά κανόνα υπάρχει και ένα τρίτο βαρέλι στο οποίο τοποθετείται ένα οξύ για την ρύθμιση του pH του διαλύματος.

Τα δοχεία των πυκνών (μητρικών) διαλυμάτων πρέπει να είναι από υλικό που δεν διαβρώνεται από τα πυκνά διαλύματα και δεν οξειδώνεται. Συνήθως κατασκευάζονται από πλαστικά υλικά. Συνιστάται να είναι εφοδιασμένα με σύστημα ανάδευσης για την καλύτερη διάλυση των λιπασμάτων και για εκ νέου ομογενοποίηση σε περίπτωση δημιουργίας ιζήματος.

Η χωρητικότητα των δοχείων των πυκνών διαλυμάτων επιλέγεται με βάση τον διαθέσιμο χώρο στο σημείο που εγκαθίσταται το σύστημα παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος καθώς επίσης και ανάλογα με την έκταση της υδροπονικής καλλιέργειας.

Τα δοχεία πυκνού διαλύματος θα πρέπει να έχουν αρκετά μεγάλη χωρητικότητα, έτσι ώστε τα πυκνά διαλύματα που παρασκευάζονται κάθε φορά να επαρκούν για αρκετές ημέρες. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η περιττή σπατάλη εργατικών για συχνή παρασκευή πυκνών διαλυμάτων. (Δ. Σάββας, 1995).

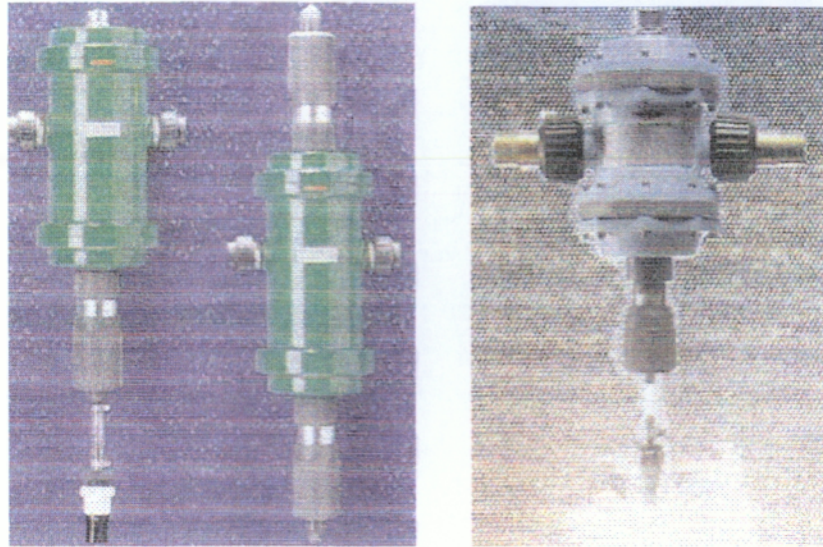
2.1.4. Μονάδα αραιώσης πυκνών διαλυμάτων

Η μονάδα αραιώσης των πυκνών διαλυμάτων μπορεί να είναι είτε μία εγκατάσταση αποτελούμενη από μία ή περισσότερες δοσομετρικές αντλίες είτε ένας αυτόματος μεικτήρας λιπασμάτων ειδικά κατασκευασμένος για χρήση στις υδροπονικές καλλιέργειες. (Δ. Σάββας, 1995).

2.1.4.1. Αραιώση πυκνών διαλυμάτων με δοσομετρικές αντλίες

Στην πιο απλή της εκδοχή μία μονάδα αραιώσης πυκνών διαλυμάτων αποτελείται από δύο ή τρεις απλές δοσομετρικές αντλίες, κάθε μία από τις οποίες είναι συνδεδεμένη σε σειρά ή (σπανιότερα) παράλληλα με τις άλλες στο δίκτυο άρδευσης. Κάθε απλή δοσομετρική αντλία είναι συνδεδεμένη και διοχετεύει πυκνό διάλυμα στο νερό του ποτίσματος από ένα μόνο δοχείο πυκνών διαλυμάτων. Επομένως ο αριθμός των απλών δοσομετρικών αντλιών που απαιτούνται για την εγκατάσταση μίας μονάδας αραιώσης πυκνών διαλυμάτων ισούται με τον αριθμό των δοχείων πυκνών διαλυμάτων που υπάρχουν. Ο αριθμός αυτός συνήθως ανέρχεται στις δύο για τα κυρίως λιπάσματα και μία ακόμη επιπλέον για το οξύ με το οποίο ρυθμίζεται το pH.

Κάθε δοσομετρική αντλία συνδέεται με το δίκτυο άρδευσης είτε πάνω στον κεντρικό αγωγό είναι παράλληλα με αυτόν (by pass) εφόσον η πίεση πάνω στον κεντρικό αγωγό είναι πολύ μεγάλη και δημιουργεί προβλήματα στην λειτουργία της αντλίας ή εφόσον ο τύπος της αντλίας απαιτεί παράλληλη σύνδεση. Στην τελευταία αυτή περίπτωση θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί βαλβίδα στραγγαλισμού της ροής στον κεντρικό αγωγό, ώστε ένα μέρος του νερού άρδευσης να διοχετεύεται προς την δοσομετρική αντλία.



Εικόνα 12: Δοσομετρικές αντλίες λίπανσης

Δεν υπάρχει πάντοτε μία ξεχωριστή δοσομετρική αντλία για έγχυση οξέος στο θρεπτικό διάλυμα που παράγεται από την αραιώση των πυκνών διαλυμάτων με το νερό της άρδευσης. Όταν όμως υπάρχει, το pH του διαλύματος μπορεί να ρυθμιστεί καλύτερα και ευκολότερα. Στην αντίθετη περίπτωση, το οξύ για την ρύθμιση του pH είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί σε ένα από τα δοχεία των πυκνών διαλυμάτων, π.χ. το Α ή το Β. Η ακριβής ποσότητα που θα πρέπει να προστεθεί, ώστε να προκύψει η επιθυμητή τιμή του pH στο αραιωμένο θρεπτικό διάλυμα υπολογίζεται θεωρητικά με βάση τα δεδομένα της ανάλυσης νερού. Η δοσομετρική αντλία που προορίζεται για την έγχυση οξέος συνδέεται σε σειρά ή παράλληλα με τον κεντρικό αγωγό του δικτύου άρδευσης αλλά πάντοτε μετά τις δύο δοσομετρικές που εγχέουν τα πυκνά διαλύματα στο δίκτυο.

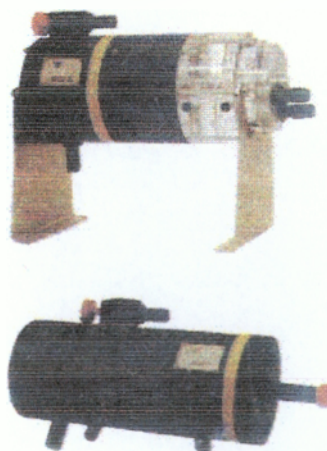
Εφόσον υπάρχουν μόνο δύο δοχεία πυκνών διαλυμάτων είναι δυνατή η χρήση μίας διπλής δοσομετρικής αντλίας αντί δύο απλών. Η δοσομετρική αντλία μπορεί μέσω δύο ξεχωριστών σωλήνων να είναι συνδεδεμένη και να εισάγει μητρικά διαλύματα στο δίκτυο άρδευσης συγχρόνως από δύο δοχεία πυκνών διαλυμάτων. Επίσης και στην περίπτωση χρήσης διπλής δοσομετρικής αντλίας είναι δυνατόν να υπάρχει ή να μην υπάρχει και μία επιπλέον απλή δοσομετρική αντλία για την έγχυση οξέος στο παραγόμενο θρεπτικό διάλυμα.

Στην υδροπονία μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο αναλογικές δοσομετρικές αντλίες. Αναλογικές καλούνται εκείνες οι δοσομετρικές αντλίες οι οποίες αραιώνουν τα πυκνά διαλύματα λιπασμάτων με το νερό της άρδευσης σε μία συγκεκριμένη και

σταθερή χρονικά αναλογία. Η αναλογία αραιώσης ποικίλλει και συνήθως κυμαίνεται από 1:50 έως 1:1000 (έγχυση πυκνού διαλύματος σε αναλογία 0,1-2%). Στις περισσότερες δοσομετρικές αντλίες η σχέση αραιώσης είναι ρυθμιζόμενη μέσα σε ένα ευρύ φάσμα αναλογιών. Έτσι ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μόνος του την αναλογία που επιθυμεί, ανάλογα με την πυκνότητα του μητρικού διαλύματος των λιπασμάτων και το σχήμα θρέψης εφαρμόζει στην δεδομένη υδροπονική καλλιέργεια.

Σε κάθε δοσομετρική αντλία η αναλογία των πυκνών διαλυμάτων ρυθμίζεται κατάλληλα, έτσι ώστε το αραιό διάλυμα που προκύπτει να έχει τις επιδιωκόμενες τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η αναλογία αραιώσης κατά κανόνα πρέπει να είναι η ίδια και για τα δύο (ή περισσότερα) πυκνά διαλύματα και συνήθως ανέρχεται στο 1:100. Γι' αυτό όλες οι δοσομετρικές αντλίες που συνιστούν μία μονάδα αραιώσης πυκνών διαλυμάτων θα πρέπει να είναι της ίδιας δυναμικότητας και του ίδιου τύπου. Εξάιρεση αποτελεί αυτή που χρησιμοποιείται για έγχυση οξέος δεδομένου ότι το οξύ δεν διοχετεύεται με την ίδια αναλογία όπως τα πυκνά διαλύματα των υπολοίπων λιπασμάτων στο δίκτυο άρδευσης.

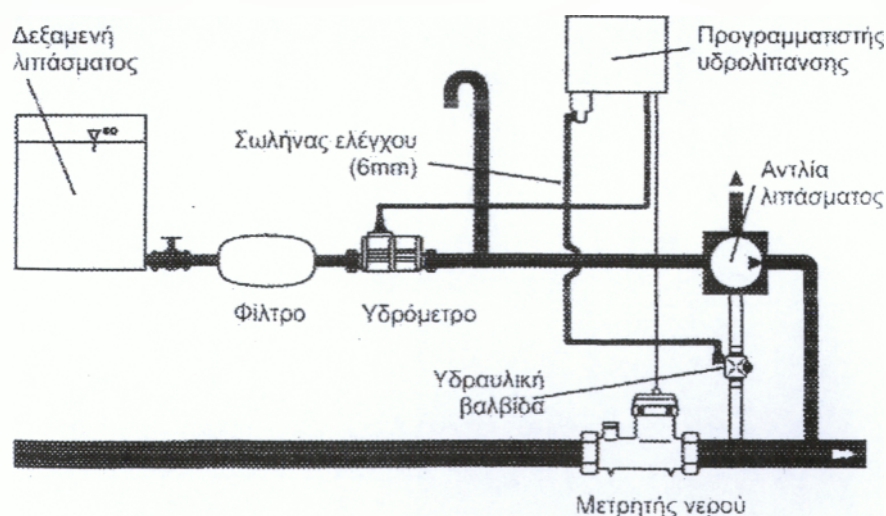
Οι τύποι αναλογικών δοσομετρικών αντλιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι οι ίδιοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται για υδρολίπανση διαφόρων καλλιεργειών στο έδαφος. Ανάλογα με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιεί ο κινητήρας τους μπορούν να διακριθούν σε μηχανικές και υδραυλικές. Οι πρώτες εργάζονται με ηλεκτρικό ή εσωτερικής καύσεως κινητήρα ενώ οι δεύτερες με την πίεση του δικτύου παροχής του νερού. Επομένως στην περίπτωση χρησιμοποίησης υδραυλικών δοσομετρικών αντλιών δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρικό ρεύμα ή καύσιμο.



Εικόνα 13: Δοσομετρική αντλία λίπανσης FERTIC

Οι δοσομετρικές αντλίες αρχίζουν να λειτουργούν αμέσως μόλις ανοίξει η παροχή νερού στο δίκτυο άρδευσης. Αυτό συνήθως γίνεται αυτόματα από μία ηλεκτροβάννα η οποία είναι συνδεδεμένη με έναν χρονοδιακόπτη και έναν χρονορυθμιστή (timer). Έτσι η συχνότητα και η διάρκεια της παροχής διαλύματος ρυθμίζονται και ελέγχονται αυτόματα μέσω του χρονοδιακόπτη και του χρονορυθμιστή αντίστοιχα.

Σημαντικό είναι, η δυναμικότητα της αντλίας (παροχή) να επαρκεί για την άρδευση όλης της έκτασης που καλλιεργείται υδροπονικά στη συγκεκριμένη θερμοκηπιακή μονάδα. Αν αυτό δεν μπορεί να συμβαίνει συγχρόνως σε όλη την καλλιεργούμενη έκταση, τότε το θερμοκήπιο χωρίζεται σε τομείς. Σε κάθε τομέα η έναρξη λειτουργίας της δοσομετρικής αντλίας ελέγχεται από μία διαφορετική ηλεκτροβάννα και ρυθμίζεται να ξεκινάει σε διαφορετικό χρόνο. Με αυτόν τον τρόπο η παροχή διαλύματος κλιμακώνεται χρονικά (δηλαδή αρχικά ποτίζεται ο τομέας I μετά ο τομέας II, κ.ο.κ), με αποτέλεσμα να μπορεί να τροφοδοτείται με θρεπτικό διάλυμα μια καλλιέργεια με πολύ μεγαλύτερη έκταση από αυτή που αντιστοιχεί στην δυναμικότητα της δοσομετρικής αντλίας. Η έκταση του κάθε τομέα όμως θα πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από αυτή που μπορεί να καλύψει η παροχή της δεδομένης δοσομετρικής αντλίας.



Εικόνα 14: Σχηματική παράσταση δοσομετρικής αντλίας

Από την περιγραφή του τρόπου αραιώσεως των πυκνών διαλυμάτων με δοσομετρικές αντλίες γίνεται φανερό ότι αυτές δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε

κλειστά υδροπονικά συστήματα στα οποία γίνεται ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος.

Τα πλεονεκτήματα των δοσομετρικών αντλιών για υδροπονία είναι κυρίως το χαμηλό κόστος τους και δευτερευόντως η δυνατότητα εγκατάστασής τους και σε μέρη όπου δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα. Στην τελευταία αυτή περίπτωση βέβαια, η δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης του χρόνου των ποτισμάτων δεν υπάρχει, αφού δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ηλεκτροβάνα.

Τα μειονεκτήματα της χρήσης δοσομετρικών αντλιών για την δημιουργία ενός συστήματος παρασκευής θρεπτικού διαλύματος είναι:

α) η μειωμένη ακρίβεια στη δοσομέτρηση σε σύγκριση με τις απαιτήσεις της υδροπονίας,

β) η ανάγκη συχνών χειρωνακτικών ελέγχων με φορητά όργανα των ιδιοτήτων (pH, EC) του διαλύματος που παρασκευάζεται από αυτές και

γ) η αδυναμία αλλαγής της αγωγιμότητας του διαλύματος που παρέχεται στα φυτά. χωρίς αλλαγή της σύνθεσης των πυκνών διαλυμάτων στα δοχεία που τα περιέχουν. Ειδικά στην περίπτωση που δεν υπάρχει ξεχωριστό δοχείο και ξεχωριστή δοσομετρική αντλία για το οξύ, προκύπτουν και προβλήματα με την επίτευξη και διατήρηση του επιθυμητού pH στο διάλυμα. (Δ. Σάββας, 1995).

2.1.4.2. Αραιώση πυκνών διαλυμάτων με αυτόματο μεικτή λιπασμάτων

Όπως προαναφέρθηκε, οι δοσομετρικές αντλίες αποτελούν μία φθηνή λύση για μικρές μονάδες που θέλουν να μεταπηδήσουν στην υδροπονία αλλά δεν μπορούν να σηκώσουν το αρχικό κόστος της εγκατάστασης ακριβού εξοπλισμού, οι περισσότερες υδροπονικές μονάδες σήμερα όμως χρησιμοποιούν πιο πολύπλοκες εγκαταστάσεις για την αραιώση των πυκνών διαλυμάτων, τους αυτόματους μεικτές λιπασμάτων οι οποίοι εργάζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια και προσφέρουν περισσότερη ευελιξία ως προς τους χειρισμούς του θρεπτικού διαλύματος ενώ είναι σημαντικά αυξημένες και οι δυνατότητες αυτοματισμών που παρέχουν.

Σε γενικές γραμμές, ένας τυπικός μεικτή λιπασμάτων κατάλληλος για υδροπονία περιλαμβάνει: α) ένα δοχείο στο οποίο γίνεται η ανάμειξη του νερού με τα πυκνά διαλύματα (κάδος ανάμειξης), β) έναν πλωτήρα για τον έλεγχο της στάθμης του νερού στο δοχείο αυτό, γ) έναν σωλήνα εισαγωγής του νερού του δικτύου στον κάδο ανάμειξης, δ) έναν σωλήνα επιστροφής στον κάδο ανάμειξης του

χρησιμοποιημένου θρεπτικού διαλύματος που επανασυλλέγεται σε περίπτωση που έχουμε ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, ε) σωλήνες εισαγωγής των πυκνών διαλυμάτων στον κάδο ανάμειξης σε αριθμό ίσο με τον αριθμό των δοχείων μητρικών διαλυμάτων, στ) ηλεκτροβάνες για τον έλεγχο εισαγωγής του νερού του δικτύου και των πυκνών διαλυμάτων στον κάδο ανάμειξης, από μία για κάθε σωλήνα εισαγωγής, ζ) σωλήνα εξαγωγής του έτοιμου διαλύματος από τον κάδο ανάμειξης προς τα φυτά και η) αισθητήρες (sensors) για την μέτρηση του pH και της αγωγιμότητας του διαλύματος μέσα στον κάδο ανάμειξης ή κατά την έξοδό του από αυτόν μέσω του σωλήνα εξαγωγής του έτοιμου διαλύματος.

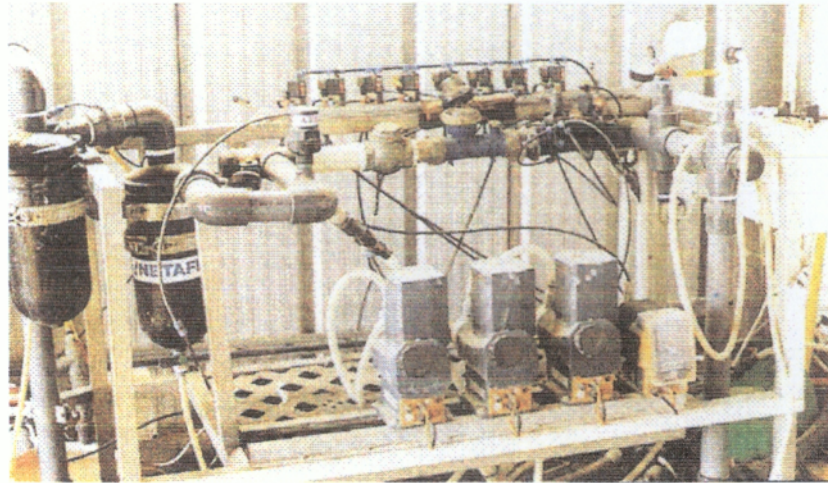
Η έγχυση πυκνών διαλυμάτων και οξέος στον κάδο ανάμειξης ελέγχεται όπως προαναφέρθηκε από ηλεκτροβάνες, οι οποίες με τη σειρά τους είναι συνδεδεμένες με το σύστημα αυτομάτου ελέγχου του μεικτή λιπασμάτων. (Δ. Σάββας, 1995).

2.1.5. Σύστημα αυτομάτου ελέγχου

Μια κεντρική μονάδα ελέγχου άρδευσης – λίπανσης διαθέτει ηλεκτρονικό υπολογιστή για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της άρδευσης και της λίπανσης, καθώς επίσης και κλιματολογικό προγραμματιστή για την καταγραφή και ρύθμιση των κλιματολογικών παραγόντων.

Η ρύθμιση των κλιματολογικών παραγόντων συνιστάται στον έλεγχο των συστημάτων θέρμανσης, σκίασης, τεχνητού φωτισμού, εξαερισμού και τροφοδοσίας με CO₂, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για θερμοκήπια.

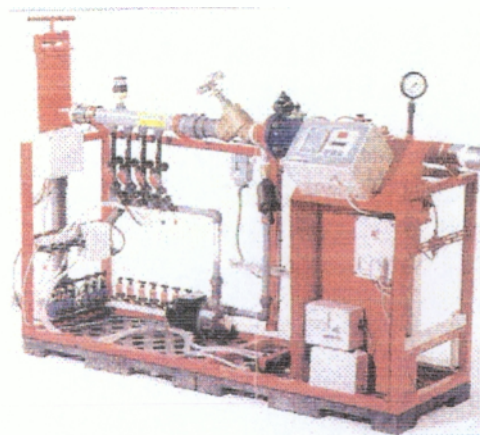
Η συλλογή των πληροφοριών, η αποθήκευση και αξιολόγηση τους, καθώς και ο κεντρικός έλεγχος γίνεται μέσω ειδικών οργάνων και οθόνης με κατάλληλα προγράμματα για την άρδευση, την υδρολίπανση και τον κλιματολογικό έλεγχο.



Εικόνα 15. Κεφαλή άρδευσης – λίπανσης, σε θερμοκήπιο με τρεις διαφορετικές αντλίες που συνδέεται με Η/Υ για κεντρικό έλεγχο υδροπονικής καλλιέργειας

Απαραίτητη είναι η ύπαρξη τριών τουλάχιστον δοχείων λίπανσης που μας επιτρέπει τη χρησιμοποίηση δυο πυκνών διαλυμάτων με διαχωρισμό αφενός των κατιόντων (Ca^{++}) και αφετέρου των ανιόντων (SO_4^-) και (PO_4^-) για την αποφυγή δημιουργίας ιζημάτων. Το τρίτο δοχείο περιέχει νιτρικό ή φωσφορικό οξύ για την εξουδετέρωση των δισαωθρακικών (HCO_3^-) του νερού της άρδευσης και τον έλεγχο του pH. (Δ. Ουζούνης, 2002).

Σύστημα αυτομάτου ελέγχου υπάρχει μόνο στους μεικτές λιπασμάτων της προαναφερθείσας κατηγορίας, ενώ οι δοσομετρικές αντλίες στερούνται ή έχουν μόνο σαν πρόσθετο εξοπλισμό τέτοια συστήματα.



Εικόνα 16: Ολοκληρωμένη κεφαλή άρδευσης – λίπανσης

Το σύστημα αυτομάτου ελέγχου της ανάμειξης νερού και πυκνού διαλύματος και της παροχής του προκύπτοντος από την ανάμειξη αραιού διαλύματος στα φυτά στην απλούστερη μορφή του είναι ένας ηλεκτρονικός πίνακας εφοδιασμένος με πλήκτρα ή κοχλίες μέσω των οποίων γίνεται η ρύθμιση του pH και της αγωγιμότητας και έναν ή περισσότερους χρονοδιακόπτες για τον καθορισμό της συχνότητας και του χρόνου παροχής θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.

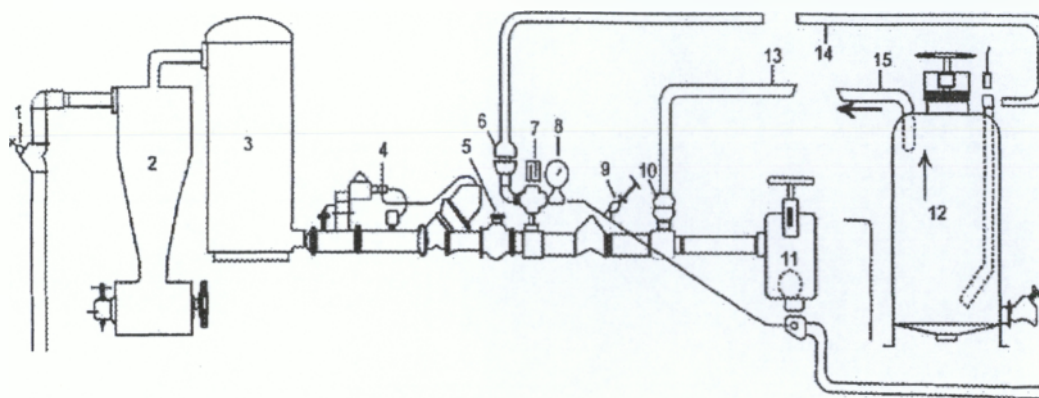


Εικόνα17: Πεχάμετρο



Εικόνα 18: Αγωγιμομετρο

Συνήθως δίνεται και η δυνατότητα επιλογής διαφόρων συνδυασμών δοχείων πυκνών διαλυμάτων, από τα οποία θα γίνεται έγχυση στον κάδο ανάμειξης. Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει περισσότερα δοχεία από το ελάχιστο των τριών και να παρασκευάζει μητρικά διαλύματα για περισσότερα από ένα καλλιεργούμενα φυτά (π.χ. ντομάτα, αγγούρι) αν καλλιεργεί και τα δύο ταυτόχρονα στο θερμοκήπιό του επιλέγοντας για κάθε φυτό τον κατάλληλο συνδυασμό δοχείων μητρικών διαλυμάτων ανά δύο (π.χ. δοχεία Α, Β για την ντομάτα και Α, Γ για το αγγούρι και δεξαμενή Δ με οξύ, κοινή και για τις δύο καλλιέργειες). Επιπλέον και η ίδια καλλιέργεια στην (συνήθη) περίπτωση που καταλαμβάνει έκταση μεγαλύτερη του ενός ή δύο στρεμμάτων, μπορεί να χωρίζεται σε τομείς. Οι τομείς θα μπορούν να ποτίζονται διαδοχικά, οπότε η παροχή της αντλίας δεν απαιτείται να είναι ανάλογη με την έκταση της καλλιέργειας αλλά τόση, ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει ταυτόχρονα 1 - 2 στρέμματα με διάλυμα.



Εικόνα 19: Σχηματική παράσταση κεφαλής

1. Γενική βάνα, 2. Υδροκυκλώνας, 3. Φίλτρο άμμου, 4. Αυτόματη ογκομετρική βαλβίδα, 5. Βαλβίδα αντεπιστροφής, 6. Βαλβίδα εξαερισμού, 7. Ταχυσύνδεσμος τροφοδοσίας υδρολιπαντήρα, 8. Μανόμετρο, 9. Βάνα στραγγαλισμού, 10. Ταχυσύνδεσμος τροφοδοσίας συστήματος, 11. Φίλτρο σίτας, 12. Υδρολιπαντήρας, 13. Γραμμή νερού από υδρολιπαντήρα προς το σύστημα, 14. Γραμμή νερού από το σύστημα στον υδρολιπαντήρα, 15. έξοδος του διαλύματος.

Η ενεργοποίηση ή η διακοπή της έγχυσης πυκνών διαλυμάτων και οξέος στον κάδο ανάμειξης γίνεται όπως προαναφέρθηκε, μέσω του ηλεκτρονικού συστήματος αυτομάτου ελέγχου. Με το σύστημα αυτομάτου ελέγχου είναι συνδεδεμένα επίσης και τα όργανα μέτρησης του pH και της αγωγιμότητας, τα οποία είναι διαρκώς σε λειτουργία. Όταν λοιπόν η τιμή του pH ανεβαίνει ή της αγωγιμότητας ελαττώνεται πέρα από ένα προκαθορισμένο όριο, ο ηλεκτρονικός πίνακας που λαμβάνει αυτή την πληροφορία από τα όργανα μέτρησης δίνει εντολή να ενεργοποιηθεί η έγχυση οξέος ή πυκνών διαλυμάτων αντίστοιχα. Η έγχυση τερματίζεται μόλις οι τιμές του pH και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ξεπεράσουν ένα κατώτατο (pH) ή ανώτατο (αγωγιμότητα) όριο. Με τον τρόπο αυτό οι τιμές του pH και της αγωγιμότητας διατηρούνται συνεχώς μέσα σε συγκεκριμένα σταθερά όρια που καθορίζονται από τον χρήστη του μηχανήματος.



Εικόνα 20 : Χρονοδιακόπτες.

Η τιμή της ηλεκτρονικής αγωγιμότητας, στην οποία προγραμματίζεται ο μεικτής, πρέπει να υπολογισθεί θεωρητικά λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεντρώσεις όλων των υπάρχοντων στο αραιό διάλυμα ιόντων, θρεπτικών και μη. Ως συγκέντρωση του κάθε ιόντος στο αραιό διάλυμα θα ληφθεί η συγκέντρωσή του στα πυκνά διαλύματα πολλαπλασιασμένη με την επιθυμητή αναλογία αραιώσης αυτών από το μείκτη (συνήθως είναι 1:100) συν την συγκέντρωσή του στο νερό, με το οποίο παρασκευάζεται το αραιό διάλυμα. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο μεικτής συντονίζεται από μόνος του να εργάζεται στην επιθυμητή αναλογία αραιώσης, επιλέγοντας απλώς στον ηλεκτρικό πίνακα την υπολογισθείσα θεωρητικά τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Εκτός από τις παραπάνω δυνατότητες, σε πιο πολύπλοκες εγκαταστάσεις παρασκευής του θρεπτικού διαλύματος είναι δυνατόν να υπάρχει συνδεδεμένος με το σύστημα αυτομάτου ελέγχου και αισθητήρας μέτρησης της ηλιακής ενέργειας (συνήθως σε Watt/m^2). Ένας τέτοιος αισθητήρας δίνει την δυνατότητα ακριβέστερου καθορισμού της ποσότητας θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά, ώστε αυτή να αντιστοιχεί στις συνεχώς μεταβαλλόμενες, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και κυρίως με το ύψος της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, ανάγκες διαπνοής.



Εικόνα 21: Κεντρική μονάδα ελέγχου και σύστημα δεξαμενών για την σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος

Ο έλεγχος της ποσότητας του θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά μπορεί να γίνει και με άλλα όργανα μέτρησης συνδεδεμένα με τον πίνακα αυτομάτου ελέγχου, όπως π.χ. η μέτρηση της υγρασίας του υποστρώματος, η μέτρηση της εξάτμισης μέσα στο θερμοκήπιο, η μέτρηση της απορροής στα ανοιχτά συστήματα κ.λ.π. Ακόμη καλύτερες δυνατότητες αυτοματισμού από έναν ηλεκτρονικό πίνακα δίνει η σύνδεση του μεικτή λιπασμάτων με ηλεκτρονικό υπολογιστή εφοδιασμένο με κατάλληλο πρόγραμμα για τέτοιου είδους γεωργικές εφαρμογές.

Η πλέον σύγχρονη εξέλιξη στον τομέα αυτόν στις μεγάλες θερμοκηπιακές μονάδες χωρών με μεγάλη εξάπλωση της υδροπονίας είναι η χρήση πολυδύναμων μεικτών λιπασμάτων, εφοδιασμένων με ξεχωριστό δοχείο πυκνού διαλύματος για το καθένα από τα 6-10 λιπάσματα που χρησιμοποιούνται. Η προμήθεια του κάθε λιπάσματος από το εμπόριο γίνεται υπό μορφή έτοιμου πυκνού διαλύματος, το οποίο διανέμεται και τοποθετείται στην προβλεπόμενη για το δεδομένο λίπασμα δεξαμενή με φορτηγό-βυτιοφόρο, με παρόμοιο τρόπο όπως τα υγρά καύσιμα. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνται τα εργατικά και εκμηδενίζονται πρακτικά οι υφιστάμενες κατά την παρασκευή πυκνών διαλυμάτων πηγές λαθών. Τα μικροστοιχεία συνήθως τοποθετούνται όλα μαζί (εκτός του σιδήρου) σε ένα δοχείο, υπό μορφή υπερπυκνού διαλύματος. Ο μεικτής λιπασμάτων έχει τόσες ηλεκτροβαλβίδες εισαγωγής πυκνών διαλυμάτων στον κάδο ανάμειξης, όσα και τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων της εγκατάστασης.



Εικόνα 22: Υδρολιπαντήρας μεταξύ υδροκυκλώνα (αριστερά) και φίλτρου σίτας (δεξιά).



Εικόνα 23: Λιπασματοδιανομέας

Η όλη λειτουργία της μονάδας ελέγχεται από κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα επίτευξης άπειρων συνδυασμών στις συγκεντρώσεις των επιμέρους θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα μέσω κατάλληλου προγραμματισμού του ηλεκτρονικού υπολογιστή και μόνο, οπότε δεν απαιτείται η παρασκευή νέων πυκνών διαλυμάτων κάθε φορά που είναι απαραίτητη κάποια τροποποίηση στην ιοντική σύνθεση του παρεχομένου στα φυτά διαλύματος. Όταν λοιπόν μετά από χημική ανάλυση του θρεπτικού διαλύματος προκύπτει ότι πρέπει να τροποποιηθεί η σύνθεση του παρεχομένου στα φυτά διαλύματος, αυτό μπορεί να γίνει τελείως αυτόματα, εισάγοντας μόνο τα δεδομένα της ανάλυσης στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. (Δ. Σάββας, 1995).

2.2. Σύστημα παροχής θρεπτικού διαλύματος

Για την μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά είναι κατ' αρχήν απαραίτητη μία αντλία κατάλληλης παροχής, η οποία συνήθως βρίσκεται ενσωματωμένη πάνω στο μεικτή λιπασμάτων και είναι συνδεδεμένη με την έξοδο του αραιού διαλύματος από τον κάδο ανάμειξης. Κατά κανόνα για την ταυτόχρονη τροφοδότηση ενός στρέμματος με διάλυμα αρκεί μία αντλία 5-8 m³/ώρα (ανάλογα με τον αριθμό των φυτών και επομένως των σταλαχτών ανά στρέμμα, καθώς και την παροχή των σταλαχτών). Αν λοιπόν το θερμοκήπιο χωριστεί σε επιμέρους τομείς του ενός περίπου στρέμματος που θα ποτίζονται διαδοχικά σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν πιο πάνω, μπορούμε να καλύψουμε αρκετά στρέμματα καλλιέργειας με μία αντλία τέτοιας δυναμικότητας.

Το σύστημα της μεταφοράς του θρεπτικού διαλύματος από τον μεικτή λιπασμάτων μέχρι τα φυτά, της διανομής του σ' αυτά και ενδεχομένως της επιστροφής του από τα φυτά πίσω στον μεικτή αν το σύστημα είναι κλειστό, μπορεί να διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με το είδος του υδροπονικού συστήματος και το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα καλλιέργειας. Σε γενικές γραμμές διακρίνουμε τις εξής κυρίως περιπτώσεις:

α) Δεν υπάρχει στερεό υπόστρωμα και το θρεπτικό διάλυμα κυλάει σε υδρορροές ή στο κατάλληλα διαμορφωμένο δάπεδο του θερμοκηπίου και ανακυκλώνεται (NFT και παραλλαγές του, plant plane hydroponics).

β) Τα φυτά αναπτύσσονται σε στερεό υπόστρωμα, η ανώτερη επιφάνεια του οποίου δεν βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σε όλο το μήκος των γραμμών των φυτών. Είναι η πιο συνηθισμένη περίπτωση στην υδροπονική πράξη. Η μεταφορά του διαλύματος στα φυτά γίνεται μέσω ενός δικτύου εύκαμπτων σωλήνων από μαύρο πλαστικό πολυαιθυλένιο κατάλληλης διατομής, όμοιου με τις συνηθισμένες εγκαταστάσεις στάγδην άρδευσης οι οποίες χρησιμοποιούνται σε καλλιέργειες εδάφους. Ο κεντρικός αγωγός που ξεκινάει από τον μεικτή λιπασμάτων συνδέεται μέσω κατάλληλων μεσαγωγών με πλευρικούς αγωγούς (Φ20 - Φ25). Κάθε πλευρικός αγωγός τροφοδοτεί με διάλυμα μία γραμμή φυτών αν αυτές είναι απλές ή δύο όταν αυτές είναι διπλές. Οι πλευρικοί αυτοί αγωγοί φέρουν μικροσωλήνες (spaghetti tubes) σε κάθε θέση φυτού, μέσω των οποίων γίνεται η διανομή του διαλύματος σ' αυτά.

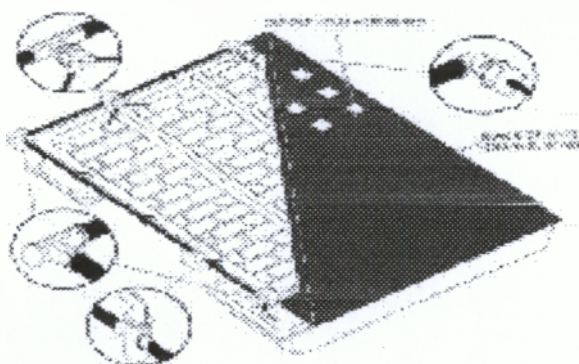
γ) Σε κάθε γραμμής φύτευσης η επιφάνεια του υποστρώματος είναι ομοιόμορφη και βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο σε όλο το μήκος της (π.χ. όταν η καλλιέργεια γίνεται πάνω σε πλάκες πετροβάμβακα χωρίς την χρήση κύβων ανάπτυξης των σποροφύτων ή σε περλίτη ή άλλο κοκκώδες υπόστρωμα τοποθετημένο σε υδροροές). Στην περίπτωση αυτή, εκτός από τους μικροσωλήνες, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και σταλακτηφόροι πλευρικοί σωλήνες με ενσωματωμένους σταλαχτές κάθε τύπου, όπως και στις καλλιέργειες στο έδαφος.

Σε κάθε περίπτωση σημαντικό είναι, πριν την τοποθέτηση μίας υδροπονικής εγκατάστασης σε ένα θερμοκήπιο να γίνεται πλήρης μελέτη για τον υπολογισμό των διατομών και των μηκών όλων των πλαστικών σωλήνων που θα τοποθετηθούν, λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες πίεσης, κ.λ.π., ώστε η παροχή του διαλύματος να είναι επαρκής και ομοιόμορφη σε όλο το θερμοκήπιο. (Δ. Σάββας, 1995).

Συνήθως χρησιμοποιούνται φυγοκεντρικές αντλίες. Αναρροφητικές ή καταθλιπτικές αντλίες χρησιμοποιούνται για μικρές εκμεταλλεύσεις (δεξαμενές χωρητικότητας μέχρι 1000 λίτρα). Η παροχή της αντλίας πρέπει να είναι τέτοια ώστε όλες οι κλίνες να αρδεύονται εντός 10-15 λεπτών της ώρας. Ο χρόνος άρδευσης είναι συνήθως μισή ώρα. Η παροχή της αντλίας και η υποδύναμη του κινητήρα καθορίζονται από το μέγεθος της αρδευόμενης επιφάνειας και από το μανομετρικό ύψος. Το μανομετρικό ύψος καθορίζεται από την υψομετρική διαφορά μεταξύ του χαμηλότερου σημείου άντλησης μέχρι το ανώτατο επίπεδο ανύψωσης του θρεπτικού διαλύματος και από τις τριβές στους σωλήνες μεταφοράς. Γενικά ισχύς κινητήρα 2-3 ίππων (HP) είναι αρκετή για κάλυψη αναγκών άρδευσης μιας κλίνης 250-300 m². Ασφαλώς όταν υπάρχει δυνατότητα χρησιμοποίησης ηλεκτρικού ρεύματος συνιστάται η χρήση ηλεκτροκινητήρων για την λειτουργία των αντλιών, επειδή οι κινητήρες αυτοί είναι φθηνότεροι των ισοδύναμων πετρελαιοκινητήρων και είναι εύκολο να εγκατασταθεί σ αυτούς ένα πρόγραμμα αυτοματισμών. (Α. Κανάκης 1998).

2.3. Υποδοχείς φυτών και υποστρωμάτων

Κατ' αρχήν το έδαφος του θερμοκηπίου θα πρέπει να ισοπεδώνεται πλήρως. Η κλίση του εδάφους δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1% όταν το διάλυμα διανέμεται στα φυτά μέσω συστήματος στάγδην άρδευσης, ενώ μπορεί να φθάνει μέχρι και 1,5% όταν το διάλυμα φθάνει στα φυτά μέσω ελεύθερης ροής με την βοήθεια της βαρύτητας (π.χ. NFT).



Εικόνα 24: Κλίση φυτών

Πάνω στο ισοπεδωμένο έδαφος του θερμοκηπίου στρώνονται φύλλα πλαστικού πολυαιθυλενίου, τα οποία καλύπτουν είτε όλη την καλλιεργούμενη επιφάνεια είτε μόνο τις γραμμές φύτευσης. Τα πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου είναι συνήθως πάχους 3 mm και έχουν μαύρο χρώμα στην κάτω επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το έδαφος και λευκό γαλακτώδες στην πάνω επιφάνεια. Έτσι, αφενός μεν η ανάπτυξη ριζανίων στο έδαφος παρεμποδίζεται και αφετέρου η ηλιακή ακτινοβολία αντανακλάται πάνω στην λευκή άνω επιφάνεια του πλαστικού και διαχέεται μέσα στο θερμοκήπιο αυξάνοντας την φωτεινότητα στα κατώτερα τμήματα των φυτών, γεγονός που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο κατά τους φτωχούς σε ηλιοφάνεια χειμερινούς μήνες.

Εναλλακτικά, σε θερμοκήπια, τα οποία επί μονίμου βάσεως χρησιμοποιούνται για υδροπονικές καλλιέργειες, το έδαφος μπορεί να στρωθεί με μπετόν, ώστε να μην υπάρχουν ανομοιομορφίες στην κλίση.

Πάνω στο πλαστικό φύλλο τοποθετούνται τα υπόλοιπα υλικά της εγκατάστασης, από τα οποία το σπουδαιότερο είναι το υπόστρωμα. Αν δεν υπάρχει υπόστρωμα (π.χ. NFT) τοποθετούνται τα υλικά, εντός των οποίων θα περιέχεται το

θρεπτικό διάλυμα και τα φυτά που θα καλλιεργηθούν (π.χ. φυτοδοχεία, υδρορροές, κ.λ.π (Δ. Σάββας, 1995).

Οι υποδοχείς προσφέρουν τις ακόλουθες υπηρεσίες:

- Συγκρατούν το υπόστρωμα και έτσι διευκολύνουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών μέσα σε αυτό.
- Δεν επιτρέπουν την είσοδο του ηλιακού φωτός και έτσι αναπτύσσεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών και παρεμποδίζεται κανονικά το ριζικό σύστημα των φυτών και παρεμποδίζεται η ανάπτυξη αλγών.
- Εξασφαλίζουν την ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος, όπου αυτό είναι επιθυμητό.
- Απομονώνουν το υπόστρωμα από την ανεπιθύμητη επαφή του με το έδαφος.

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

- a. Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση από πλαστικό.
- b. Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών.
 - Σάκοι μικρού αριθμού φυτών.
 - Σάκοι μεγάλου μήκους οριζόντιας τοποθέτησης.
 - Σάκοι κατακόρυφης τοποθέτησης.
- c. Δοχεία σταθερού σχήματος:
 - Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών
 - Γούρνες πολυστερίνης
- d. Κατασκευές υποδοχής του πετροβάμβακα:
 - Περιτύλιξη πλακών πετροβάμβακα με φύλλο πλαστικού
 - Σταθερές κατασκευές υποδοχέων πλακών με πετροβάμβακα.

2.4. Υποστρώματα Υδροπονίας

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 (ντομάτα, αγγούρι, τριαντάφυλλο, κ.λ.π.) προσδέονται και υποστυλώνονται, με συνέπεια να μην έχουν ανάγκη την στήριξη που τους παρέχει το έδαφος, ενώ τα χαμηλής ανάπτυξης (μαρούλι, γογγύλι, ζερμπερα, κ.λ.π.) 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 υψηλό 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 είτε σε μομφή τύρφης είτε σε κάποια άλλη μορφή και μπορούν να χαρακτηρισθούν 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. Από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω

γίνεται προφανές ότι η καλλιέργεια φυτών σε χημικώς ενεργά υποστρώματα κατά βάση προσομοιάζει πολύ με τις κοινές καλλιέργειες 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 καμιά 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.

Ένα υπόστρωμα για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία θα πρέπει:

- Να μην έχει τοξικές για το φυτό ουσίες.
- Να είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς.
- Να μην αποσυντίθεται εύκολα.
- Να είναι εύχρηστο και φθινό.

Από πλευράς φυσικοχημικών ιδιοτήτων προτιμάται να είναι αδρανές και να μην δεσμεύει τα απαραίτητα για την θρέψη των φυτών θρεπτικά στοιχεία. Επίσης να μην έχει μεγάλη συγκέντρωση συνολικών αλάτων (E.C) και η αντίδραση (p.H) να είναι ουδέτερη.

Από πλευράς φυσικών ιδιοτήτων δίνεται προσοχή στις υδατικές ιδιότητες ενός υποστρώματος:

- η υδατοικανότητα
- το εύκολα διαθέσιμο νερό
- το ολικό πορώδες
- η σχέση διαθέσιμου νερού και αέρα στο υπόστρωμα

Διάκριση των υδροπονικών συστημάτων μπορεί να γίνει επίσης και με βάση τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υποδοχείς υποστρωμάτων (φυτοδοχεία, υδρορροές, σάκοι, κ.λ.π.), με βάση τον τρόπο άρδευσης (στάγδην άρδευση και είδος σταλαχτών, ροή του διαλύματος σε κανάλια, κ.λ.π). Τέλος, διάκριση των υδροπονικών συστημάτων μπορεί να γίνει επίσης και με βάση την τεχνική λειτουργίας του συστήματος εφόσον αυτή διακρίνεται από κάποια ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά ή έναν ιδιαίτερο τρόπο λειτουργίας (π.χ. σύστημα NFT, plant plane hydroponics, κ.λ.π. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.1. Καλλιέργεια σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα

2.4.1.1. Καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (Σύστημα NFT)

Με τη μέθοδο αυτή τα φυτά αναπτύσσονται χωρίς κανένα αδρανές υλικό στη ρίζα τους, μέσα σε μακριά αδιάβροχα κανάλια όπου ρέει ένα πολύ ρηχό ρεύμα ανακυκλωμένου θρεπτικού διαλύματος. (Δ. Σάββας, 1995).

Το κανάλι αυτό (ύψους 1,5 – 2,0 μέτρα), μπορεί να είναι κατασκευασμένο από PVC, ανοξείδωτη λαμαρίνα ή διαμορφωμένο στο μπετόν του δαπέδου. Μπορεί δε να είναι τετράγωνο ή στρογγυλό με κλίση περίπου 2 ως 3 μοιρών προς την μια πλευρά. (www.google.com.gr/search/υδροπονία).



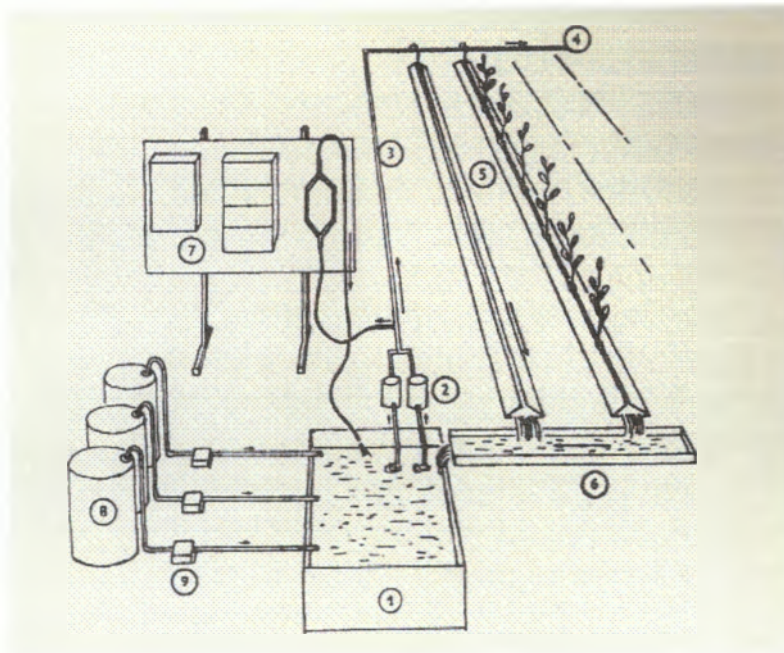
Εικόνα 25: Στη φωτογραφία φαίνεται η άκρη των καναλιών απ' όπου ρέει το διάλυμα σε ένα κεντρικό κανάλι για να συγκεντρωθεί και να χρησιμοποιηθεί πάλι

Σ' αυτά τα κανάλια τα φυτά αναπτύσσουν ένα παχύ πλέγμα ριζών, στο οποίο συμπλέκονται οι ρίζες απ' όλα τα φυτά του καναλιού. Το πλέγμα αυτό αποτελεί και το στήριγμα τους στην βάση. Το ρηχό ρεύμα του θρεπτικού διαλύματος (περίπου 2mm) διέρχεται κάτω από το ριζικό πλέγμα, ενώ στο επάνω μέρος του ριζικού πλέγματος, αν και είναι υγρό, βρίσκεται στον αέρα, πράγμα που του επιτρέπει καλή οξυγόνωση. (Δ. Σάββας, 1995).

Το διάλυμα στην περίπτωση του NFT αποθηκεύεται σε ένα δοχείο (όπως άλλωστε και σε όλα τα υδροπονικά συστήματα) και από εκεί είτε με βαρύτητα είτε με αντλίες μεταφέρεται στην πιο ψηλή άκρη του καναλιού απ' όπου και ρέει προς την άλλη άκρη περίπου 1,5 με 2 λίτρα / λεπτό (www.google.com.gr/search/υδροπονία).



Εικόνα 26: Σύστημα N.F.T.



Εικόνα 27: Τυπική εγκατάσταση N.F.T.

1. Δεξαμενή ανακύκλωσης, 2. Τροφοδοτικές αντλίες, 3. Τροφοδοτικοί αγωγοί, 4 Δευτερεύοντες αγωγοί, 5. Κανάλια, 6. Ροή επιστροφής, 7. Κομπιούτερ ελέγχου, 8. Δεξαμενές θρεπτικών διαλυμάτων, 9. Δοσομετρικές αντλίες.

Το πλάτος των καναλιών ανάπτυξης των φυτών είναι συνήθως 25-30 cm και έχουν κατά μήκος κλίση 1,5-2%. Τα κανάλια γίνονται ή από λαμαρίνα, που στερεώνεται επάνω σε σιδερένιο σκελετό ή από διογκωμένη πολυστερίνη, που

τοποθετείται σε διαμορφωμένο κατάλληλα έδαφος, που είναι καλυμμένο με λευκό φύλλο πολυαιθυλενίου, ή σχηματίζονται με καλούπι σε τσιμεντένιο πάτωμα.

Σ' όλες τις περιπτώσεις το αδιάβροχο των καναλιών πετυχαίνεται με πλαστικό φύλλο πάχους τουλάχιστον 0,13 χιλιοστού που ανανεώνεται σε κάθε καλλιέργεια.

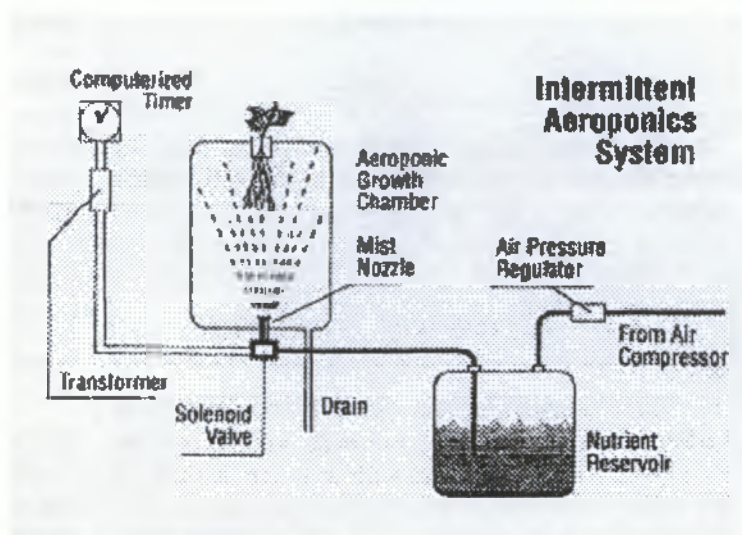
Για να πετύχει το σύστημα αυτό πρέπει:

- να υπάρχει ομοιόμορφη κλίση του καναλιού (για ομοιόμορφη ροή του νερού), χωρίς τοπικές ανωμαλίες.
- Η παροχή του νερού να μην είναι υπερβολικά μεγάλη, για να μην υψώνεται η στάθμη του στο χαμηλό σημείο του καναλιού. Η βάση του καναλιού να είναι τελείως επίπεδη και οριζόντια. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.1.2. Αεροπονία

Η αεροπονία είναι μια παραλλαγή της υδροπονίας σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την χρήση υποστρώματος. Στις αεροπονικές μεθόδους καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο μέσα σε κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία ριζικό σύστημα, έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Κατ' αυτόν τον τρόπο η ρίζα του φυτού παραμένει συνεχώς υγρή και μπορεί να απορροφά από το διάλυμα που ψεκάζεται πάνω της τις απαιτούμενες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Η ύπαρξη και ανοιχτών αεροπονικών συστημάτων είναι δυνατή. Στην περίπτωση αυτή όμως είναι αναπόφευκτη η σπατάλη νερού και λιπασμάτων. Γι' αυτό, το θρεπτικό διάλυμα που δεν απορροφάται από τις ρίζες των φυτών αλλά αποστραγγίζει μετά από κάθε ψεκασμό, συνήθως συλλέγεται και ανακυκλώνεται. Η συλλογή του απορρέοντος διαλύματος γίνεται με την βοήθεια υδρορροών, οι οποίες το οδηγούν σε μια κεντρική δεξαμενή συγκέντρωσης. Από εκεί μπορεί είτε να επαναπροωθείται απευθείας στα φυτά αφού πρώτα συμπληρωθεί και ανανεωθεί είτε να αποστέλλεται με την βοήθεια μίας αντλίας στην κεντρική μονάδα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος, όπου αφού συμπληρωθεί και ανανεωθεί ανακυκλώνεται.



Εικόνα 28 : Τομή αεροπονικού συστήματος

Εφόσον εφαρμόζεται ανακύκλωση, η αεροπονία έχει όλα τα μειονεκτήματα των κλειστών υδροπονικών συστημάτων, δηλαδή αναγκαιότητα συχνών αναλύσεων και εκτεταμένων αναπροσαρμογών στη σύνθεση του μετά από κάθε ανάλυση, συσσώρευση ιόντων Na και Cl σε περίπτωση που το χρησιμοποιούμενο νερό έχει αυξημένη περιεκτικότητα στα δύο αυτά ιόντα, κ.λ.π.

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 μεικτήρας των λιπασμάτων είτε κάποια ακροφύσια ψεκασμού παρουσιάσουν βλάβη με συνέπεια να διακοπεί για σημαντικό χρονικό διάστημα ο ψεκασμός των ριζών των φυτών με θρεπτικό διάλυμα. Όπως σε όλα τα κλειστά υδροπονικά συστήματα έτσι και στην αεροπονία είναι αυξημένος ο κίνδυνος εξάπλωσης παθογόνων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλωμένου 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. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.1.3. Plant plane hydroponics (Επιδαπέδια υδροπονία)

Όταν πρόκειται να εγκατασταθεί σύστημα επιδαπέδιας υδροπονίας, αρχικά το έδαφος του θερμοκηπίου θα πρέπει να ισοπεδωθεί επιμελημένα ώστε να μην υπάρχουν κοιλότητες και να αποκτήσει μία κλίση γύρω στο 1:50 έως 1:75. Στη συνέχεια το έδαφος καλύπτεται σε όλη του την επιφάνεια με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Πάνω από το φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου και σε όλη την έκταση που καταλαμβάνει αυτό, επιστρώνεται ένα λεπτό φύλλο από ένα απορροφητικό υλικό με τριχοειδείς ιδιότητες (π.χ. υαλούφασμα). Το απορροφητικό φύλλο σκεπάζεται από πάνω σε όλη του την επιφάνεια με ένα κάλυμμα από πλαστικό πολυαιθυλένιο. Το πλαστικό φύλλο θα πρέπει να είναι ασπρόμαυρο με την λευκή πλευρά από πάνω, ώστε να αντανakλά μέρος του ηλιακού φωτός που πέφτει πάνω του.

Αφού γίνει αυτό, στο ανώτερο φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου ανοίγονται μικρές τρύπες κατά μήκος νοητών γραμμών που πρόκειται να αποτελέσουν τις γραμμές φύτευσης, σε αποστάσεις ανάλογες με την πυκνότητα φύτευσης που επιδιώκεται. Στις τρύπες αυτές τοποθετούνται τα σπορόφυτα κατά την μεταφύτευση, αφού πρώτα το απορροφητικό υλικό έχει διαβραχεί με θρεπτικό διάλυμα. Μία σειρά από σωλήνες παροχής του θρεπτικού διαλύματος στην ανώτερη άκρη του θερμοκηπίου εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη παροχή θρεπτικού διαλύματος στα φυτά. Το θρεπτικό διάλυμα ρέει με την βοήθεια της κλίσης που έχει δοθεί στην επιφάνεια του θερμοκηπίου και φθάνει στην κάτω πλευρά. Η ύπαρξη του απορροφητικού φύλλου εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή του διαλύματος σε όλη την επιφάνεια που καλύπτεται από αυτό. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η τροφοδότηση όλων των φυτών με θρεπτικό διάλυμα.

Το θρεπτικό διάλυμα είναι δυνατόν να συλλέγεται και να επαναχρησιμοποιείται όταν φθάνει στην κατώτερη πλευρά του θερμοκηπίου, οπότε η καλλιέργεια αναπτύσσεται σε κλειστό υδροπονικό σύστημα ή να απορρέει και να χάνεται στο έδαφος οπότε η εγκατάσταση λειτουργεί ως ανοιχτό σύστημα. Από την προηγηθείς περιγραφή είναι φανερό ότι η μέθοδος της επιδαπέδιας υδροπονίας βασίζεται σε παρόμοιες αρχές λειτουργίας με αυτές του συστήματος NFT, με την διαφορά ότι εδώ όλη η επιφάνεια του θερμοκηπίου χρησιμοποιείται ως μία γιγαντιαία υδροροή μεγάλου πλάτους, μέσα στην οποία τοποθετούνται περισσότερες από μία γραμμές φυτών.

Το σύστημα αυτό έχει αναπτυχθεί στην Γερμανία στα τέλη της δεκαετίας του 80 και τελειοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 90. Μολονότι όμως μέχρι σήμερα έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην καλλιεργητική πράξη δεν έχει εξαπλωθεί ακόμη σε μεγάλη κλίμακα. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.2. . Καλλιέργεια σε κοκκώδη ανόργανα υποστρώματα

2.4.2.1. Καλλιέργεια σε άμμο (sand culture)

Συνήθως χρησιμοποιείται 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 σάκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 15-20 λίτρα ανά φυτό. Εναλλακτικά, η άμμος μπορεί να διασκορπιστεί σε ολόκληρη την καλλιεργούμενη επιφάνεια του θερμοκηπίου, αν 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 ένα στρώμα πάχους περίπου 5-10 cm περίπου.

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

Το θρεπτικό διάλυμα που εξέρχεται από κάθε σταλαχτή, εισέρχεται στην άμμο, όπου 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 σάκου ή του πλαστικού επιστρώματος που περιέχουν ή υποστηρίζουν την άμμο. Το σύστημα μπορεί να είναι κλειστό ή ανοιχτό, ανάλογα με το αν το διάλυμα που απορρέει μέσω των σχισμών ή

των οπών αποστράγγισης συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται ή χάνεται στο έδαφος.

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 συγκρινόμενη με άλλα υποστρώματα. Εξαιτίας της χαμηλής ικανότητας συγκράτησης υγρασίας η άμμος πρέπει να ποτίζεται πολύ τακτικά (πολλές φορές κατά την διάρκεια μίας ημέρας) για να διατηρείται συνεχώς αρκετά υγρή για την ανάπτυξη των ριζών. Αυτό όμως συνεπάγεται σημαντικές απώλειες σε θρεπτικό διάλυμα και νερό σε κάθε πότισμα. Αυτές οι απώλειες βέβαια μπορούν κατά ένα μέρος να αποφευχθούν μέσω της μείωσης του χρόνου παροχής διαλύματος σε κάθε πότισμα. Για να μειωθούν δραστικά όμως οι μεγάλες απώλειες σε νερό και λιπάσματα που παρατηρούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες σε άμμο η πλέον αποτελεσματική λύση είναι η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τον χώρο των ριζών.

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υποστρώματος υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθινό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. Για 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. (Δ. Σάββας, 1995).

Για πειράματα θρέψης η χρησιμοποιούμενη άμμος πρέπει να είναι πυριτική ή χαλαζιακή και να περιέχει τουλάχιστον 99,7% SiO₂. Αν η άμμος έχει διαφορετική προέλευση, τότε πρέπει να εκπλυθεί με νερό ή αραιό οξύ, για να απομακρυνθούν το Ca και πολλά ιχνοστοιχεία. (Ι. Θεριός, 1996).

2.4.2.2. Καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture)

Μέχρι την δεκαετία του '70 τα χαλίκια αποτελούσαν το κύριο υλικό για υπόστρωμα στις υδροπονικές καλλιέργειες. Χρησιμοποιούνταν υλικά που παράγονται επιτοπίως για αποφυγή των εξόδων μεταφοράς. Σαν υλικό χρησιμοποιούνται χαλίκια ποταμών, χαλίκια βαλσάτη ή γρανίτη. Αποφεύγονται τα χαλίκια από μάρμαρο ή ασβεστόλιθο και αν οι συνθήκες το επιβάλλουν, τότε χρησιμοποιείται ειδικό θρεπτικό διάλυμα στο οποίο η συγκέντρωση των ιόντων των φωσφορικών ριζών μειούται στο τρίτο του κανονικού και ο θειικός σίδηρος, αντί κάθε 3-4 ημέρες, παρέχεται σε καθημερινή βάση. (Α. Κανάκης, 1998).

Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των διαφόρων κοκκομετριών χαλικιού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 5 και 20 mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού (πολύ πιο 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 ακολουθείτε 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 ικανότητας 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. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.2.3.. Καλλιέργεια σε διογκωμένο περλίτη

Ο περλίτης είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργίλλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος. Έχει σχέση με την όξινη λάβα που εκχύθηκε επιφανειακά ή υποθαλάσσια και η οποία ψύχθηκε και στερεοποιήθηκε ταχύτατα.

Οι συνθήκες ψύξης και στερεοποίησης του ήταν τέτοιες που δεν επέτρεψαν στα άτομα του να τοποθετηθούν σε σχηματισμούς κρυσταλλικού πλέγματος, γεγονός που έδωσε τον υαλώδη ιστό του περλίτη.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επέδρασε, για τον σχηματισμό του περλίτη ήταν η παρουσία νερού και διαφόρων αερίων που παγιδεύτηκαν στη μάζα του τη στιγμή της ψύξης και στερεοποίησης του.

Το υαλώδες αυτό πέτρωμα που έχει λάμψη όμοια με το μαργαρίτη (pearl), από όπου και το όνομα περλίτης, περιέχει 2-6% κρυσταλλικό νερό που όταν θερμανθεί γρήγορα, ώστε να μαλακώσει η υαλώδης μάζα του, διογκώνεται σε μια αφρώδη μάζα τουλάχιστον 10-20 φορές μεγαλύτερη από τον αρχικό της όγκο.

Η ιδιότητα αυτή του περλίτη που για πρώτη φορά παρατηρήθηκε από Έλληνα γεωλόγο στο νησί Μήλο, έγινε αφορμή να προσεχτεί και να γνωρίσει ευρύτατη βιομηχανική και αγροτική χρησιμοποίηση.

Εξαιτίας του τρόπου σχηματισμού τους είναι επιφανειακά πετρώματα και η εξόρυξη γίνεται εύκολα, αρχίζει από την επιφάνεια και προχωρεί σε σχηματισμό λατομείου. Μετά την εξόρυξη του ακολουθεί το σπάσιμο, η ξήρανση, η λειοτριβήση και η διαλογή του σε κόκκους διαφόρων μεγεθών που ανταποκρίνονται στις σημερινές εμπορικές απαιτήσεις της αγοράς από χονδρούς κόκκους 0,1 – 3 mm μέχρι υπέρλεπτους 0,05 – 0,3 mm. (Γεωργική Τεχνολογία, 1989).

Η διόγκωση των κόκκων του περλίτη γίνεται μέσα σε φούρνους κάθετους ή οριζόντιους εγκατεστημένους μόνιμα στα κέντρα κατανάλωσης του επειδή ο περλίτης εξαιτίας του βάρους του είναι πολύ ελαφρός και δεν προσφέρεται για μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις.

Κατά την διόγκωση οι κόκκοι του περλίτη περνούν με ταχύτητα από τους φούρνους και στον ίδιο χρόνο που διογκώνονται από τη θερμοκρασία, απορροφητήρες επιτυγχάνουν το διαχωρισμό τους σε διάφορες κοκκομετρίες. Η διόγκωση του περλίτη οφείλεται στο παγιδευμένο νερό και τα αέρια στη μάζα του, που προσπαθούν να ελευθερωθούν υπό μορφή ατμών, αλλά βρίσκουν δυσκολία γιατί η θερμοκρασία φέρεται απότομα σε χαμηλότερο σημείο από κείνο της τήξης του περλίτη (1200 – 1300 °C). Οι φυσαλίδες που σχηματίζονται από την πίεση των αερίων και του ατμού σχηματίζουν μια μάζα ελαφρά, 10-20 φορές ελαφρότερη του αρχικού περλίτη, χρώματος λευκού, με κυψέλες που έχουν βάρος 40-150 kg/m³.



Εικόνα 29: Καλλιέργεια σε σάκους περλίτη

Γενικά οι συνθήκες διόγκωσης του περλίτη εξαρτώνται:

- Από τον τύπο του περλίτη,
- Από την διάρκεια θέρμανσης,
- Από τη θερμοκρασία,
- Από την οικογένεια του ορυκτού περλίτη.

Έτσι εάν πχ. ο χρόνος της θέρμανσης είναι πολύ βραχύς, το προϊόν το πού παίρνουμε είναι λιγότερο σταθερό και πιο εύκολα θρυμματίζεται.

Από το παραπάνω παράδειγμα συμπαιρένεται ότι η τεχνική της διόγκωσης του περλίτη έχει τα μυστικά της. Για ορισμένους ελληνικούς περλίτες που είναι πορώδεις, απαιτείται μια ταχεία προθέρμανση σε 350°C πριν την τελική θέρμανση τους σε 900°C .



Εικόνα 30 : Καλλιέργεια φυτών τομάτας σε σάκους περλίτη

Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσσυρο, Κω, κ.λ.π. τα οποία ανήκουν στην Διλούβια γεωλογική περίοδο. Σήμερα ο ελληνικός διογκωμένος περλίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο. (Γεωργική Τεχνολογία, 1989).

Πίνακας 1: Χημική ανάλυση διογκωμένου περλίτη

Διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2)	> 5 %
Οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3)	15 %
Οξείδια του νατρίου (Na_2O)	3,5 %
Οξείδια του καλίου (K_2O)	3 %
Λοιπά οξείδια	3,4 %
Βαριά μέταλλα	Ίχνη
Ολικό θειάφι	Ίχνη

(πηγή : Ι. Θέριος, 1996).

Πίνακας 2: Φυσικές Ιδιότητες του διογκωμένου περλίτη

Χρώμα, οσμή	Λευκοί και άοσμοι κόκκοι
Μέγιστη ελεύθερη υγρασία	0,5%
pH	6,5-7,5
Σημείο τήξεως	1300 °C
Ειδική θερμότητα	0.2 cal/gr
Αντοχή στην φωτιά	Πυρίμαχος
Ειδικό βάρος	30 – 190kg/m ³
Κοκκομετρία	Κλάσματα ως 5mm

(πηγή : Ι. Θέριος, 1996).

Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί είτε σε σάκους είτε σε γλάστρες είτε σε άλλα φυτοδοχεία. Μπορεί επίσης να απλωθεί χύδην μέσα σε υδρορροές 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.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος καλλιέργειας κηπευτικών σε περλίτη είναι η προβλάστηση των σποροφύτων σε κύβους τύρφης ή πετροβάμβακα ή άλλου αποστειρωμένου υλικού και η τοποθέτηση τους κατά την μεταφύτευση πάνω στους σάκους ή στα φυτοδοχεία με τον περλίτη. Η παρασκευή και η παροχή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά δεν παρουσιάζει καμία ιδιαιτερότητα σε σχέση με τα άλλα υδροπονικά συστήματα πάνω σε αδρανή υποστρώματα. Σημαντικό είναι βέβαια, κατά τον καθορισμό της ποσότητας και της συχνότητας παροχής θρεπτικού διαλύματος, να λαμβάνεται υπόψη η ικανότητα συγκράτησης νερού του περλίτη σε συνδυασμό με την ποσότητα υποστρώματος ανά φυτό ώστε να μην διψούν τα φυτά στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των ποτισμάτων με θρεπτικό διάλυμα.

Ο περλίτης δεν μπορεί κατά κανόνα να χρησιμοποιηθεί για δεύτερη και πολύ περισσότερο για τρίτη καλλιέργεια γιατί οι κόκκοι του γρήγορα θρυμματίζονται. Αυτό έχει σαν συνέπεια να υποβαθμίζεται το πορώδες του και να μειώνεται έτσι η ικανότητα του για συγκράτηση του αέρα στις επιθυμητές για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Σε γενικές γραμμές η συμπεριφορά του σαν υπόστρωμα για μια καλλιέργεια είναι ικανοποιητική, αρκεί η θρέψη να είναι η ενδεδειγμένη. Το μεγάλο πλεονέκτημα του περλίτη όμως σε σχέση με τα άλλα υποστρώματα είναι το φθινό κόστος του. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.2.4. Καλλιέργεια σε βερμικουλιτή

Χρησιμοποιείται αμιγής σε σπορεία και σε τραπέζια ριζοβολία μοσχευμάτων. Το pH του είναι 7-7,2 και η ΙΑΚ αρκετά ψηλή (65-140meq/100g), που σημαίνει ότι μπορεί να αποθήκευση θρεπτικά στοιχεία. Όταν χρησιμοποιηθεί μαζί με τύρφη και άμμο στα υποστρώματα, μειώνει την απώλεια αζώτου, φωσφόρου και καλίου λόγω απορροής.

Επιπλέον σε μίγμα με τύρφη παρέχει τη δυνατότητα συγκράτησης και απόδοσης μεγάλων ποσοτήτων νερού (μπορεί να συγκράτηση το 35 % του βάρους του νερού).

Το ολικό του πορώδες είναι 96%, το ειδικό του βάρος 0,9-1,4 και είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί σε 1 ή 2 καλλιεργητικές περιόδους. Τα κυριότερα μειονεκτήματα του βερμικουλιτή είναι η μικρή διάρκεια ζωής του, το γεγονός ότι καταστρέφεται εύκολα και το ψηλό του κόστος

Πίνακας 3 : Σύγκριση του Βερμικουλιτή με τον Περλίτη

Χαρακτηριστικά	Βερμικουλιτής	Περλίτης
Ανόργανο υλικό	Μερικά δείγματα περιέχουν Β & F και δεν είναι πάντα αδρανής. Διασπάται με το χρόνο	Αδρανής & σταθερός
pH	6-9,5	6,5-7,5
Υλικό αποστειρωμένο	Όταν είναι φρέσκος	Όταν είναι φρέσκος αποστειρώνεται για επαναχρησιμοποίηση
Καθαρότητα, βάρος και ασφάλεια	Ελαφρό βάρος	Ελαφρό βάρος & ασφάλεια
Οσμή	Άοσμος	Άοσμος
Χρώμα	Μελί	Λευκό
Αερισμός και στράγγιση	Καλός, όταν είναι φρέσκος. Διασπάται με το χρόνο	Εξαιρετός
Υγρασία και θρεπτικά στοιχεία	Εύκολα διαθέσιμα τα συγκρατεί με τον καιρό	Εύκολα διαθέσιμα για τα φυτά

Επιπλέον αν και είναι ένα αποστειρωμένο υλικό, αν χρειαστεί παραπέρα απολύμανση δεν είναι εύκολο να γίνει. (Γεωργική Τεχνολογία, 1989).

2.4.2.5. Καλλιέργεια σε διογκωμένη άργιλο

Η άργιλος, αποτελεί αποθήκη θρεπτικών στοιχείων και νερού, πηγή ιχνοστοιχείων, βελτιώνει τη ρυθμιστική ικανότητα και την ποιότητα των πόρων του

μίγματος. Σε έδαφος που περιέχει 30% άργιλο, η ΙΑΚ (ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων) είναι 200 – 300 meq/lit. (Γεωργική Τεχνολογία, 1989).

Η διογκωμένη άργιλος παράγεται μετά από θέρμανση σχιστόλιθου στους 1200°. Σ' αυτήν την θερμοκρασία η οργανική ουσία καίγεται, ενώ τα αργιλικά ορυκτά μετατρέπονται σε αδρανή οξειδία του αργίλιου και των άλλων μετάλλων που υπάρχουν στο κρυσταλλικό πλέγμα. Το αποτέλεσμα είναι, το υλικό να συμπεριφέρεται σαν αδρανές υλικό.

Η διογκωμένη άργιλος παράγεται σε διάφορες κοκκομετρικές κλάσεις. Από αυτές, για χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες προτιμάται αυτή των 4-8 mm. Η διάρκεια ζωής της σαν υπόστρωμα καλλιέργειας είναι πολύ μεγάλη (θεωρητικά απεριόριστη).

Αρχικά η διογκωμένη άργιλος δοκιμάστηκε σε ανθοκομικές καλλιέργειες (κυρίως τριαντάφυλλο). Οι λόγοι που ώθησαν τους παραγωγούς να την δοκιμάσουν για υπόστρωμα καλλιέργειας ήταν η μεγάλη διάρκεια ζωής της. Πολλοί πίστεψαν ότι θα μπορούσε να λυθεί έτσι το πρόβλημα που υπήρχε με την αποκομιδή του χρησιμοποιημένου και απαξιωμένου πλέον υποστρώματος μετά το τέλος της καλλιέργειας. Το πρόβλημα αυτό υπάρχει κυρίως με τον πετροβάμβακα που είναι το συνηθέστερο υπόστρωμα στην υδροπονία.

Η διογκωμένη άργιλος έχει μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας (μεγαλύτερη από αυτήν του περλίτη) και αέρα. Γι' αυτό το λόγο, το υλικό έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα σαν υπόστρωμα καλλιέργειας. Τα μόνα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι το σχετικά υψηλό κόστος του και η αναγκαιότητα καθαρισμού και απολύμανσης κάθε χρόνο πριν από κάθε νέα καλλιέργεια.

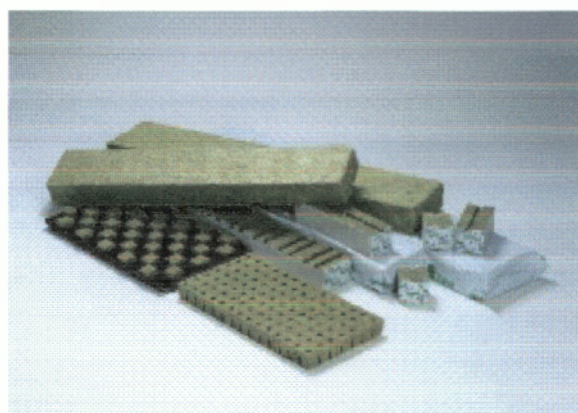
Η καλλιεργητική τεχνική που ακολουθείται στις υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες ως υπόστρωμα χρησιμοποιείται η διογκωμένη άργιλος είναι σε γενικές γραμμές παρόμοια με αυτή του περλίτη. Ο όγκος υποστρώματος ανά φυτό είναι επίσης ανάλογος με τον όγκο του περλίτη που απαιτείται ανά φυτό. Για καλύτερη διαβροχή του υποστρώματος όμως προτείνεται η χρήση μικροεκτοξευτήρων πάνω στους πλευρικούς σωλήνες αντί για πολλούς σταλαχτές. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.3. Καλλιέργεια σε πλάκες ορυκτοβάμβακα

Οι ορυκτοβάμβακες παρασκευάζονται βιομηχανικά από φυσικά ορυκτά ή πετρώματα. Πριν χρησιμοποιηθούν σαν αδρανή υποστρώματα καλλιέργειας ήταν ήδη ευρύτατα γνωστά σαν μονωτικά υλικά. Τα πλέον γνωστά είδη ορυκτοβάμβακα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία είναι ο πετροβάμβακας και ο υαλοβάμβακας. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.3.1. Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα

Είναι υλικό αδρανές, ομογενοποιημένο και αποστειρωμένο που παρασκευάζεται από μείγμα λιωμένου βαλσάτη και ασβεστόλιθου στους 1500 °C, το οποίο στροβιλίζεται για να παραχθούν ίνες πάχους 5mm. (Α. Κανάκης, 1998).



Εικόνα 31: Πλάκες πετροβάμβακα

Είναι η πλέον διαδεδομένη υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας σήμερα. Η μεγάλη της εξάπλωση κατ' αρχήν οφείλεται στην ύπαρξη πετροβάμβακα σε αφθονία στις χώρες που πρώτες αναγκάστηκαν να μεταπηδήσουν στην υδροπονία για εμπορική καλλιέργεια κηπευτικών και ανθοκομικών φυτών σε μεγάλη κλίμακα (Ολλανδία-Δανία). Εξίσου σπουδαίο ρόλο έπαιζαν βέβαια και οι άριστες ιδιότητες του πετροβάμβακα που τον καθιστούν ιδεώδες υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών.

Η υδροπονική καλλιέργεια λαχανοκομικών και ανθοκομικών φυτών σε υπόστρωμα πετροβάμβακα ξεκίνησε αρχικά στις Σκανδιναβικές χώρες και στην

Ολλανδία κατά τα μέσα της δεκαετίας του 70. Το κύριο κίνητρο που έσπρωξε τους καλλιεργητές θερμοκηπίων των χωρών αυτών να μεταπηδήσουν στην υδροπονία ήταν η ανάγκη για απεξάρτηση από τους περιορισμούς που έθετε το έδαφος στην παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα των καλλιεργειών τους. Η δυνατότητα γι' αυτή την αλλαγή δόθηκε χάρις στις προόδους που είχαν εν τω μεταξύ γίνει στην επιστήμη της διατροφής των φυτών, αλλά κυρίως χάρις στην τυχαία ανακάλυψη των μοναδικών ιδιοτήτων του πετροβάμβακα ως υποστρώματος για υδροπονικές καλλιέργειες.



Εικόνα 32: Νεαρά φυτά τριανταφυλλιάς σε πλάκες πετροβάμβακα

Χάρις στις ιδιότητές του αυτές ο πετροβάμβακας γρήγορα εξαπλώθηκε στα θερμοκήπια της βόρειας Ευρώπης καθιστώντας την υδροπονία συνήθη καλλιεργητική πρακτική για την πλειοψηφία των καλλιεργητών θερμοκηπίων. Η εξάπλωση της χρήσης του πετροβάμβακα ως υποστρώματος καλλιέργειας έλαβε σύντομα τέτοια έκταση, ώστε σήμερα πάνω από το 90% των υπό κάλυψη καλλιεργουμένων καρποδοτικών λαχανικών (ντομάτα, αγγούρι, πιπεριά, κ.λ.π.), στην Ολλανδία να παράγεται σε υδροπονικές καλλιέργειες με υπόστρωμα πετροβάμβακα.

Αντίθετα από την βόρεια Ευρώπη, στις χώρες της μεσογειακής Ευρώπης και μεταξύ αυτών και στην Ελλάδα η υδροπονία άρχισε να ξεκινήσει και μέχρι σήμερα ακόμη δεν έχει εξαπλωθεί σε μεγάλο βαθμό. Ο κυριότερος λόγος γι' αυτή την καθυστέρηση είναι το γεγονός ότι στις μεσογειακές χώρες οι θερμοκηπιακές

κατασκευές συνήθως είναι απλές με συνέπεια οι παραγωγοί να είναι αρκετά απρόθυμοι να αναλάβουν το κόστος της αγοράς υποστρώματος και της προμήθειας του αναγκαίου εξοπλισμού, αφού κατά κανόνα δεν είναι μαθημένοι να επενδύουν στα θερμοκήπιά τους.



Εικόνα 33: Καλλιέργεια σε πλάκες πετροβάμβακα

Στην δεκαετία του 80, μία εποχή όπου στην βόρεια Ευρώπη η εξάπλωση της υδροπονίας γινόταν με αλματώδεις ρυθμούς, οι θερμοκηπιακές μονάδες που ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν πετροβάμβακα για να καλλιεργήσουν λαχανικά ή άνθη στην Ελλάδα ήταν μετρημένες στα δάχτυλα του ενός χεριού, ενώ το υπόστρωμα το προμηθευόταν με απευθείας εισαγωγή από τις εταιρείες που το παρήγαγαν στο εξωτερικό. Στο μεταξύ όμως, αφενός η ορμητική εξάπλωση της χρήσης πετροβάμβακα για υδροπονία στο εξωτερικό και αφετέρου τα συνεχώς αυξανόμενα προβλήματα κούρασης των εδαφών και εξάπλωσης των εδαφογενών ασθενειών που εμφανιζόταν, αύξησαν και στην Ελλάδα το ενδιαφέρον για την νέα αυτή μέθοδο καλλιέργειας στο θερμοκήπιο. Μέσα σ' αυτό το κλίμα από τις αρχές της δεκαετίας του 90 άρχισε και στην Ελλάδα η εξάπλωση της υδροπονικής καλλιέργειας λαχανικών και ανθέων σε υπόστρωμα πετροβάμβακα.



Εικόνα 34: Τοποθέτηση σταλακτήρων σε πλάκες πετροβάμβακα

Η αρχική υποδοχή του πετροβάμβακα στην Ελληνική αγορά ήταν αρκετά ενθαρρυντική. Ήδη από τον πρώτο χρόνο η υδροπονία σε πετροβάμβακα άρχισε να εφαρμόζεται σε 80 περίπου στρέμματα θερμοκηπίου. Η εξάπλωση της υδροπονίας συνεχίστηκε και τον επόμενο χρόνο, όμως στην πορεία αποδείχθηκε ότι ένα βασικό εμπόδιο για την περαιτέρω διάδοσή της ήταν το κόστος της, δεδομένου ότι τόσο το υπόστρωμα όσο και το μεγαλύτερο μέρος του απαιτούμενου εξοπλισμού είναι εισαγόμενα. (Δ. Σάββας, 1995).

Στην Ελλάδα θα τον βρούμε μόνο σε οικοδομικά υλικά και σε φύλλα 50X100 εκατοστών σε πάχος των 5 εκατοστών οπότε θα πρέπει να τον διαμορφώσουμε μόνοι μας αναλόγως των αναγκών μας.

2.4.3.2. Καλλιέργεια σε πλάκες υαλοβάμβακα

Ο υαλοβάμβακας είναι παρεμφερές υλικό με τον πετροβάμβακα. Όπως ο πετροβάμβακας, έτσι και ο υαλοβάμβακας παράγεται από φυσικές πρώτες ύλες (χαλαζιακή άμμος) μετά από θερμική επεξεργασία και χρησιμοποιείται κυρίως σαν μονωτικό υλικό. Για την παρασκευή του υαλοβάμβακα θερμαίνεται ένα μίγμα κρυσταλλικής άμμου, ασβεστόλιθου, βόρακα και ορισμένων άλλων ανόργανων φυσικών υλών σε θερμοκρασία 1400° C. Το μίγμα τήκεται και στη συνέχεια, με εξοπλισμό παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πετροβάμβακα μετατρέπεται σε μία αραιά πλέξη λεπτών βελονών. Οι βελόνες αυτές συγκολλώνται

μεταξύ τους με βακελίτη και γίνονται υδρόφιλες μέσω προσθήκης μιας ειδικής προσκολλητικής ουσίας (ten side) όπως ο πετροβάμβακας.

Η χρήση του υαλοβάμβακα ως υποστρώματος καλλιέργειας μέχρι σήμερα δεν έχει εξαπλωθεί ιδιαίτερα. Οι λόγοι σχετίζονται κυρίως με το κόστος παραγωγής του, το οποίο είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό του πετροβάμβακα. Επειδή όμως είναι υλικό με λεπτότερη, πιο ομοιόμορφη και πιο σταθερή δομή σε σύγκριση με τον πετροβάμβακα, μπορεί να παράγεται και να διατίθεται με πιο αραιά πλέξη βελονών, δηλαδή με χαμηλότερο ειδικό βάρος (μέχρι και 25-30 g/l) για υπόστρωμα καλλιέργειας. Με τον τρόπο αυτό το κόστος του μειώνεται σημαντικά. Παρά την υψηλή του ποιότητα όμως, λόγω του πολύ μικρού ειδικού βάρους του ο υαλοβάμβακας δεν μπορεί να, χρησιμοποιηθεί για περισσότερες από 1-2 δύο καλλιεργητικές περιόδους (οι κατασκευαστές του τον συνιστούν ως υπόστρωμα μιας χρήσεως). Ως υπόστρωμα μίας χρήσεως διαθέτει ορισμένα πλεονεκτήματα, όπως η αποφυγή απολύμανσης στις επόμενες καλλιεργητικές περιόδους και η σιγουριά για την ποιότητα και την καλή κατάσταση του υποστρώματος. Η χρήση του όμως σε μεγάλη κλίμακα θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων χρησιμοποιημένων και απαξιωμένων υποστρωμάτων σε ποσότητες που είναι δύσκολο να απορροφηθούν από το περιβάλλον. Βέβαια, οι πρώτες ύλες από τις οποίες παρασκευάζεται ο υαλοβάμβακας είναι φυσικές και επομένως ανακυκλώσιμες από την φύση, όχι όμως με τον ρυθμό που θα συσσωρευόταν στα θερμοκήπια λόγω της χρήσης του ως υποστρώματος, σε περίπτωση μαζικής εξάπλωσης αυτού του τρόπου υδροπονικής καλλιέργειας.

Σε γενικές γραμμές, η τεχνική της εγκατάστασης και της διεξαγωγής της καλλιέργειας σε υαλοβάμβακα είναι παρόμοια με αυτή που εφαρμόζεται και στον πετροβάμβακα. Είναι όμως ευνόητο ότι αφού ο υαλοβάμβακας συνήθως διαθέτει αραιότερη πλέξη και συνεπώς χαμηλότερο ειδικό βάρος από τον πετροβάμβακα, θα έχει κατά μέσο όρο μεγαλύτερου μεγέθους πόρους και επομένως μειωμένη ικανότητα συγκράτησης νερού. Αυτό σημαίνει ότι, όταν καλλιεργούνται φυτά σε υαλοβάμβακα χαμηλού ειδικού βάρους, η παροχή θρεπτικού διαλύματος θα πρέπει να είναι συχνότερη (περισσότερα ποτίσματα ανά ημέρα), ενώ ο χρόνος κάθε άρδευσης βραχύτερος. Η συνολική ποσότητα χορηγούμενου διαλύματος ανά φυτό και ημέρα όμως θα πρέπει να είναι η ίδια όπως και στις καλλιέργειες πετροβάμβακα, αφού η κατανάλωση νερού και θρεπτικών στοιχείων δεν εξαρτάται από το είδος του ορυκτοβάμβακα που χρησιμοποιείται. (Δ. Σάββας, 1995).

2.4.4. Καλλιέργεια σε οργανικά ή μείγματα οργανικών και ανόργανων υλικών

- ❖ Τύρφη: Το πιο 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.λ.π.) και συσκευάζεται σε βιομηχανική κλίμακα. Γενικά υπάρχουν δύο τύποι τύρφης, η ξανθιά και η μαύρη τύρφη.

Η ξανθιά τύρφη έχει ινώδη υφή και θεωρείται καλύτερης ποιότητας από την μαύρη γιατί η δομή της είναι αρκετά σταθερή, με συνέπεια η αποσύνθεσή της να λαμβάνει χώρα με αργούς ρυθμούς. Προέρχεται κυρίως από την Ρωσία, 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. 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, πριν χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους είτε αμιγής είτε σε μείγμα με άλλα υλικά, 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.



Εικόνα 35: Τύρφη σε μορφή εδαφοκύβων, κατά των πολλαπλασιασμό των φυτών και την ανάπτυξη των σπορόφυτων

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 ειδικό βάρος και πιο περιορισμένης έκτασης πορώδες, με συνέπεια η ικανότητα συγκράτησης νερού και αέρα να είναι μικρότερη. Αντίθετα, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων της μαύρης τύρφης είναι πολύ μεγάλη. Κοιτάσματα μαύρης τύρφης υπάρχουν και στην Ελλάδα, από τα οποία τα πλέον σημαντικά είναι αυτά της Ανατολικής Μακεδονίας.

Η τύρφη σε ότι αφορά την προέλευσή της διακρίνεται:

- Στην τύρφη που προέρχεται από την αποδόμηση των βρυόφυτων του γένους *Sphagnum* (*S. Papillosum*, *S. Imbicatum*, *S. Magellanicum*, *S. Rubellum*, *S. Plumulosum*, *S. Fuscum*, *S. Acutifolia*) και
- Την τύρφη του γένους *Carex* της οικογένειας *Cyperaceae*, του γένους *Phragmites* και του *Calluna vulgaris*.

Ο πρώτος τύπος χαρακτηρίζεται από ινώδη και σπογγώδη υφή, υψηλό πορώδες και μεγάλη ικανότητα συγκράτησης του νερού (μέχρι 200 φορές το βάρος της), χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα, χαμηλό pH και ανοιχτού χρώματος.

Η τύρφη του δεύτερου τύπου είναι σκοτεινότερου χρώματος, περισσότερο υγρή, έχει υποστεί μεγαλύτερη αποδόμηση, έχει μεγαλύτερη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και περιέχει περισσότερα θρεπτικά στοιχεία. Λόγω της δομής της και της μεγαλύτερης δύναμης συγκόλλησης κάτω από πίεση, προτιμάται όταν πρόκειται για

τη μηχανική παρασκευή μικρών κύβων που χρησιμοποιούνται στα σπορεία. (Α. Κανάκης 1998).

Πίνακας 4: Ιδιότητες τύρφης του γένους Sphagnum

Ειδικό Βάρος, g/l	60 - 100
Πορώδες, %	> 90
Οργανική ύλη, %	> 98
Τέφρα, %	< 2
Σύνολο αζώτου, % βάρους	0.5 – 2.5
Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (meq / 100g)	110 – 130
pH (σε νερό)	3.5 – 4.0
Βάρος μπάλας	56 kg
Όγκος μπάλας, lt	360
Περιεκτικότητα μπάλας σε νερό:	
• Ως προς το νωπό βάρος (%)	50 – 60
• Ως προς το ξηρό βάρος (%)	100 - 150

Άλλα οργανικά υλικά που έχουν κατά καιρούς δοκιμασθεί και χρησιμοποιηθεί ως υποστρώματα υδροπονίας είναι το πριονίδι, το πυρηνόξυλο, αλεσμένα φύλλα ορισμένων δένδρων (ελιάς, κωνοφόρων), φλοιοί δένδρων, αλεσμένες κληματίδες αμπελιών, άχυρο, χαρτοπολτός, στέμφυλα οινοποιίας, επεξεργασμένη ιλύς από εργοστάσια βιολογικού καθαρισμού, κ.λ.π. Στο εξωτερικό κυρίως, ως υποστρώματα έχουν χρησιμοποιηθεί και περιττώματα ζώων από στάβλους, τα οποία προσφέρονται τυποποιημένα στο εμπόριο, αφού πρώτα έχουν απολυμανθεί, ομογενοποιηθεί και αποξηραθεί.

- ❖ Υπολείμματα ξύλου: που προέρχονται από τη βιομηχανία ξύλου και χαρτιού. Τα κυριότερα προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν από τη χρησιμοποίησή τους είναι:
 - η παρουσία των φυτοτοξικών ουσιών που παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των φυτών. Για να μειωθεί η φυτοτοξική δράση των υπολειμμάτων του ξύλου απαιτείται ένα χρονικό διάστημα περίπου 5 μηνών.

- Η σχέση C / N είναι πάρα πολύ ψηλή και για να μην παρατηρηθεί έλλειψη αζώτου από το υπόστρωμα, απαιτείται η προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων βραδείας απόδοσης ή η χουμοποίηση.
- ❖ Πριονίδια: τα οποία σαν υπόστρωμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αμιγή μορφή ή σε μείγμα. Προηγουμένως απαιτείται ένα χρονικό διάστημα 6 – 12 μηνών για τη δημιουργία της κομπόστας (στην αρχή της διαδικασίας θα πρέπει να προστίθεται 2% επί της ξηράς ουσίας, άζωτο). Το υπόστρωμα από πριονίδια είναι ελαφρύ και εύκολο στο χειρισμό του, δε διαστέλλεται, έχει pH 4,2-6 και μπορεί να χρησιμοποιηθεί 2-6 καλλιεργητικές περιόδους. Όμως τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι: ετερογένεια, δυσκολία στην απολύμανσή του, κακός αερισμός (κίνδυνος ασφυξίας των φυτών), ύπαρξη ρητινών που μπορεί να αποβούν τοξικές, ανάγκη χουμοποίησης και, τέλος κίνδυνος έλλειψης αζώτου αν δε γίνει καλά η προετοιμασία.



Εικόνα 36: Πειραματική καλλιέργεια αγγουριάς από πριονίδια

- ❖ Υπολείμματα ελαιουργίας: μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν υπόστρωμα μετά από μια περίοδο χουμοποίησης που διαρκεί 4 μήνες. Το υλικό αυτό έχει ελαφρά υψηλότερο pH από το άριστο, αποδεκτή ηλεκτρική αγωγιμότητα και αρκετά ψηλή περιεκτικότητα N. Όταν το υπόστρωμα αυτό αναμειχθεί με άλλα υλικά, τότε βελτιώνονται οι ιδιότητές του. (Γεωργική Τεχνολογία, 1989).

Κανένα όμως από τα προαναφερθέντα υλικά δεν είναι χημικά αδρανές και γι' αυτό κατά την κατάρτιση της σύνθεσης θρεπτικών διαλυμάτων που προορίζονται για καλλιέργειες σε οργανικά υποστρώματα θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σύσταση των υλικών αυτών σε διαθέσιμα για τα φυτά θρεπτικά στοιχεία. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη και οι υπόλοιπες επιδράσεις αυτών στο διάλυμα οι οποίες σχετίζονται με την χημική τους δραστικότητα, όπως η ανταλλακτική τους ικανότητα, η επίδρασή τους στο pH του διαλύματος, η ταχύτητα αποσάθρωσης και ανοργανοποίησής τους στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας, κ.λ.π. Επειδή όμως όλες αυτές οι ιδιότητες παρουσιάζουν μεγάλες αποκλίσεις όχι μόνο μεταξύ ομοειδών υλικών αλλά και από παρτίδα σε παρτίδα του ίδιου υλικού, η χρήση αυτών των υποστρωμάτων είναι πιο επισφαλής από άποψη θρέψης.

Συχνά τα οργανικά υλικά δεν χρησιμοποιούνται αυτούσια ως υποστρώματα αλλά σε μείγματα μεταξύ τους ή (ακόμη συχνότερα με μείγματα με κάποιο ανόργανο αδρανές υλικό, όπως ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, ο βερμικουλιτής, κ.λ.π.. Ο σκοπός της ανάμειξης μεταξύ τους και ιδιαίτερα με κάποιο ανόργανο αδρανές υλικό είναι η βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους και κυρίως της υδατοπερατότητας και της αεροπερατότητάς τους.

Στην πραγματικότητα το μείγμα που προκύπτει από μία τέτοια ανάμειξη αντιστοιχεί σε ένα τεχνητά παρασκευασμένο χώμα, το οποίο όμως είναι πιο ομοιογενές, έχει καλή δομή και αποστράγγιση και είναι απολυμασμένο. Επομένως και η θρέψη των φυτών που καλλιεργούνται σε τέτοια υλικά προσεγγίζει περισσότερο τον τρόπο θρέψης των καλλιεργειών εδάφους στις οποίες εφαρμόζεται υδρολίπανση και λιγότερο τους τρόπους τροφοδότησης των φυτών με θρεπτικά στοιχεία που εφαρμόζονται στα υπόλοιπα συστήματα υδροπονίας. Η μόνη πραγματική ομοιότητα της καλλιέργειας σε οργανικά υποστρώματα ή μείγματα αυτών με ανόργανα υλικά με την υδροπονία είναι η μείωση του όγκου του υλικού μέσα στο οποίο αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα.

Οι ιδιαιτερότητες της τεχνικής της καλλιέργειας πάνω σε τέτοιου είδους υποστρώματα σχετίζονται κυρίως με την διατροφή των φυτών. Η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να εξατομικεύεται στον συγκεκριμένο τύπο υποστρώματος που χρησιμοποιείται κάθε φορά, λαμβάνοντας υπόψη την σύστασή του σε θρεπτικά στοιχεία, την ανταλλακτική του ικανότητα, κ.λ.π.

Η τεχνική που σχετίζεται με τον τρόπο παρασκευής και παροχής του διαλύματος στα φυτά δεν διαφέρει από αυτή που ακολουθείται στα υπόλοιπα υδροπονικά συστήματα στα οποία εφαρμόζεται στάγδην άρδευση με μικροσωλήνες (spaghetti tubes). Τα υλικά τοποθέτησης των υποστρωμάτων είναι ίδια με αυτά που χρησιμοποιούνται στις υδροπονικές καλλιέργειες σε κοκκώδη αδρανή υποστρώματα (πλαστικοί σάκοι, γλάστρες, φυτοδοχεία, κ.λ.π.).

Οι καλλιέργειες σε οργανικά υποστρώματα είναι προτιμότερο να εγκαθίστανται ως ανοιχτά υδροπονικά συστήματα. Στην αντίθετη περίπτωση, η ανακύκλωση του απορρέοντος διαλύματος μπορεί βαθμιαία να οδηγήσει στην συσσώρευση διαφόρων τοξικών ουσιών σε επικίνδυνα για την καλλιέργεια επίπεδα, δεδομένου ότι σε ορισμένα από αυτά τα υλικά είναι δυνατόν να περιέχονται τέτοιες ουσίες σε μικρές ποσότητες. (Δ. Σάββας, 1995).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Σύστημα άρδευσης υδροπονίας NETAFIM	0,23 ευρώ / φυτό
Πλαστικοί σωλήνες άρδευσης	0,10 – 0,80 ευρώ / μέτρο, ανάλογα ποιότητας & διατομής
Κεφαλή υδροπονίας με διαχείριση κλίματος	Από 7000 ευρώ μαζί με έξοδα εγκατάστασης
Εναλλακτικά δοσομετρική αντλία για έτοιμα λιπάσματα	700 – 1000 ευρώ ανάλογα με την ποσότητα νερού που χρησιμοποιούμε για την άρδευση
Υπόστρωμά κοκκοφοίνικα σε σακούλες καλλιέργειας μήκους 1m και πλάτους 20cm	2,80 ευρώ / σακούλα (κάθε σακούλα είναι για 3 – 7 φυτά ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης)
Υφασμα εδαφοκάλυψης (κάλυψη δαπέδου θερμοκηπίου)	0,43 ευρώ / τετ. Μέτρο
Αγωγιμόμετρο χειρός αδιάβροχο	170 ευρώ
Πεχάμετρο χειρός αδιάβροχο	160 ευρώ
Δεξαμενές νερού – θρεπτικών διαλυμάτων	500 – 600 ευρώ
Σύστημα υποστύλωσης φυτών	200 ευρώ / στρέμμα

Συμπέρασμα:

Η υδροπονία προσφέρει νέες τεχνικές ανάπτυξης των φυτών και δίνει τη δυνατότητα παραγωγής προϊόντων καλής ποιότητας, ακόμη και σε περιοχές όπου το έδαφος δεν είναι κατάλληλο για το συνήθη τρόπο καλλιέργειας. Στη συνήθη καλλιέργεια το πρόβλημα είναι με ποιόν τρόπο θα πετύχουμε άφθονο οξυγόνο στη ρίζα και ταυτόχρονα άφθονο νερό, που να έχει διαλυμένα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Στο φυσικό έδαφος όσο περισσότερο νερό υπάρχει, τόσο λιγότερο οξυγόνο μένει και αντίθετα, με αποτέλεσμα, τότε το νερό και τότε το οξυγόνο να βρίσκονται σε έλλειψη.

Τα προϊόντα της υδροπονικής καλλιέργειας δε διαφέρουν σημαντικά σε γεύση και άρωμα από αυτά που καλλιεργούνται με το συνηθισμένο τρόπο, μάλιστα οι καρποί των λαχανικών περιέχουν ανόργανα στοιχεία και βιταμίνες ίδια με τα προϊόντα εδάφους. Τέλος η υδροπονία χρησιμοποιείται κυρίως σε καλλιέργειες εκτός εποχής για εμπορεύσιμους λόγους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γ. Γεωργακόπουλος, Κ. Κίττας, Γ. Μαυρογιανόπουλος, Ν. Σταθόπουλος, Θερμοκηπιακές Εγκαταστάσεις, Τ.Ε.Ε Β Τάξη 1^ο Κύκλου, Έκδοση Α, Ο.Ε.Δ.Β, 1999

Γεωργία Κτηνοτροφία, Αφιέρωμα θερμοκήπια, Αγρότυπος Α.Ε, Τεύχος 9, 1999

Γεωργική Τεχνολογία, Τεύχος 1, 1988

Δημήτρης Σάββας, Σημειώσεις Λαχανοκομίας IV, Τ.Ε.Ι Καλαμάτας, 1995

Ανδρέας Κανάκης, Σημειώσεις Λαχανοκομίας IV, Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, 1998

Μανιός Β. Ι. Εργαστήρια υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους, Τ.Ε.Ι Ηρακλείου, 1994

www.hydroponia.gr

www.google.com.gr//hydroponia/search01