Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας
Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

«ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

Σπουδαστής: Τσοτάκη Αικατερίνη
Εισηγητές: Κουτρουμπής Φώτιος
Μουρούτογλου Χρήστος

Καλαμάτα Οκτώβριος 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος

Η Υδροπονία είναι μια μέθοδος η οποία συγκεντρώνει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη παραδοσιακή καλλιέργεια στο έδαφος. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται συνεχώς, υποσχόμενη μεγαλύτερες αποδόσεις ανά στρέμμα και ταυτόχρονα ευκολότερη και αποτελεσματικότερη καταπολέμηση και αποφυγή εχθρών και ασθενειών.

Στον όρο «υδροπονία», έχει επικρατήσει να συμπεριλαμβάνουμε όλα τα είδη καλλιεργειών στα οποία δεν περιλαμβάνεται η ύπαρξη εδάφους στον χώρο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών. Στην μέθοδο καλλιέργειας αυτή θρέψη των φυτών γίνεται με διάφορες μορφές ισορροπημένων θρεπτικών διαλυμάτων απαραίτητων για σωστή λειτουργία και απόδοση των φυτών.

Η νέα αυτή μορφή καλλιέργειας γίνεται ολοένα και πιο μηχανοποιημένη, ενσωματώνοντας υψηλό επίπεδο τεχνολογίας, με αποτέλεσμα τον πλήρη και ακριβή έλεγχό από την αρχή ως το τέλος της παραγωγικής διαδικασίας.

Για τη διάδοση τέτοιων μεθόδων στην Ελλάδα είναι απαραίτητη η διάχυση της τεχνογνωσίας και η ενημέρωση των παραγωγών για τα πλεονεκτήματα και τις οικονομικές προοπτικές και δυνατότητές της.

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

Εισαγωγή

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

Αρχικά επιτεύχθηκε η καλλιέργεια φυτών σε υδατικά διαλύματα εμπλουτισμένα με γνωστές θρεπτικές ουσίες και στην συνέχεια ακολούθησε η καλλιέργεια πάνω σε στερεά υλικά, αδρανή ή μη.

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

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

Τα είδη των καλλιεργειών στις οποίες εφαρμόζονται σήμερα οι εκτός εδάφους καλλιέργειες περιλαμβάνουν λαχανοκομικές και ανθοκομικές καλλιέργειες καθώς και την ανάπτυξη καλλωπιστικών φυτών γλάστρας.

Οι υδροπονικές καλλιέργειες μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στη χώρα μας ιδιαίτερα σε περιοχές όπου τα εδάφη λόγω της εντατικής εκμετάλλευσης έχουν σχεδόν εξαντληθεί ή σε περιοχές που έχουν κατάλληλο μικροκλίμα για καλλιέργεια, αλλά το έδαφος είναι άγονο (νησιά - ορεινές και μειονεκτικές περιοχές), για την αύξηση του εισοδήματος των κατοίκων με σκοπό την προσφορά κύριου ή και συμπληρωματικού εισοδήματος στους κατοίκους των περιοχών αυτών.

Ιστορική Αναδρομή

Η προσπάθεια καλλιέργειας, φυτών χωρίς έδαφος έχει ξεκινήσει από τους αρχαίους πολιτισμούς. Οι Αιγύπτιοι, οι Ίνκας, οι Αζτέκοι και οι Βαβυλώνιοι είναι παραδείγματα αρχαίων πολιτισμών με πρακτική υδροπονική κηπουρική χωρίς να έχει η λέξη "Υδροπονία" ανακαλυφθεί.

Ο πειραματισμός με τα θρεπτικά συστατικά των φυτών ξεκινά πάνω από τριακόσια χρόνια πριν. Ένας Άγγλος επιστήμονας ο John Woodward, πειραματίστηκε με τα θρεπτικά συστατικά των φυτών. Ήθελε να ξέρει εάν τα φυτά λαμβάνουν θρεπτικά συστατικά από το χώμα ή το νερό. Ξεκίνησε τοποθετώντας φυτά στο νερό και αργά αργά πρόσθετε χώμα στο νερό καθημερινά. Ανακάλυψε ότι τα φυτά βελτιώνονται σε μέγεθος και υγεία. Συμπέρανε ότι ήταν το χώμα και το νερό τα οποία διοχετεύουν θρεπτικά συστατικά στο φυτό.

Αυτή ήταν η αρχή για πολλούς πειραματισμούς στην θρέψη των φυτών. Ανακαλύψεις και νέες μεγάλες εκπλήξεις ακολούθησαν τις ανακαλύψεις του Woodward, οδηγώντας σε αυτό που αναγνωρίζουμε σαν την επιστήμη της Υδροπονίας .

Η πρώτη προσέγγιση υδροπονικών συστημάτων καλλιέργειας έγινε το 1860 όταν ο Sachs στη Γερμανία ετοίμασε μια ολοκληρωμένη φόρμουλα για υδροπονική καλλιέργεια φυτών. Το 1861 ο Knop περιέγραψε μια βελτιωμένη φόρμουλα η οποία χρησιμοποιήθηκε εκείνη την περίοδο.

Τα έξι βασικά μακροστοιχεία και ο σίδηρος είχαν προσδιοριστεί από το 1844, τα υπόλοιπα μικροστοιχεία προσδιορίστηκαν αυτή την περίοδο. Η σπουδαιότητα του αερισμού και της περιοδικής αντικατάστασης του διαλύματος δεν είχαν ακόμη εντοπιστεί. Παρ' όλα αυτά, αυτή την περίοδο η καλλιέργεια σε αδρανή υλικά παρέμεινε μία τεχνική για ερευνητικούς σκοπούς.

Η καλλιέργεια σε άμμο ξεκίνησε από μελέτες του Count Salm Horstmar (1849) ο οποίος εισήγαγε την ιδέα της καλλιέργειας σε άμμο αντί άλλου αδρανούς υλικού. Η εμπορική ώθηση έγινε το 1916 στην Αμερική από τον Mc Call και αναδείχθηκαν τα πλεονεκτήματα στον αερισμό και τον

εφοδιασμό που εξασφαλίζονται από την άμμο. Το 1928 ο Robins καλλιέργησε σε άμμο μια σειρά φυτών ενώ το 1931 ο Laurie υπέδειξε το εμπορικό ενδεχόμενο τέτοιων καλλιεργειών. Το 1935 στον Αγροτικό Πειραματικό Σταθμό του New Jersey (Bickard and Connors) καλλιεργήθηκαν γαρύφαλλα. Ακολούθησαν βελτιώσεις: Eaton (1936), Withrow and Biebel (1936), Shine and Robins (1937), Capman and Liebig (1938). Η αμερικάνικη τεχνολογία αντιγράφτηκε και προλέχθηκε στην Αγγλία το 1938 από τους Templemom and Watson.

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

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

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

Το πλέον κοινό εμπορικό σύστημα έγινε αρχικά το 1970 σε άμμο και χαλίκι. Για να κρατηθούν τα χαλίκια χρησιμοποιήθηκαν υδατοστεγή κρεβάτια ή πάγκοι. Το θρεπτικό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν πολύ κοντά με το

προτεινόμενο από τον Hoagland το οποίο περνούσε μέσα από τα χαλίκια με δοσμένη ταχύτητα, 1 έως 4 φορές την ημέρα, λιγότερο συχνά στην άμμο, πράγμα που εξαρτάται από την εποχή και το μέγεθος της καλλιέργειας. Γινόταν περιοδική ανάλυση του διαλύματος και ρύθμιση όσον αφορά τον όγκο, το PH και την περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία.

Από τον Cooper (1970-1979) γίνεται η εισαγωγή εφαρμογής της μεθόδου NFT για καλλιέργεια σε εμπορική κλίμακα. Η εισαγωγή του πετροβάμβακα ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια φυτών έγινε από τους Verver, Ottossn κ.α (1970 -1980).

Μέχρι σήμερα πολλά ακόμα είναι τα υλικά τα οποία έχουν δοκιμαστεί για την πιθανότητα χρήσης τους στην υδροπονία. Παράλληλα από την αυτοτελή χρήση των διαφόρων υλικών έχει επίσης δοκιμαστεί και η χρήση μιγμάτων αυτών με σκοπό την βελτίωση των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών. Ταυτόχρονα όλο αυτό το χρονικό διάστημα προωθήθηκε και η ανάπτυξη συστημάτων καλλιέργειας χωρίς την ύπαρξη υποστρώματος ή με την χρήση του νερού σαν μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. [1]

[1] Σάββας, Δ., 1998. Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών. Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

1.1. Τι Είναι Υδροπονία

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

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μίας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα ***κατάλληλης*** σύστασης.

Τα ***υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών*** συνήθως είναι πορώδη υλικά, φυσικά ή προερχόμενα από βιομηχανική επεξεργασία, τα οποία χάρις στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατούν νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες. Στο βαθμό που το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται περιέχει τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών θρεπτικά στοιχεία, τα υποστρώματα μπορούν να υποκαθιστούν το έδαφος. Τα περισσότερα υποστρώματα υδροπονίας στις συνηθισμένες συνθήκες καλλιέργειας συμπεριφέρονται χημικώς ως αδρανή υλικά, δεδομένου ότι πρακτικά δεν αποδίδουν ούτε δεσμεύουν τα ήδη υπάρχοντα στο θρεπτικό διάλυμα ιόντα. [2]

Στη διεθνή βιβλιογραφία όλες αυτές οι μέθοδοι καλλιέργειας συνήθως χαρακτηρίζονται με τους όρους "***καλλιέργειες εκτός εδάφους***" (soilless culture) και "***υδροπονία***"(hydroponics). Μερικοί ερευνητές, κάνοντας μία αυστηρή εννοιολογική ερμηνεία της προερχόμενης, από την ελληνική γλώσσα, λέξης *υδροπονία*, θεωρούν τον όρο αυτό κατάλληλο για τον χαρακτηρισμό ενός μόνο μέρους των μεθόδων καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους και συγκεκριμένα εκείνων, στις οποίες δεν χρησιμοποιείται κανένα

---

[2] Σάββας, Δ., 2003. Παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες. Σημειώσεις για το εργαστήριο του μαθήματος «Θρέψη Φυτών». Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα, σελ. 36.

στερεό υπόστρωμα και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται απευθείας μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, όπως π.χ. το σύστημα NFT [3].

Οι περισσότεροι ειδικοί επιστήμονες, χρησιμοποιούν τον όρο "υδροπονία" (hydroponics) ως απολύτως συνώνυμο με τον χαρακτηρισμό "***καλλιέργεια εκτός εδάφους***" (soilless culture). Ο βασικός λόγος γι΄ αυτό είναι το γεγονός ότι η λέξη "υδροπονία" έχει πλέον καθιερωθεί εδώ και μισό αιώνα σε όλο τον κόσμο και στις περισσότερες γλώσσες ως όρος που υπονοεί το σύνολο των μεθόδων και συστημάτων καλλιέργειας φυτών χωρίς την χρήση εδάφους.

Στην ελληνική γλώσσα οι δύο αυτοί όροι συνήθως χρησιμοποιούνται ως απολύτως συνώνυμοι. Στην ελληνική ειδική βιβλιογραφία όμως έχει καθιερωθεί κυρίως ο όρος "υδροπονία", χάρις στην συντομία αλλά και την περιγραφική δύναμη που τον χαρακτηρίζει (δεδομένης της ελληνικής του προέλευσης).

Ένας άλλος όρος που χρησιμοποιείται στην ειδική βιβλιογραφία είναι η λέξη ***"υδροκαλλιέργεια"*** ή ***"υδατοκαλλιέργεια"*** (στα αγγλικά water culture και hydroculture). Στην ελληνική γλώσσα ο όρος "υδροκαλλιέργεια" συνήθως χρησιμοποιείται ως ταυτόσημος με τους όρους "***υδροπονία***" και "***καλλιέργειες εκτός εδάφους***". Στην αγγλόφωνη διεθνή βιβλιογραφία όμως οι όροι αυτοί δεν ταυτίζονται με τους όρους "***υδροπονία***" και "***καλλιέργειες εκτός εδάφους***". Ο όρος "***water culture***" περιλαμβάνει αποκλειστικά και μόνο εκείνες τις υδροπονικές καλλιέργειες, στις οποίες δεν γίνεται χρήση υποστρώματος και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα.

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

[3] Rushforth, K., 1990. Tree Planting and Management. David and Charles Newton Abbot, London

ρέον θρεπτικό διάλυμα, εκτός από τον όρο "***υδροκαλλιέργεια***", μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η ονομασία "***καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα***"[4].

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

Μία άλλη διάκριση που γίνεται μεταξύ των διαφόρων μεθόδων υδροπονικής καλλιέργειας είναι αυτή μεταξύ ανοιχτών και κλειστών υδροπονικών συστημάτων.

[4] Σάββας, Δ., 2003. Παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες. Σημειώσεις για το εργαστήριο του μαθήματος «Θρέψη Φυτών». Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα, σελ. 36.

1.2. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα υδροπονίας

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

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

1.2.1. Πλεονεκτήματα υδροπονίας

1. Αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, έντομα εδάφους, νηματώδεις, κλπ.).

   Τα μεταδιδόμενα μέσω του εδάφους παθογόνα, όπως το πύθιο, η φυτόφθορα, το φουζάριο, κλπ. δεν είναι απίθανο να εμφανιστούν ακόμη και στις υδροπονικές καλλιέργειες. Η πιθανότητα αυτή είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος. Τέτοια προβλήματα στην υδροπονία μπορούν να εμφανιστούν 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. Αποφεύγεται η εφαρμογή χημικών απολυμαντικών υψηλής τοξικότητας (π.χ. βρωμιούχο μέθυλιο), η χρήση των οποίων εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τόσο των παραγωγών όσο και των καταναλωτών. Δεν υφίσταται ανάγκη για απολύμανση του εδάφους εφόσον στις υδροπονικές καλλιέργειες το χώμα δεν έρχεται καθόλου σε

επαφή με το φυτό και ιδιαίτερα με τις ρίζες του. Παράλληλα, μειώνεται δραστικά η ανάγκη εφαρμογής φυτοφαρμάκων για την αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθενειών.

3. Λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω υπερεντατικής εκμετάλλευσης και μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδαφών) είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (π.χ. πολύ βαριά ή πολύ ελαφρά εδάφη, εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, εναλατωμένα εδάφη, κλπ.). Η υδροπονία αποτελεί ριζική και πιο αποτελεσματική λύση από την βελτίωση και την ανάπλαση του προβληματικού εδάφους.

4. Γίνεται δυνατή η αξιοποίηση νερού για άρδευση το οποίο 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. Σε νερά με υπερβολική αλατότητα λύση αποτελεί μόνο η καλλιέργεια σε ανοικτά 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. Μειώνεται το κόστος θέρμανσης λόγω των μειωμένων απαιτήσεων σε θέρμανση του αέρα. Οι απαιτήσεις σε θέρμανση του αέρα είναι μειωμένες λόγω της πρακτικά μειωμένης εξάτμισης νερού η οποία συνοδεύεται πάντοτε από κατανάλωση ενέργειας υπό μορφή λανθάνουσας θερμότητας. Η εξάτμιση του νερού είναι μειωμένη λόγω της κάλυψης με πλαστικά φύλλα σε ένα θερμοκήπιο στο οποίο πραγματοποιείται υδροπονική καλλιέργεια

   Εκτός όμως από την εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ελαχιστοποίησης της εξάτμισης νερού από το έδαφος, μειωμένες δαπάνες για θέρμανση προκύπτουν και από το γεγονός ότι η καλλιέργεια παύει να εξαρτάται από την θερμοκρασία του εδάφους του θερμοκηπίου. Στην υδροπονία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα στον περιορισμένο όγκο των

υποστρωμάτων ή των θρεπτικών διαλυμάτων, τα οποία μάλιστα είναι τοποθετημένα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να έρχονται σε επαφή με το χώμα. Κατά συνέπεια, η ανύψωση της θερμοκρασίας στο χώρο του ριζοστρώματος μπορεί να επιτευχθεί γρηγορότερα κατά την διάρκεια της ημέρας και με χαμηλότερη δαπάνη για καύσιμα.

6. Υπάρχει σημαντική πρωίμηση της παραγωγής σε καλλιέργειες τόσο σε υποστρώματα όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT). 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 περιπτώσεις που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος. Στην υδροπονία όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και αναλογίες μεταξύ τους, μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Αυτό έχει σαν συνέπεια, μια 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, κλπ. αλλά και άλλοι παράγοντες όπως π.χ. αυτοί που επηρεάζουν την ταχύτητα οργανοποίησης της οργανικής ουσίας δεν ασκούν πλέον καμιά επίδραση στις καλλιέργειες, με τελικό αποτέλεσμα, η σχεδίαση ενός κατάλληλου σχήματος θρέψης των φυτών να καθίσταται πιο εύκολη.

8. Στις υδροπονικές καλλιέργειες μειώνεται ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο καλλιεργειών, όταν υπάρχουν διαδοχικές καλλιέργειες στην διάρκεια του έτους (π.χ. διαδοχικές καλλιέργειες μαρουλιού, χρυσανθέμων κλπ.), καθώς ο παραγωγός απαλλάσσεται από τις εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους (όργωμα, φρεζάρισμα, βασική λίπανση, κλπ.). Παράλληλα επιτυγχάνεται η μείωση των

αναγκών σε εργατικά χέρια με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους παραγωγής.

9. Στις υδροπονικές καλλιέργειες επιτυγχάνεται αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών λόγω των καλύτερων φυσικοχημικών ιδιοτήτων των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος με τις οποίες επιτυγχάνουμε την αριστοποίηση της θρέψης και την διατήρηση υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους. Σύμφωνα με μαρτυρίες αρκετών ερευνών 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 πρόβλημα, όπως εδαφογενείς ασθένειες, κόπωση λόγω μονοκαλλιέργειας, χαμηλή γονιμότητα, αλατότητα, κλπ., τότε η αύξηση της παραγωγής που επιτυγχάνεται στην υδροπονία είναι υψηλότερη και όχι σπάνια, μπορούν να ληφθούν διπλάσιες αποδόσεις.

10. Στις υδροπονικές καλλιέργειες επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα των προϊόντων λόγω της αριστοποίησης της θρέψης που μπορεί να επιτευχθεί μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία αλλά και η αποφυγή μιας σειράς προβλημάτων τα οποία έχουν ήδη αναφερθεί προηγουμένως.

11. Σημαντικό πλεονεκτήματα της υδροπονίας αποτελεί και η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Χάρη στην δυνατότητα συνεχούς ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται από τα φυτά με συνεπεία 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 νιτρικά άλατα είτε μετατρέπονται στο έδαφος με

συνέπεια η περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε νιτρικά να αυξάνεται πάνω από τα 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 προστατέψει αποτελεσματικά το πόσιμο νερό χωρίς να είναι αναγκαία η εφαρμογή περιορισμών στην καλλιέργεια φυτών με υψηλές λιπαντικές απαιτήσεις, όπως είναι οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες[5].

1.2.2. Μειονεκτήματα της υδροπονίας

1. Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μιας υδροπονικής μονάδας είναι σημαντικό. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει την δαπάνη αγοράς των πάγιων εγκαταστάσεων παρασκευής και τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος καθώς και τα 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.

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

3. Η εφαρμογή υδροπονίας προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης θα πρέπει να διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο. Η ισχύς αυτής της προϋπόθεσης είναι σχετική, δεδομένου ότι όταν υπάρχει η κατάλληλη τεχνική υποστήριξη από ειδικευμένο σύμβουλο-

[5] Σάββας, Δ., 1998. Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών. Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

γεωπόνο, η εφαρμογή υδροπονίας είναι δυνατή ακόμη και από έναν επιμελή αγρότη με στοιχειώδες επίπεδο γραμματικών γνώσεων.

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

5. Στην υδροπονία υπάρχει απαίτηση χρήσης αυξημένων ποσοτήτων λιπασμάτων. Αποτελεί γεγονός ότι στην υδροπονία, ο καλλιεργητής θα πρέπει να χορηγεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά ενώ αντίθετα, στις καλλιέργειες εδάφους, ορισμένα θρεπτικά στοιχεία όπως το ασβέστιο και τα περισσότερα ιχνοστοιχεία χορηγούνται σπάνια μέσω της λίπανσης, δεδομένου ότι περιέχονται σε επαρκείς ποσότητες στο χώμα. Οι ποσότητες των ιχνοστοιχείων που χορηγούνται στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι πολύ μικρές, ενώ χορήγηση μαγνησίου συνηθίζεται και στις καλλιέργειες εδάφους, ιδιαίτερα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Επίσης οι χορηγούμενες στην υδροπονία ποσότητες αζώτου, φωσφόρου, και καλίου σε γενικές γραμμές δεν ξεπερνούν τις αντίστοιχες ποσότητες που απαιτούνται σε μια καλλιέργεια εδάφους,

δεδομένου ότι και στις δυο περιπτώσεις ισχύει η γενική αρχή ότι οι προστιθέμενες ποσότητες θα πρέπει να ισούνται με το ύψος της κατανάλωσης από τα φυτά συν τις απώλειες μέσω έκπλυσης, ακινητοποίησης κλπ. Επομένως, στην πραγματικότητα, οι μόνες άξιες λόγου, ποσότητες λιπασμάτων που είναι αναγκαίες ειδικά στις υδροπονικές καλλιέργειες, ενώ στο έδαφος εξοικονομούνται, είναι αυτές που αφορούν τα λιπάσματα ασβεστίου (κατά κανόνα υδατοδιαλυτό νιτρικό ασβέστιο). Όμως και οι ποσότητες λιπασμάτων ασβεστίου που απαιτούνται, συνήθως δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες, γιατί στις περισσότερες περιπτώσεις το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων περιέχει ασβέστιο σε σημαντικές συγκεντρώσεις. Στην πραγματικότητα, υπαρκτό πρόβλημα υπερβολικής κατανάλωσης λιπασμάτων υφίσταται μόνο σε ανοικτά υδροπονικά συστήματα και μόνο όταν το χορηγούμενο νερό άρδευσης είναι αρκετά περισσότερο από τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Συνεπώς, το μειονέκτημα αυτό της υδροπονίας δεν είναι απόλυτο αλλά σχετικό και μπορεί να αντιμετωπισθεί ικανοποιητικά μέσω προσαρμογής του προγράμματος άρδευσης στις ανάγκες της καλλιέργειας[6].

[6] Σάββας, Δ., 1998. Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών. Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

1.3. Τύποι 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 ένα υδροπονικό σύστημα όταν το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, ανανεώνεται, συμπληρώνεται και με την βοήθεια μιας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα έχουμε δηλαδή ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει.

Ένας τρόπος επαναχρησιμοποίησης του διαλύματος απορροής είναι η συνεχής τροφοδοσία και επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος, όπως π.χ. γίνεται στο σύστημα NFT. Ο δεύτερος τρόπος ανακύκλωσης αφορά υδροπονικά συστήματα στα οποία η παροχή θρεπτικού διαλύματος (πότισμα) είναι συχνή αλλά διακοπτόμενη και μικρής διάρκειας. Σε αυτού του είδους τα κλειστά υδροπονικά συστήματα το διάλυμα απορροής που συλλέγεται μετά από κάθε πότισμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία και χρησιμοποιείται ξανά. Οι ποσότητες θρεπτικού διαλύματος που απορρέουν από το ριζόστρωμα και επαναχρησιμοποιούνται αφού πρώτα συμπληρωθούν με νερό και λιπάσματα είναι τελείως διαφορετικές σε κάθε μία από τις προαναφερόμενες τεχνικές ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος. Για παράδειγμα, σε μία καλλιέργεια τομάτας, όταν εφαρμόζεται συνεχής επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος που επανακυκλοφορεί κυμαίνεται γύρω στα 200 m^3 ανά στρέμμα ανά ημέρα ενώ όταν η άρδευση βασίζεται σε συνεχή, διακοπτόμενα ποτίσματα, το θρεπτικό διάλυμα που συλλέγεται και ανακυκλώνεται δεν υπερβαίνει τα 6 - 8 m^3 ανά στρέμμα ανά ημέρα.

Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απορρέει από το ριζόστρωμα μετά από κάθε εφαρμογή άρδευσης συμβάλλει τόσο στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων όσο και στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος με νιτρικά και άλλα λιπάσματα. Πρόκειται δηλαδή για μία κατ΄ εξοχήν φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο καλλιέργειας φυτών. Η

εφαρμογή ανακύκλωσης όμως εμπεριέχει κινδύνους γρήγορης εξάπλωσης μολύνσεων στην καλλιέργεια όταν το διάλυμα απορροής δεν απολυμαίνεται πριν επαναχρησιμοποιηθεί. Οι κυριότερες μέθοδοι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος είναι η παστερίωση με θέρμανση, η έκθεσή του σε υπεριώδη ακτινοβολία και η αργή διήθηση μέσω άμμου. Η χρήση χημικών απολυμαντικών όπως O_3, H_2O_2 και I_2 περικλείει κινδύνους φυτοτοξικότητος ενώ η διήθηση μέσω μικροφίλτρων παρουσιάζει προβλήματα απόφραξης.

Τα περισσότερα συστήματα υδροπονικών καλλιεργειών μπορούν να λειτουργούν τόσο ως κλειστά όσο και ως ανοιχτά. Για να λειτουργήσει όμως ως κλειστό ένα υδροπονικό σύστημα θα πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες εγκαταστάσεις, ώστε να είναι δυνατή η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος. Εκτός από τον επιπλέον εξοπλισμό, η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος απαιτεί και διαφορετικούς χειρισμούς όσον αφορά την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικό διάλυμα και γενικά την θρέψη της καλλιέργειας. Το πρόβλημα της συμπλήρωσης του διαλύματος απορροής συνίσταται στον καθορισμό των απαραιτήτων ποσοτήτων νερού και πυκνών διαλυμάτων που πρέπει να προστεθούν σε αυτό ώστε το διάλυμα που θα προκύψει από αυτή την διαδικασία να έχει την επιθυμητή σύνθεση. Όπως είναι γνωστό, ο ρυθμός απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος και στάδιο ανάπτυξης του φυτού (έκταση φυλλικής επιφάνειας), τα κλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ηλιοφάνεια, κ.λπ.) που επικρατούν σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα, κ.λπ. Επομένως, ο όγκος θρεπτικού διαλύματος που περισσεύει και απομακρύνεται από το ριζόστρωμα μετά την χορήγησή του στα φυτά καθώς και οι συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων που περιέχονται σε αυτό διαφέρουν κάθε φορά. Κατά συνέπεια, οι ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων που πρέπει να προστεθούν στο διάλυμα απορροής δεν είναι σταθερές και γι΄ αυτό δεν μπορούν να καθορισθούν εκ των προτέρων. Σε κάθε περίπτωση όμως, για να είναι εφικτή από τεχνική και οικονομική άποψη η ανακύκλωση του διαλύματος απορροής, η συμπλήρωσή του με τις κατάλληλες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων θα πρέπει να γίνεται αυτόματα με την βοήθεια κατάλληλου εξοπλισμού. Οι στρατηγικές που μπορούν να

εφαρμοσθούν για την συμπλήρωση του διαλύματος απορροής με τις αναγκαίες ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων εξαρτώνται από τον διατιθέμενο εξοπλισμό και μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής τέσσερεις κατηγορίες:

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΑ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

2.1. Εισαγωγή

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.

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. Η έντονη αυτή εξάρτηση της προσφοράς θρεπτικών στοιχείων στα φυτά από το έδαφος αποτελεί ταυτόχρονα μειονέκτημα για την καλλιέργεια, δεδομένου ότι λόγω της ετερογένειας του εδάφους και των δυσχερειών στην πρόβλεψη των συνθηκών περιβάλλοντος είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η συμπεριφορά από άποψη θρέψης σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

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.

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

Πρόβλημα στήριξης των φυτών όμως δεν υφίσταται στις υδροπονικές καλλιέργειες στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος, εφόσον αυτές λαμβάνουν χώρα στο θερμοκήπιο. Τα φυτά που αναπτύσσονται αρκετά σε ύψος (χρυσάνθεμο, γαρίφαλο, τριαντάφυλλο, κ.λπ.) προσδένονται και υποστυλώνονται, με συνέπεια να μην έχουν ανάγκη την στήριξη που τους παρέχει το έδαφος, ενώ τα χαμηλής ανάπτυξης (π.χ. ζέρμπερα) στηρίζονται ικανοποιητικά από το υπόστρωμα.

Η βασική λειτουργία την οποία καλούνται να επιτελέσουν επιτυχώς τα υποστρώματα είναι η εξασφάλιση καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά[7]. 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 την 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.

---

[7] Savvas, D., 2002b. Automated replenishment of recycled greenhouse effluents with individual nutrients in hydroponics by means of two alternative models. Biosystems Engineering, 83: 225-236.

Τα υποστρώματα αυτά συνήθως περιέχουν οργανική ουσία (όπως για παράδειγμα η τύρφη) και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως **χημικώς ενεργά υποστρώματα**. Στην πραγματικότητα τα υποστρώματα αυτά υπερτερούν μόνο χάρις στην ομοιομορφία τους και στην επιλογή των πλέον κατάλληλων υλικών για την παρασκευή τους σε σύγκριση με τα περισσότερα φυσικά εδάφη. Παράλληλα όμως μειονεκτούν σε σύγκριση με το χώμα λόγω του πολύ μικρότερου όγκου υποστρώματος ανά φυτό.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός υποστρώματος είναι:

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

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

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

Από τα χημικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος ενδιαφέρουν περισσότερο:

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

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

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

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.

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 καμία 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.

2.2. Ιδιότητες υποστρωμάτων

Οι βασικές ιδιότητες – χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει ένα υπόστρωμα κατάλληλο για υδροπονική καλλιέργεια είναι οι εξής:

1. Να διαθέτει σταθερή δομή, ώστε να μην αποσυντίθεται εύκολα.
2. Να διαθέτει ικανοποιητική αναλογία μεταξύ νερού και αέρα.
3. Να έχει ομοιομορφία στην σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
4. Να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς & ζιζάνια.
5. Να είναι εύκολο στη χρήση του και στους καλλιεργητικούς χειρισμούς.
6. Να έχει σχετικά χαμηλό κόστος.
7. Να λειτουργεί σαν δεξαμενή νερού και θρεπτικών στοιχείων.
8. Να παρέχει στο φυτό την δυνατότητα να απορροφά εύκολα τη μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα του νερού.
9. Να επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων και ιδιαίτερα την είσοδο του οξυγόνου.
10. Να έχει μικρή περιεκτικότητα σε άλατα και να είναι απαλλαγμένο από τοξικές ουσίες.

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

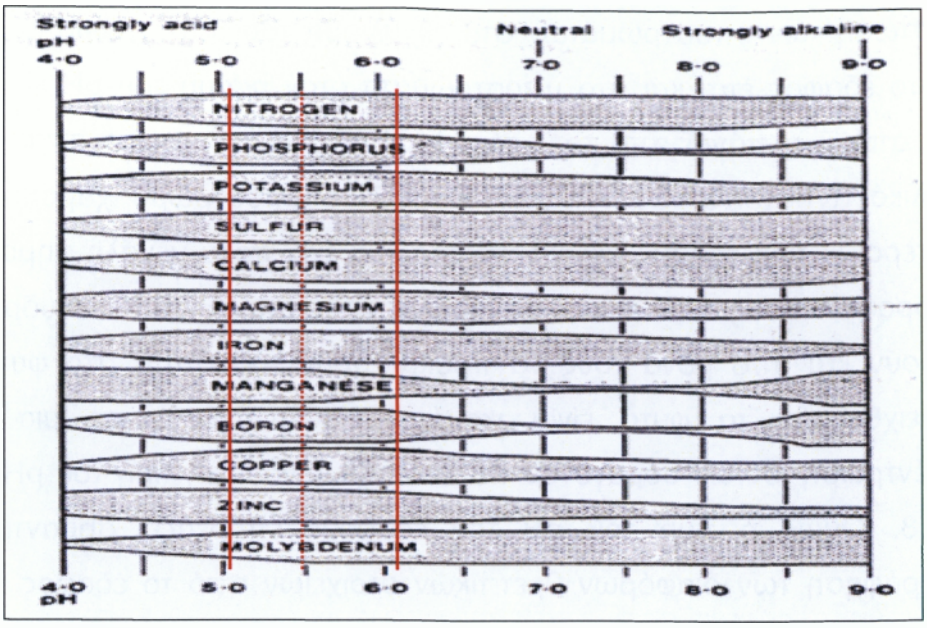
Βασικό, επίσης, ρόλο στην σωστή τροφοδοσία του φυτού με θρεπτικό διάλυμα διαδραματίζουν και οι φυσικοχημικές ιδιότητες του υποστρώματος. Αυτές είναι η οξύτητα (pH) και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C).

Με το pH εκφράζουμε τη συγκέντρωση H^+ και OH^- στο διάλυμα ή στην περίπτωση των υποστρωμάτων στο εκχύλισμα του υποστρώματος. Όπως και στο έδαφος έτσι και στα υποστρώματα όταν η τιμή του pH κυμαίνεται κάτω από 7 ή πάνω από το 7 τότε λέμε ότι το υπόστρωμα είναι όξινο ή αλκαλικό αντίστοιχα. Όταν η τιμή είναι 7 το υπόστρωμα χαρακτηρίζεται ουδέτερο. Η τιμή του pH σε ένα υπόστρωμα έχει πολύ μεγάλη σημασία για διάφορους λόγους. Ενώ σε πολύ χαμηλές τιμές του pH τα ιόντα υδρογόνου μπορούν και από μόνα τους να προκαλέσουν τοξικότητα στο φυτό, έχει αποδειχθεί ότι τα φυτά είναι ικανά να αναπτυχθούν σε μια ευρεία συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου που διαμορφώνουν τη τιμή του pH από 4 έως 8. Όμως η τιμή του pH του εδάφους επηρεάζει σημαντικά την απορρόφηση των διαφόρων θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Άριστη τιμή του pH είναι η τιμή 5.5 όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1 όπου φαίνεται και η επίδραση του pH υποστρωμάτων στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει τη συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο έδαφος ή στο υπόστρωμα. Η αύξηση της E.C πάνω μια τιμή επιδρά δυσμενώς στην ανάπτυξη του φυτού, προκαλεί τοξικά συμπτώματα και μειώνει τη παραγωγή. Αυτό εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και τη σύνθεση του υποστρώματος. Παράγοντες που επιδρούν στην αύξηση της E.C στο έδαφος και στα υποστρώματα είναι η ποιότητα του νερού άρδευσης, τα χημικά λιπάσματα και η φύση ή το πέτρωμα προέλευσης του υποστρώματος και αντίστοιχα το υλικό κατασκευής του υποστρώματος.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι στις καλλιέργειες σε υποστρώματα χρησιμοποιούνται αυξημένες ποσότητες λιπασμάτων με τη μορφή θρεπτικών διαλυμάτων καθώς και το περιορισμένο όγκο του υποστρώματος, τότε γίνεται αντιληπτός ο μεγάλος κίνδυνος για ενδεχόμενη αύξηση της E.C.

Σχήμα 2.1: Επίδραση του pH υποστρωμάτων στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων



Για την αποφυγή του φαινομένου της αύξησης της τιμής της Ε.C στα υποστρώματα λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:

α) Να διατηρείται υγρό το υπόστρωμα ώστε η ωσμωτική του πίεση να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα.

β) Να μην προστίθεται λίπασμα με τη μορφή σκόνης ή πυκνό διάλυμα λιπάσματος σε στεγνό υπόστρωμα.

γ) Να ελέγχεται με ακρίβεια η τιμή της Ε.C των θρεπτικών διαλυμάτων.

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

2.3. Είδη Υποστρωμάτων

2.3.1. Οργανικά υποστρώματα

Τα οργανικά υλικά έχουν προέλευση φυτική ή ζωική και περιγράφονται αναλυτικότερα στην συνέχεια.

α. Τύρφη

Η τύρφη είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο από τα οργανικά υλικά στη παρασκευή υποστρωμάτων. Η τύρφη σχηματίζεται με τη μερική αποδόμηση φυτών που αναπτύσσονται συνήθως σε περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις, υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία και χαμηλή καλοκαιρινή θερμοκρασία. Αποτέλεσμα αυτών είναι η δημιουργία πολλών ειδών τύρφης.

Εικόνα 2.1. Σάκοι με τύρφη

Η τύρφη που εισάγεται στη χώρα μας ανήκει στο τύπο Sphagnum Moss Peat και στη κατηγορία Light peat όσων αφορά το βαθμό αποδόμησής της. Τα χαρακτηριστικά του τύπου αυτού είναι η σπογγώδης και ινώδης δομή, το πολύ μεγάλο πορώδες, η μεγάλη υδατοϊκανότητα, η χαμηλή περιεκτικότητα σε τέφρα και συνήθως το χαμηλό pH. Οι κύριες ιδιότητες της τύρφης αυτή παρουσιάζονται στο πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Ιδιότητες τύρφης Sphagnum Moss Peat

Φαινόμενο ειδικό βάρος (gr/lt)	60 – 100
Όγκος πόρων (%)	96
Οργανική ουσία (%)	98
Στάχτη (%)	2
Ολικό άζωτο (% κατά βάρος)	0,5 – 2,5
Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (meq/100g)	110 – 130
PH (υδατικό εκχύλισμα)	3,5 – 4
Βάρος μπάλας (kg)	56
Όγκος μπάλας (lt)	360

β. Τύρφη Ελληνικής Προέλευσης

Εκτός από την τύρφη η οποία εισάγεται στην χώρα μας υπάρχει και τύρφη η οποία παράγεται εντός της χώρας. Δύο είναι οι περιοχές στις οποίες υπάρχουν τα κύρια μέχρι σήμερα κοιτάσματα η Πρέβεζα και η λεκάνη των Φιλίππων.

i. <u>Μαύρη τύρφη Πρεβέζης</u>

Πρόκειται για τύρφη η οποία προέρχεται από το κοίτασμα στην Κορώνη του νομού Πρεβέζης το οποίο παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον. Η βοτανική του σύνθεση προέρχεται από ποώδη και σποραδική δενδρώδη βλάστηση. Η τύρφη Πρεβέζης κατατάσσεται ποιοτικά στις μαύρες τύρφες (black peat) λόγο του μεγάλου βαθμού αποδόμησής της. Έχει δεχθεί εδαφικές προσμίξεις ανεβάζοντας την περιεκτικότητά της σε CaCo3 γύρω στο 9,96% σε ξηρή βάση. Είναι έντονα λεπτόκοκκο υλικό με το 28% περίπου του βάρους της κάτω από 0.25mm. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση των υδατικών της ιδιοτήτων και ιδιαιτέρως τη μείωση της αεροϊκανότητάς της. Το pH και η E.C της κυμαίνονται γύρω στο 7,25 και 2.6 mmhos/cm αντίστοιχα και δεν θεωρούνται ιδανικές τιμές για τύρφη. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιβάλουν τους παρακάτω περιορισμούς για τη χρησιμοποίησή της σαν υπόστρωμα:

1) Τη πρόσμιξή της με άλλα υλικά που να έχουν καλύτερες υδατικές ικανότητες, αυξημένη αεροϊκανότητα, χαμηλό pH και χαμηλή E.C.

2) Να μην χρησιμοποιείται σε υψηλά ποσοστά σε υποστρώματα που προορίζονται για καλλιέργεια φυτών με υψηλές απαιτήσεις σε αερισμό του ριζικού τους συστήματος.

3) Να μην χρησιμοποιείται σε οξύφυλλα και ασβεστόφοβα φυτά.

ii. Τύρφη Τεναγών Φιλίππων

Στη λεκάνη των Φιλίππων στη περιοχή της Καβάλας ανακαλύφθηκε απόθεμα τύρφης που καταλαμβάνει έκταση 54 km^2. Είναι κυρίως τύρφη καλαμιών και βρύων, με μεγάλο βαθμό αποδόμησης. Η τύρφη αυτή δεν είναι καθαρή αλλά περιέχει προσμίξεις άμμου, λάσπης, αργίλου και μάργας σε μικροποσότητες. Καθαρή τύρφη υπάρχει μόνο στο κέντρο της περιοχής. Το ποσοστό της τέφρας κατά την καύση κυμαίνεται από 16-46%. Η υγρασία της τύρφης αυτής είναι συχνά κάτω από 75% και σπάνια πάνω από 85%. Τα χαρακτηριστικά της μαύρης τύρφης Φιλίππων παρουσιάζονται στο πίνακα 2.

Πίνακας 2.2: Χαρακτηριστικά της μαύρης τύρφης Φιλίππων

Υγρασία (%)	60-65
Τέφρα επί ξηρού στους 550 °C (%)	22-25
Οργανική ουσία (%)	75-78
Φαινόμενη πυκνότητα (gr/cm^3)	0,5
Βαθμός αποσύνθεσης (V. Post)	5-6
Ικανότητα συγκράτησης υγρασίας (% κατά βάρος)	800
pH κατά VAPO*	7,3
Αγωγιμότητα κατά VAPO (MS/cm)	460

γ. Composts

Composts είναι το τελικό προϊόν της αερόβιας βιολογικής αποδόμησης διαφόρων οργανικών υπολειμμάτων φυτικής και ζωικής προέλευσης. Τα Composts παρουσιάζουν προβλήματα όσον αφορά τη φυτοτοξικότητά τους και τη πρόκληση τροφοπενιών στα φυτά κυρίων αζώτου (N). Η φυτοτοξικότητα οφείλεται σε ορισμένες τοξικές για τα φυτά ουσίες που είτε υπάρχουν στη πρώτη ύλη είτε παράγονται κατά την αποδόμησή της και οι οποίες μειώνονται ή ακόμα και εξαφανίζονται με την ολοκλήρωση της χώνευσης και της ωρίμανσης του compost. Οι τροφοπενίες οφείλονται στον ανταγωνισμό μεταξύ των μικροοργανισμών – τα οποία συνεχίζουν την αποδόμηση του οργανικού κλάσματος των composts και μετά τη χώνευση και την ωρίμανσή τους- και των φυτών. Ο ανταγωνισμός αυτός γίνεται για την εξασφάλιση των απαραίτητων στοιχείων και κυρίως αζώτου από τους οργανισμούς.

δ. Cocosoil

Ένα άλλο οργανικό υλικό που άρχισε τελευταία να χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα είναι το κοκκόχωμα (γνωστό και ως cocosoil). Το cocosoil είναι οργανικό υλικό που παράγεται από την επεξεργασία των ινών του φλοιού καρύδας και κοκκοφοίνικα. Το ποσοστό λιγνίνης του συγκεκριμένου υποστρώματος 45 % έχει άμεσο αποτέλεσμα να διατηρεί τις φυσικές του ιδιότητες (την πολύ καλή αναλογία νερού / αέρα) για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Είναι πλούσιο σε οργανική ουσία και παρουσιάζει πολύ καλή συμπεριφορά τόσο όσον αφορά στις φυσικές του ιδιότητες (ικανότητα συγκράτησης νερού, αεροπερατότητα, κ.λπ.) όσο και όσον αφορά την θρέψη των φυτών. Η περιεκτικότητα του αέρα είναι 30 %. Η E.C. είναι περίπου 0,5 mS και το pH του περίπου 5,5.

Έχει σχετικά ινώδη υφή, σταθερή δομή, ικανοποιητικό πορώδες και μέτρια ανταλλακτική ικανότητα. Έχει χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων που το κάνει, πρακτικά, να συμπεριφέρεται ως αδρανές υπόστρωμα. Κατά συνέπεια, όταν η κοκκοτύρφη τροφοδοτείται με ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα, η θρέψη των φυτών δεν επηρεάζεται σημαντικά από άλλους, μη προβλέψιμους και αστάθμητους παράγοντες. Το μειονέκτημά του είναι ότι με την χρήση αρχίζει σιγά – σιγά να αποσυντίθεται και επομένως αρχίζει να συμπεριφέρεται ως ένα χημικά πολύ ενεργό υλικό. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ανθοκομικές καλλιέργειες παραγωγής δρεπτών ανθέων, όπως το τριαντάφυλλο και η ζέρμπερα και για σπορεία, ριζοβολίας. Το cocosoil είναι ακριβότερο υλικό από την τύρφη.

Εικόνα 2.2. Υπόστρωμα cocosoil

2.3.2. Ανόργανα Υποστρώματα

Τα ανόργανα υλικά έχουν προέλευση φυσική ή τεχνητή και χρησιμοποιούνται είτε αυτούσια είτε σε ανάμιξη με οργανικά υλικά ως υποστρώματα στις εκτός εδάφους καλλιέργειες. Τα τεχνητά υλικά παρασκευάζονται με την επεξεργασία διαφόρων ανόργανων υλικών φυσικής προέλευσης. Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα ανόργανα υλικά είναι τα ακόλουθα:

α. Άμμος

Η άμμος κατατάσσεται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων που περιέχει:

1. Λεπτή άμμος: 0,02 - 0,2mm
2. Χοντρή άμμος: 0,20 - 2,0mm
3. Χαλίκια: > 2,0mm

Η άμμος εφόσον είναι απαλλαγμένη από άργιλο, ανθρακικό ασβέστιο και χλωριούχα άλατα δεν έχει καμία επίδραση στις χημικές ιδιότητες των μειγμάτων στα οποία συμμετέχει. Αντίθετα επηρεάζει της φυσικές ιδιότητες των μειγμάτων. Η λεπτή άμμος αναμιγνύεται καλύτερα με την υγρή τύρφη από ότι με τη χοντρή και τα χαλίκια. Επίσης η χοντρή άμμος προκαλεί ζημιές στο ριζικό σύστημα των φυτών, κατά τη μεταφύτευσή τους, αποσπώντας με το βάρος των τεμαχιδίων της, τις λεπτές ρίζες. Μόνη της η άμμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε καθαρά υδροπονικές καλλιέργειες τοποθετώντας την σε διάφορους υποδοχείς.

Συνήθως χρησιμοποιείται κρυσταλλική άμμος προερχόμενη από την κοίτη ποταμών, η οποία έχει περιεκτικότητα άνω του 50% σε διοξείδιο του πυριτίου και μηδενική πρακτικά ανταλλακτική ικανότητα. Η άμμος τοποθετείται σε ατομικά ή ομαδικά φυτοδοχεία, σε σάκους ή σε υδρορροές, σε ποσότητα 15 - 20 λίτρα ανά φυτό. Εναλλακτικά, η άμμος μπορεί να διασκορπισθεί 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 πάχος περίπου 5-10cm.

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

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

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

Τα πλεονεκτήματα της άμμου ως υποστρώματος υδροπονίας είναι ο καλός αερισμός του ριζικού συστήματος, το φθηνό κόστος κτήσης της και η θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής της. 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.

β. Χαλίκι

Το χαλίκι είναι ένα χονδρόκοκκο υπόστρωμα. Η χημική του σύσταση ποικίλλει και εξαρτάται από το μητρικό πέτρωμα από το οποίο προέρχεται. Η διάμετρος των διαφόρων κοκκομετριών χαλικιού που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία κυμαίνεται μεταξύ 5 - 20 mm. Σαν υπόστρωμα έχει πρακτικά μηδενική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και αμελητέα ικανότητα συγκράτησης νερού (πολύ πιο μικρή από την αντίστοιχη της άμμου). Για τον λόγο αυτόν η καλλιέργεια σε χαλίκι συνιστάται μόνο ως κλειστό υδροπονικό σύστημα[8].

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 ικανότητος συγκράτησης νερού πρέπει ακόμη να αναφερθεί και το υψηλό ειδικό του βάρος το οποίο καθιστά την μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις προβληματική και τους χειρισμούς κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας δύσκολη και επίπονη και επομένως αρκετά δαπανηρή[9].

---

[8] Καρράς, Γ., 1998. Γλαστρικά Φυτά. Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

[9] Savvas, D., 2002b. Automated replenishment of recycled greenhouse effluents with individual nutrients in hydroponics by means of two alternative models. Biosystems Engineering

γ. Διογκωμένη άργιλος

Παράγεται με θέρμανση σχιστόλιθου στους 1200^{0}C. Σ' αυτήν την θερμοκρασία η οργανική ουσία καίγεται, ενώ τα αργιλικά ορυκτά μετατρέπονται σε αδρανή οξείδια αργιλίου και άλλων μετάλλων. Είναι χημικά αδρανές υπόστρωμα. Στις υδροπονικές καλλιέργειες προτιμάται η κοκκομετρία έως 8 mm. Η διάρκεια ζωής της σαν υπόστρωμα καλλιέργειας είναι πολύ μεγάλη (θεωρητικά απεριόριστη).

Εικόνα 2.3. Διογκωμένη Άργιλος

δ. Ελαφρόπετρα

Η ελαφρόπετρα είναι το κοινό όνομα του ορυκτού "κιζιρίτης". Πρόκειται για ένα αργιλλοπυριτικό ηφαιστειογενές ορυκτό το οποίο δεν έχει την συμπαγή υφή άλλων πετρωμάτων αλλά φέρει εκτεταμένο πορώδες σε όλη του τη μάζα. Η ύπαρξη ενός τόσο εκτεταμένου πορώδους καθιστά την ελαφρόπετρα ένα πέτρωμα με χαμηλό ειδικό βάρος. Σε αυτήν ακριβώς την φυσική της ιδιότητα οφείλει και το όνομά της. Ο σχηματισμός των πόρων στην ελαφρόπετρα οφείλεται στην διαφυγή ηφαιστειακών αερίων μέσα από την μάζα της κατά τον χρόνο που ελάμβανε χώρα η ψύξη της λάβας.

Στην φύση η ελαφρόπετρα συναντάται σε μορφή μεγάλων πλακών ή τεμαχίων. Για να χρησιμοποιηθεί για καλλιέργεια φυτών θα πρέπει να θρυμματίζεται σε λατομεία σε μικρούς κόκκους μεγέθους μέχρι 4 ή το πολύ μέχρι 8 mm. Αυτό όμως δεν αποτελεί πρόβλημα δεδομένου ότι η ελαφρόπετρα χρησιμοποιείται και ως οικοδομικό υλικό με αποτέλεσμα να υπάρχουν αρκετά λατομεία τα οποία την τεμαχίζουν σε μέγεθος ψηφίδας ή ακόμη και χονδρής άμμου. [10]

Στην Ελλάδα υπάρχουν εκτεταμένα κοιτάσματα ελαφρόπετρας στα νησιά του Αιγαίου (Κυκλάδες, Δωδεκάνησα) από τα οποία τα σημαντικότερα

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

βρίσκονται στην Νίσυρο. Ως εκ τούτου, η εξεύρεση της είναι εύκολη σε ποσότητες που ξεπερνούν κατά πολύ την όποια ζήτηση αναμένεται να δημιουργηθεί για χρήση σε υδροπονικές καλλιέργειες στη χώρα μας[11].

Το μεγάλο πλεονέκτημα που έχει η ελαφρόπετρα είναι η πολύ χαμηλή τιμή της η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη ακόμη και από αυτή του περλίτη (2 - 3 φορές χαμηλότερη). Σε σύγκριση μάλιστα με το κόστος αγοράς διαφόρων εισαγομένων υποστρωμάτων (πετροβάμβακας, διογκωμένη άργιλος, κ.λπ.) η δαπάνη αγοράς ελαφρόπετρας είναι θεαματικά μικρότερη.

Εκτός όμως από την χαμηλή τιμή της η ελαφρόπετρα έχει επιδείξει άριστη καλλιεργητική συμπεριφορά στις δοκιμές και τα πειράματα που έχουν γίνει μέχρι σήμερα με τομάτες, τριαντάφυλλο, γαρίφαλο, χρυσάνθεμο, κ.λπ.. Για αυτούς τους λόγους, τα τελευταία χρόνια η ελαφρόπετρα έχει καταστεί ένα πολύ ενδιαφέρον υπόστρωμα για υδροπονικές καλλιέργειες, τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς.

Εικόνα 2.4. Ελαφρόπετρα σε πλαστικούς περιέκτες

Η ελαφρόπετρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα υδροπονίας είτε ως έχει είτε μετά από κοσκίνισμα (ώστε να απομακρυνθεί το κονιοποιημένο κλάσμα) είτε μετά από ξέπλυμα. Από τα μέχρι σήμερα δεδομένα που έχουν προκύψει τόσο από την έρευνα όσο και από την καλλιεργητική τεχνική φαίνεται ότι τόσο το κοσκίνισμα όσο και το ξέπλυμα δεν βελτιώνουν την καλλιεργητική συμπεριφορά της ελαφρόπετρας ενώ αυξάνουν το κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας. Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι το καταλληλότερο κοκκομετρικό κλάσμα ελαφρόπετρας για υδροπονικές καλλιέργειες είναι αυτό των 0-4 mm. [12]

Η ελληνική ελαφρόπετρα έχει φαινόμενο ειδικό βάρος 0,6-0,8 Kg/L. Το ολικό πορώδες της ελληνικής ελαφρόπετρας κυμαίνεται γύρω στο 70 - 75% (το

[11] Καρράς, Γ., 1999. Ποώδη Καλλωπιστικά. Διδακτικές Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

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

κοσκίνισμα και το ξέπλυμα τείνουν να το αυξήσουν) και το pH στο 7,3. Η ελαφρόπετρα έχει χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με συνέπεια να συμπεριφέρεται σχεδόν ως χημικά αδρανής.

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

Η ελαφρόπετρα μπορεί να απολυμανθεί εύκολα και αποτελεσματικά με ατμό.

Η ελαφρόπετρα μπορεί να τοποθετηθεί σχεδόν σε κάθε είδους υποδοχείς υποστρωμάτων. Κατά κανόνα όμως τοποθετείται είτε σε φυτοδοχεία (συνήθως γλάστρες) είτε σε σάκους καλλιέργειας. Τόσο οι γλάστρες όσο και οι σάκοι μπορούν να είναι διαφόρων μεγεθών, ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Ο όγκος υποστρώματος ανά φυτό σε γενικές γραμμές συνιστάται να είναι ο ίδιος ή ελαφρώς μεγαλύτερος (μέχρι περίπου 20%) με αυτόν που συνιστάται για καλλιέργειες σε πετροβάμβακα [13].

Εικόνα 2.5. Μεγέθυνση κόκκου ελαφρόπετρας

[13] Savvas, D., 2002b. Automated replenishment of recycled greenhouse effluents with individual nutrients in hydroponics by means of two alternative models. Biosystems Engineering

ε. Βερμικουλίτης

Ο βερμικουλίτης αποτελείται από πυριτικές ενώσεις του αλουμινίου, του σιδήρου και του μαγνησίου. Στην φυσική του κατάσταση είναι σε λεπτά στρώματα και μοιάζει με σχιστόλιθο. Ο αλκαλικός τύπος (pH 7) του βερμικουλίτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παρασκευή υποστρωμάτων. Προϋπόθεση όμως είναι να επεξεργαστεί πρώτα με φωσφορικό οξύ ή φωσφορικό μονοαμμώνιο για τη μείωση του pH. Πολλά δείγματα βερμικουλίτη περιέχουν 5 - 8% διαθέσιμο κάλι και 9 - 12% μαγνήσιο. Επομένως τα υποστρώματα που παρασκευάζονται με τη συμμετοχή βερμικουλίτη χρειάζονται μικρότερες ποσότητες από αυτά τα στοιχεία να προστεθούν με τη μορφή λιπασμάτων.

Ο βερμικουλίτης είναι επίσης ικανός να δεσμεύει μεγάλες ποσότητες αμμωνίου σε ένα αδιάθετο προϊόν. Αυτό βοηθά στη ρύθμιση της ποσότητας του διαθέσιμου αζώτου στα φυτά όταν χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες οργανικού αζώτου ή λιπασμάτων που ελευθερώνουν αμμώνιο. Το μεγαλύτερο μέρος του δεσμευμένου αμμωνίου είναι διαθέσιμο στα βακτήρια και μετασχηματίζεται σε νιτρικό άζωτο μέσα σε λίγες εβδομάδες και έτσι είναι και αυτό διαθέσιμο στα φυτά.

Όταν ο βερμικουλίτης χρησιμοποιείται μόνος του σαν υπόστρωμα για καλλιέργειες μεγάλης περιόδου, υπάρχει μια τάση για κερηθροποίηση της δομής του μέχρι και την πλήρη καταστροφή της, με αποτέλεσμα τη μείωση του αερισμού και της αποστράγγισής του. Για αυτό είναι προτιμότερο να αναμειγνύεται είτε με περλίτη είτε με τύρφη. [14]

---

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

στ. Περλίτης

Ο διογκωμένος περλίτης είναι ηφαιστειακό υαλώδες πέτρωμα που διαμορφώθηκε με την ταχύτατη ψύξη και στερεοποίηση της όξινης λάβας ηφαιστείων. Ο ορυκτός περλίτης έχει ειδικό βάρος 2,3-2,4 gr/cm³ και από πλευράς χημικής σύστασης χαρακτηρίζεται ως «πυριτικό αλουμίνιο». Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσσυρο, Κώ, κ.λπ. Σήμερα ο ελληνικός περλίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο. [15]

Η χημική σύσταση του Ελληνικού περλίτη από διάφορες περιοχές της χώρας παρουσιάζεται στον **πίνακα 2.3.**

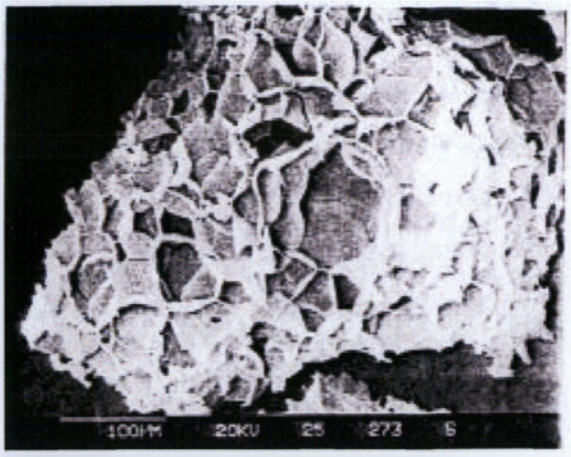
Πίνακας 2.3: Χημική σύσταση του Ελληνικού περλίτη, τριών περιοχών.

	Κέφαλος Κω	**Τράχηλας Μήλου**	**Χιβαδολίμνη Μήλου**
SiO2 (%)	74	73	73,8
Al2O3 (%)	12	13,5	13,6
Fe2O3 (%)	0,9	0,8	1,2
FeO (%)	Ίχνη	Ίχνη	Ίχνη
CaO (%)	0,5	1,0	1,4
Na2O (%)	3,7	3,2	3,4
K2O (%)	4,2	4,8	2,9
MgO (%)	0,3	0,3	0,6
TiO2 (%)	0,15	0,1	0,2
H2O (%)	3,10	2,9	2,9

Ο ορυκτός περλίτης περιέχει 2 - 6% κρυσταλλικό νερό και έχει την ιδιότητα όταν θερμανθεί απότομα, ώστε να μαλακώσει η υαλώδης μάζα του να παίρνει τη μορφή μιας αφρώδους μάζας αυξάνοντας τον όγκο του κατά 10 - 20 φορές.

[15] Καταπόδης Η. 2004. Καλλιέργεια σε σάκους περλίτη- Καλλιέργεια σε κύβους πετροβάμβακα:

Αυτή η ιδιότητα οδήγησε στην παρασκευή του διογκωμένου περλίτη. Η ποιότητα του τελικού διογκωμένου περλίτη εξαρτάται τόσο από τον τύπο και την κοκκομετρία του ορυκτού, όσο και από τη θερμοκρασία και τη διάρκεια θέρμανσής του. Η χρήση του περλίτη στη γεωργία εντοπίζεται κυρίως στη παρασκευή υποστρωμάτων για την ανάπτυξη φυτών σε καλλιέργειες εκτός εδάφους. Ορισμένες από τις τυπικές φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες του διογκωμένου περλίτη καθώς και του αγροπερλίτη παρουσιάζονται στους πίνακες 2.4.1 και 2.4.2. αντίστοιχα. Το νερό συγκρατείται κυρίως στους μικρούς πόρους, ενώ στους μεγαλύτερους που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων του περλίτη παραμένει αέρας και μετά την διαβροχή του υλικού. [16]



Εικόνα 2.6. Μεγέθυνση κόκκου περλίτη

Το μέγεθος των κόκκων που συνιστάται για υδροπονία είναι 0 - 3 mm (διάμετρος). Το ολικό πορώδες του περλίτη ανέρχεται στο 95%, η ικανότητα συγκράτησης νερού σε 200 - 450% του βάρους του (ανάλογα με τη κοκκομετρική του σύσταση) και το ειδικό του βάρος στα 40 - 150Kgr/m^3.

Μια ποσότητα 2 – 5 lt περλίτη ανά φυτό είναι επαρκής για την καλλιέργεια την κυριότερων ανθοκομικών φυτών ενώ για τα λαχανοκομικά απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα υλικού. Ο περλίτης μπορεί να τοποθετηθεί σε σάκους, σε γλάστρες η σε άλλου τύπου φυτοδοχεία.

Εικόνα 2.7. Περλίτης διαφορετικής κοκκομετρίας

[16] Καταπόδης Η. 2004. Καλλιέργεια σε σάκους περλίτη- Καλλιέργεια σε κύβους πετροβάμβακα:

Μπορεί επίσης να απλωθεί 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 [17].

Οι φυσικές ιδιότητες του περλίτη εξαρτώνται από τη κοκκομετρία του. Η ικανότητα συγκράτησης νερού μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα προς το μέγεθος των κόκκων του. Η μεταβολή αυτή της υδατοϊκανότητας του περλίτη είναι φυσική αφού με τη μείωση του μεγέθους των κόκκων επέρχεται και αντίστοιχη μείωση του μεγέθους των πόρων, με αποτέλεσμα το νερό να συγκρατείται με δυνάμεις μεγαλύτερες από εκείνη της βαρύτητας.

Εικόνα 2.8. Περλίτης σε κανάλια

Ο περλίτης όταν γίνεται περισσότερο λεπτόκοκκος (δεδομένου ότι με τη μεταβολή αυτή ουσιαστικά δεν μεταβάλλεται το ολικό πορώδες του), αυξάνεται η ποσότητα του συγκρατούμενου νερού και μειώνεται αντίστοιχα ο όγκος του περιεχόμενου σε αυτόν αέρα.

Το κρίσιμο σημείο το οποίο θα πρέπει σε κάθε περίπτωση, ανάλογα με τη γεωργική χρήση του περλίτη και τις ανάγκες του φυτού που πρόκειται να αναπτυχθεί σε αυτόν, να ρυθμίζεται με την κατάλληλη κοκκομετρική σύνθεσή του, για την εξασφάλιση στο φυτό είναι αυτό (σχέση νερού αέρα).

Εικόνα 2.9. Περλίτης σε γλάστρες

[17] Savvas, D., 2002b. Automated replenishment of recycled greenhouse effluents with individual nutrients in hydroponics by means of two alternative models. Biosystems Engineering

Μια ιδιομορφία του περλίτη, ως προς το πορώδες του, είναι ότι εκτός από το ανοικτό πορώδες που έχει και το οποίο κυμαίνεται μεταξύ του 72 και 77% περίπου, έχει και κλειστό πορώδες που είναι γύρω στο 10% του όγκου του. Ακόμη θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο περλίτης είναι υλικό που καθιζάνει με αποτέλεσμα να μεταβάλλονται και οι φυσικές του ιδιότητες.[18]

Εικόνα 2.10. Περλίτης σε σάκους

Πίνακας 2.4.1: Φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες του αγροπερλίτη

Φαινόμενο Ειδικό Βάρος	0,01 gr/cm³
Πραγματικό Ειδικό Βάρος	0,60 gr/cm³
Ολικός Όγκος Πόρων	72%
Υδατοϊκανότητα	2,4 gr/100 gr ξ.ο
pH	7,040
E.C	0,030 mmos/cm

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

Πίνακας 2.4.2: Ορισμένες από τις τυπικές φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες του διογκωμένου περλίτη

Μορφή	Κοκκώδες
Χρώμα	Λευκό
Οσμή	Άοσμο
Πυκνότητα	40-150 kg/m³
pH	5,5-6,5 (ουδέτερο)
Διαλυτά στο νερό	0,08%
Διαλυτά σε 1:3 HCl ζεστό	1,6%
Πραγματική πυκνότητα συμπαγούς ύλης	2.200 - 2.400 Kg/m³
Σημείο μαλάκυνσης	871-1.093 °C
Σημείο τήξης	1.260-1343 °C
Ειδική θερμότητα	0,2 cal/g°C
Αγωγιμότητα	0,034 - 0,048 Kcal/hm°C

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι ο περλίτης από πλευράς φυσικοχημικών ιδιοτήτων είναι υλικό με ουδέτερο pH και πολύ χαμηλή E.C. Ακόμη η κατιονική εναλλακτική του ικανότητα κυμαίνεται γύρω στο 1,5 meq/100gr ξ.ο τιμή που θεωρείται χαμηλή. Επίσης ο περλίτης δε περιέχει θρεπτικά στοιχεία. Επομένως η θρέψη και ανάπτυξη των φυτών που αναπτύσσονται στον περλίτη εξαρτώνται εξ ολοκλήρου από το διαθέσιμο θρεπτικό διάλυμα που τους παρέχεται. Για το λόγο αυτό συνίσταται ιδιαίτερη προσοχή στη διαμόρφωση του pH του θρεπτικού διαλύματος.

ζ. Πετροβάμβακας (Rock-wool)

Ο πετροβάμβακας παρασκευάζεται βιομηχανικά με τη τήξη μείγματος που αποτελείται από 60% diabase και 20% ασβεστόλιθο και μετά τη προσθήκη 20% κωκ, σε θερμοκρασία 1.600ºC. Σ' αυτή τη θερμοκρασία, το μείγμα ρευστοποιείται και οδηγείται σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο από τον χώρο του οποίου εξέρχεται σε μορφή λεπτών βελονών πάχους 6-8 μικρών (μ), και μήκους 3mm.[19]

Στη συνέχεια οι λεπτές αυτές βελόνες συμπλέκονται και συγκολλούνται μεταξύ τους σε μια χαλαρή πλέξη με την βοήθεια μιας συνδετικής ρητινικής ουσίας που ονομάζεται βακελλίτης, οπότε προκύπτει ένα προϊόν ελαφρύ και πορώδες με βαμβακώδη εμφάνιση. Το τελικό προϊόν είναι αποστειρωμένο.

Το υλικό αυτό έχει περίπου 92-96% πορώδες, ειδικό βάρος γύρω στα 60 - 100 Kgr/m^3 και μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα. Η χημική σύσταση του πετροβάμβακα παρουσιάζεται στον πίνακα 2.5.

Για γεωργική χρήση ο πετροβάμβακας διατίθεται τόσο σε μορφή κύβων (για προβλάστηση και παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού) όσο και σε μορφή ορθογώνιων πλακών με διαστάσεις ανάλογες με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους.

Εικόνα 2.11. Όψη πετροβάμβακα

[19] Παπαχρήστου Π., 1991. Υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών σε rockwool.

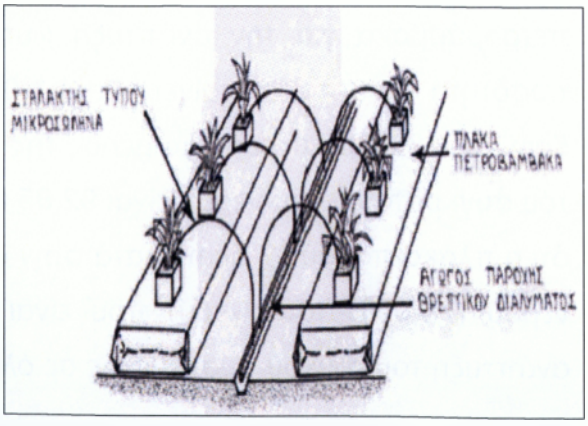
Πίνακας 2.5: Χημική σύσταση του πετροβάμβακα

SiO_2	47%
Al_2O_3	14%
TiO_2	1%
FeO_3	8%
CaO	16%
MgO	10%
Mn	10%
Na_2O	2%
K_2O	1%

Στα θερμοκήπια συνήθως χρησιμοποιούνται ορθογώνιες πλάκες (για καλλιέργεια των φυτών μετά την μεταφύτευση). Το μήκος και το πλάτος των πλακών και των κύβων επιλέγεται και ανάλογα με την διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο και κυρίως ανάλογα με τον επιζητούμενο όγκο υποστρώματος ανά φυτό. Το ύψος όμως τόσο των πλακών όσο και των κύβων εκλέγεται κυρίως με βάση τις υδραυλικές ιδιότητες του υλικού. [20]

Χημικά ο πετροβάμβακας συνίσταται από οξείδια διαφόρων ανόργανων στοιχείων και κυρίως του πυριτίου, του ασβεστίου, του σιδήρου, του μαγνησίου και του αργιλίου.

Τα οξείδια που συμμετέχουν στην σύνθεση του πετροβάμβακα είναι πρακτικά αδιάλυτα όταν το pH του θρεπτικού διαλύματος κυμαίνεται μεταξύ 5,5-6,5. Εκτός αυτού, κανένα από τα προαναφερθέντα οξείδια δεν φέρει θέσεις ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων όπως τα



Εικόνα 2.12. Σχηματική απεικόνιση καλλιέργειας σε πετροβάμβακα

[20] Still, S.M., 1994. Manual of herbaceous ornamental plants. Stipes Publishing L.L.C.

κολλοειδή του εδάφους και επομένως ο πετροβάμβακας στερείται ανταλλακτικής ικανότητος. Γι΄ αυτό το λόγο ο πετροβάμβακας θεωρείται ότι είναι ένα χημικά αδρανές υλικό. Έτσι η θρέψη των φυτών μπορεί να ελέγχεται και να ρυθμίζεται πλήρως μέσω της χορήγησης θρεπτικού διαλύματος κατάλληλης σύστασης.

Μολονότι ο πετροβάμβακας σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας συμπεριφέρεται ως ένα χημικά αδρανές υλικό, κατά την αρχική του διαβροχή με θρεπτικό διάλυμα η τιμή του pH ανυψώνεται κατά 1-2 μονάδες.

Για το λόγο αυτό η τιμή του pH του θρεπτικού διαλύματος κατά την αρχική διαβροχή των πλακών του πετροβάμβακα θα πρέπει να είναι χαμηλότερη (pH περίπου 4,5-5,0) από την τιμή που θα έχει αργότερα (5,5-5,7), όταν δηλαδή τοποθετηθούν τα φυτά πάνω του. Με τον τρόπο αυτό, η τιμή του pH μέσα στις πλάκες του πετροβάμβακα γίνεται κατορθωτό να συγκρατηθεί μεταξύ 6,0-6,5.[21]

Εικόνα 2.13. Πλάκες πετροβάμβακα

Μία πλάκα πάχους 7.5cm, που είναι το συνηθισμένο πάχος των πλακών πετροβάμβακα για την ανάπτυξη φυτών, εξασφαλίζει για το φυτό ικανή ποσότητα αέρα που κυμαίνεται από 4,00% στη βάση, 11,00% στο ύψος των 5cm και 18,00% στο επάνω μέρος της πλάκας, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό του συγκρατούμενου νερού είναι 92,85 και 78,00% αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι η πλάκα πάχους 7,5cm κρατά στην άνω επιφάνειά της, μεγάλη ποσότητα νερού (78,00% τον όγκου) που είναι ένας βασικός παράγοντας για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος σε όλο το πάχος της πλάκας.

Κατά συνέπεια ο πετροβάμβακας θα πρέπει στο μικρό πάχος των πλακών (7,5-10cm συνήθως) να εξασφαλίζει την απαραίτητη, για το φυτό, αναλογία νερού και αέρα, κρατώντας ικανή την ποσότητα αυτών, για να διευκολύνεται

[21] Savvas, D., 2002b. Automated replenishment of recycled greenhouse effluents with individual nutrients in hydroponics by means of two alternative models. Biosystems Engineering

η ανάπτυξη τον ριζικού συστήματος των φυτών. Ταυτόχρονα όμως ο πετροβάμβακας θα πρέπει να έχει την ικανότητα να μετακινεί νερό από τα πλούσια σ' αυτό χαμηλά στρώματα στα φτωχά στρώματα της επιφάνειας, με την τριχοειδή αναρρόφηση. Ακόμη θα πρέπει να εξασφαλίζεται και η οριζόντια μετακίνηση του νερού δεδομένου ότι οι σταλάκτες είναι συνήθως ένας ανά φυτό.[22]

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του πετροβάμβακα αναλύονται παρακάτω:

1. Το **pH** κυμαίνεται μεταξύ του 7,00 και 8,50. Η διόρθωσή του όμως κοντά στο 6,00 μπορεί να γίνει με τη βοήθεια του θρεπτικού διαλύματος.
2. Η **Ε.C** του πετροβάμβακα είναι πρακτικά μηδέν και κατά τη χρήση του επηρεάζεται από την Ε.C του χρησιμοποιούμενου διαλύματος.

Ο πετροβάμβακας παράγεται σε διάφορους τύπους, με σκοπό τη κάλυψη όλων των μορφών των αναγκών. Οι πλάκες ανάπτυξης για την καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών έχουν σχεδιαστεί για μακρά περίοδο χρήσης. Αυτές οι πλάκες έχουν μεγαλύτερη ομοιομορφία, καλύτερης ποιότητας ίνες και καλύτερη δομική σταθερότητα. Διατίθενται καλυμμένες με ασπρόμαυρο πλαστικό ή ακάλυπτες.

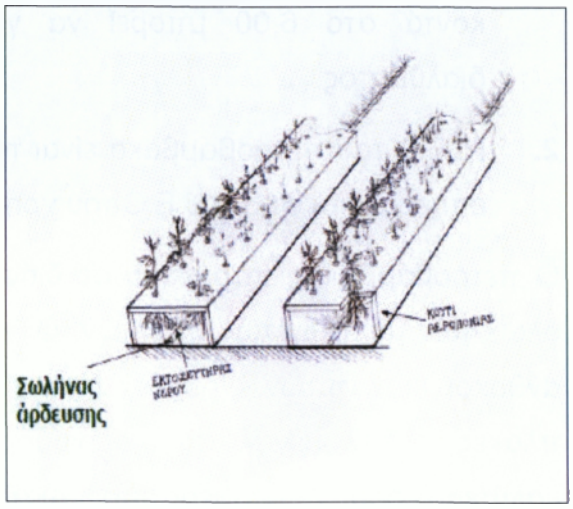
[22] Χριστοδούλου Α., 1995. Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε διάφορα υποστρώματα σε κανάλια εντός εδάφους.

2.4. Συστήματα χωρίς την χρήση υποστρωμάτων

α. 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. [23]

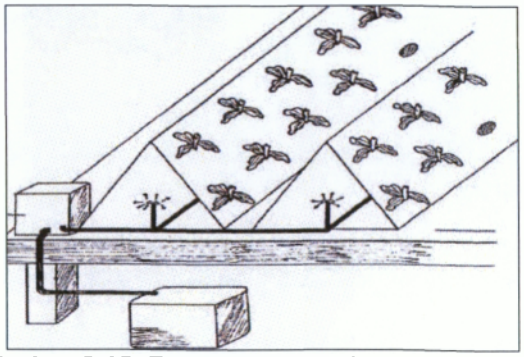
Κατ' αυτόν τον τρόπο η ρίζα του φυτού παραμένει συνεχώς υγρή και μπορεί να απορροφά από το διάλυμα που ψεκάζεται πάνω της τόσο νερό όσο και θρεπτικά στοιχεία. Το θρεπτικό διάλυμα που δεν απορροφάται από τις ρίζες των φυτών αλλά αποστραγγίζει μετά από κάθε ψεκασμό, συνήθως συλλέγεται και ανακυκλώνεται.



Εικόνα 2.14. Σχηματική απεικόνιση συστήματος αεροπονίας

Η ύπαρξη ανοιχτών αεροπονικών συστημάτων είναι επίσης δυνατή. Στην περίπτωση αυτή όμως είναι αναπόφευκτη η σπατάλη νερού και λιπασμάτων. Η συλλογή του απορρέοντος διαλύματος γίνεται με την βοήθεια υδρορροών, οι οποίες το οδηγούν σε μία κεντρική δεξαμενή συγκέντρωσης.

Από εκεί μπορεί να επαναπροωθείται απευθείας στα φυτά αφού πρώτα συμπληρωθεί με νερό και θρεπτικά στοιχεία.



Εικόνα 2.15. Σχηματική απεικόνιση συστήματος αεροπονίας

[23] Μπάδα Κ., 2001. N.F.T.-Αεροπονία:

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

Εικόνα 2.16. Καλλιέργεια μαρουλιού με σύστημα NFT σε πυραμίδα

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 μίκτης των λιπασμάτων είτε κάποια ακροφύσια ψεκασμού παρουσιάσουν βλάβη με συνέπεια να διακοπεί για σημαντικό χρονικό διάστημα ο ψεκασμός των ριζών των φυτών με θρεπτικό διάλυμα.

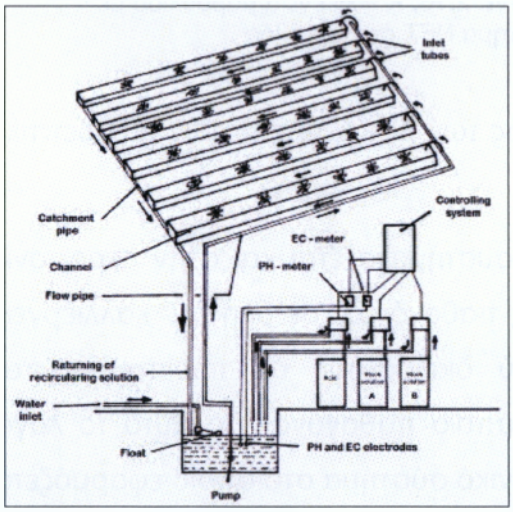
Όπως σε όλα τα κλειστά υδροπονικά συστήματα έτσι και στην αεροπονία είναι αυξημένος ο κίνδυνος εξάπλωσης παθογόνων σε όλη την καλλιέργεια μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος σε περίπτωση που προσβληθεί έστω και ένα φυτό από κάποιο παθογόνο. Για αυτό το λόγο, όταν τα φυτά καλλιεργούνται σε αεροπονικό σύστημα στο οποίο εφαρμόζεται ανακύκλωση, είναι σκόπιμη η χρησιμοποίηση κάποιας εγκατάστασης για την απολύμανση του επαναχρησιμοποιούμενου θρεπτικού διαλύματος[24].

[24] Boodley, J.W., 1998. The Commercial Greenhouse. 2nd Edition., Delmar Publishers, USA.

β. NFT

Το σύστημα ***NFT*** (Nutrient Film Technique = Τεχνική Λεπτής Θρεπτικής Στοιβάδας) είναι μία υδροπονική μέθοδος καλλιέργειας φυτών, στην οποία δεν γίνεται καθόλου χρήση στερεού υποστρώματος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, το οποίο όμως είναι τρεχούμενο. [25]

Το NFT είναι ένα κλειστό υδροπονικό σύστημα, δεδομένου ότι το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται συνεχώς και επαναχρησιμοποιείται. Μία εγκατάσταση NFT αποτελείται από ένα σύστημα παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών (καναλιών), μέσα στις οποίες κυλάει θρεπτικό διάλυμα με ρυθμό ροής περίπου 2 - 3 λίτρων ανά ώρα (l/h), από το σύστημα παρασκευής και διανομής του θρεπτικού διαλύματος στις υδρορροές, καθώς και από τις εγκαταστάσεις συλλογής του διαλύματος από τις υδρορροές και ανακύκλωσής του.



Εικόνα 2.17. Σύστημα NFT

Εικόνα 2.18. Σύστημα NFT

Μέσα σε κάθε υδρορροή τοποθετούνται τα φυτά σε καθορισμένες αποστάσεις μεταξύ τους. Οι υδρορροές συνήθως είναι κατασκευασμένες από σκληρό πλαστικό πολυαιθυλένιο, ή από PVC, ή από άλλη πλαστική ύλη ή ακόμη και από γαλβανισμένο μέταλλο. Έχουν πλάτος 15 - 30 cm ανάλογα με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού. Οι αποστάσεις μεταξύ των παράλληλα τοποθετημένων υδρορροών αντιστοιχούν στις αποστάσεις

[25] Μαυρογιαννόπουλος, Γεώργιος Ν., 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα.

μεταξύ των γραμμών φύτευσης που επιλέγονται να εφαρμοσθούν στην εκάστοτε καλλιέργεια. Για να είναι δυνατή η ροή του διαλύματος μέσα στις υδρορροές, αυτές θα πρέπει να έχουν μια κλίση γύρω στο 1,5 - 2% κατά μήκος.

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

Εκεί, το συλλεχθέν διάλυμα συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία ώστε να αποκτήσει ξανά τις επιθυμητές τιμές pH και ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ξαναχρησιμοποιείται[26].

Εικόνα 2.19. Ριζικό σύστημα μέσα σε κανάλι

[26] Boodley, J.W., 1998. The Commercial Greenhouse. 2nd Edition., Delmar Publishers, USA.

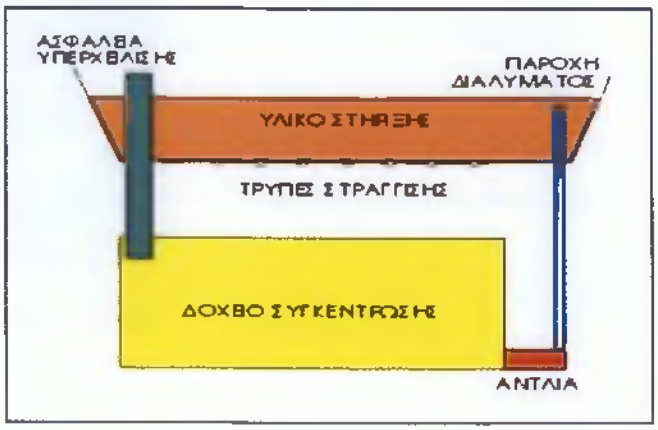
γ. EBB/FLOW (Fill & Drain - Γέμισμα και άδειασμα)

Το σύστημα αυτό πήρε το όνομά του από τον τρόπο λειτουργίας του. Ειδικά δοχεία που περιέχουν το υλικό στήριξης "*φιλοξενούν*" τα φυτά.

Τα δοχεία είναι διαμορφωμένα έτσι ώστε να εξυπηρετούν την λειτουργία του συστήματος και διαθέτουν τρύπες στράγγισης στο κάτω μέρος τους, μια παροχή θρεπτικού διαλύματος στο επιθυμητό ύψος ενώ μια ακόμα τρύπα πιο ψηλά μας εξασφαλίζει από περίπτωση υπερχείλισης. Η παροχή στο σύστημα αυτό γίνεται μόνο με αντλία σε αντίθεση με το N.F.T που μπορεί να λειτουργεί και με βαρύτητα. Σε τακτά χρονικά διαστήματα η αντλία στέλνει θρεπτικό μείγμα στο δοχείο έως ότου φτάσει την επιθυμητή στάθμη και μετά σταματά. Το θρεπτικό διάλυμα διαφεύγει από τις τρύπες στράγγισης σιγά - σιγά και επιστρέφει στο δοχείο συγκέντρωσης.

Εικόνα 2.20. Σύστημα EBB/FLOW

Όσο το θρεπτικό διάλυμα βρίσκεται μέσα στο δοχείο τα φυτά απορροφούν στοιχεία. Η διαφυγή του νερού όμως προς τα κάτω προκαλεί την είσοδο αέρα από την πάνω πλευρά. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται και ο αερισμός των ριζών. [27]



Εικόνα 2.21. Σχηματική απεικόνιση EBB/FLOW

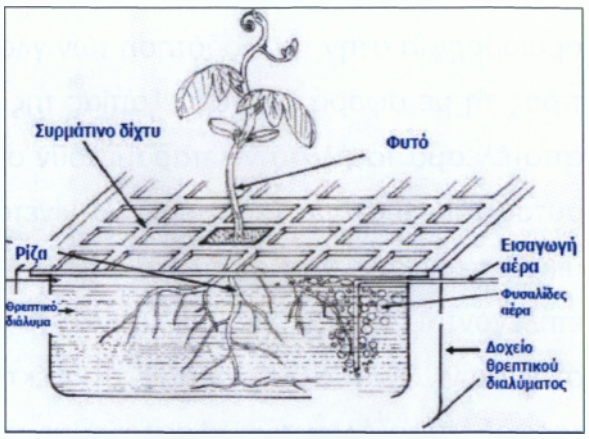
[27] Μανιός Θ., 2006. Εργαστήριο υποστρωμάτων και συστημάτων καλλιεργειών εκτός εδάφους.

Οι υπόλοιπες λειτουργίες όπως η ανακύκλωση εμπλουτισμός και θέρμανση του διαλύματος είναι ίδιες με το N.F.T γίνονται δηλαδή μέσα στο δοχείο συγκέντρωσης και το διάλυμα ξαναχρησιμοποιείτε.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι το χαμηλό κόστος και η ομοιομορφία στην τροφοδότηση των γλαστρών με νερό. Μειονεκτεί όμως ως προς τη μεταφορά αλάτων εξαιτίας της τριχοειδής ανύψωσης του νερού με αποτέλεσμα τα άλατα να παραμένουν στο ριζόστρωμα. Γι' αυτό η εφαρμογή αυτού του συστήματος πρέπει να γίνεται μόνο όταν το διαθέσιμο νερό έχει μικρή περιεκτικότητα σε άλατα και NaCl, ενώ στην υδρολίπανση πρέπει να επιλέγονται προσεχτικά οι συγκεντρώσεις των κατάλληλων θρεπτικών στοιχείων. Ένα άλλο επίσης μειονέκτημα είναι ότι για την ομοιόμορφη τροφοδότηση όλον των γλαστρών με νερό, το τραπέζι καλλιέργειας πρέπει να είναι τοποθετημένο τελείως επίπεδα, ενώ κατά την αποστράγγιση θα πρέπει να υπάρχει κλίση για την απομάκρυνση του νερού. Για την αντιμετώπιση αυτών τον προβλημάτων πρέπει το τραπέζι καλλιέργειας να έχει περισσότερα από ένα επίπεδα καθώς και κανάλια αποστράγγισης με κλίση.

δ. Τελάρα πολυουρεθανίου για επιπλέουσα υδροπονία.

Η μέθοδος αυτή αφορά την παραγωγή σποροφύτων σε θερμοκήπια με υψηλή ή χαμηλή κάλυψη μέσα σε λεκάνες με νερό, όπου έχουν προστεθεί οι θρεπτικές ουσίες.[28] Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία του συστήματος είναι η επιφάνεια του εδάφους να είναι επίπεδη. Στο κέντρο του θερμοκηπίου πρέπει να υπάρχει διάδρομος. Το μήκος καθώς και το πλάτος των λεκανών εξαρτάται από τον αριθμό των τελάρων.



Εικόνα 2.22. Απεικόνιση Float System

Αυτά θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εφαρμόζουν μεταξύ τους και να μην αφήνουν κενά τα οποία θα ευνοήσουν τη δημιουργία βρύων στο νερό. Τα πλευρικά τοιχώματα των λεκανών πρέπει να διαθέτουν επικάλυψη με ειδικό μαύρο πλαστικό. Στο νερό επιπλέουν τελάρα πολυουρεθανίου ή πολυστερόλης με κυψελίδες, που είναι τρυπημένες στο κάτω μέρος, έτσι ώστε να επιτρέπουν στις ρίζες να έρχονται σε επαφή με το υδάτινο διάλυμα. [29]

Εικόνα 2.23. Υποδοχέας για Float System

Η κάθε κυψελίδα γεμίζεται με ειδική τύρφη και τοποθετείται από την αρχή ένας σπόρος (κατά προτίμηση κουφετοποιημένος). Τα τελάρα θα πρέπει να αντικαθίστανται κάθε χρόνο, επειδή όμως αυτό δεν είναι εφικτό λόγω του μεγάλου κόστους, θα πρέπει τα επαναχρησιμοποιούμενα τελάρα να πλένονται και κατόπιν να απολυμαίνονται καλά.

---

[28] Ντζάνης Η. 2003. Παραγωγή καπνοφυταρίων Βιρτζίνια με το υδροπονικό Σύστημα Επίπλευσης (Float System).

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

2.5. Υποδοχείς υποστρωμάτων

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται σήμερα στις διάφορες υδροπονικές καλλιέργειες με υποστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής: [30]

- Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growth bags).
- Υποδοχείς κατακόρυφης τοποθέτησης.
- Υποδοχείς από πετροβάμβακα (rockwool).
- Υποδοχείς για NFT.
- Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών.
- Υποδοχείς για αεροπονία.

♦ Πλαστικοί σάκοι διαφόρων μεγεθών (growth bags).

Το πλαστικό πολυαιθυλένιο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των σάκων είναι απαραίτητα μαύρο από την μια πλευρά και γαλακτώδες από την άλλη. Σε αυτή την ομάδα των υποδοχέων διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις: [31]

♦ ***Σάκοι μικρού αριθμού φυτών:***

Το πλαστικό είναι διαμορφωμένο σε σωλήνα πλάτους 30 - 40 cm (συμπιεσμένος), με το γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά. Το μήκος του κάθε σάκου είναι γύρω στο 1 έως 1,5 μέτρο για δύο έως τρία φυτά.

♦ ***Σάκοι μεγάλου μήκους οριζόντιας τοποθέτησης:***

Το μήκος τους μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 μέτρα. Για την διαμόρφωση αυτών των σάκων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου, αντί σωλήνα, πλάτους γύρω στα 70cm. Η διαμόρφωση του σάκου γίνεται με την συρραφή των δύο κατά μήκος άκρων του φύλλου του πλαστικού, αφού προηγουμένως τοποθετηθεί σε αυτό το επιθυμητό υπόστρωμα.

---

[30] Χριστοδούλου Α., 1995. Υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε διάφορα υποστρώματα σε κανάλια εντός εδάφους.
[31] Καταπόδης Η. 2004. Καλλιέργεια σε σάκους περλίτη- Καλλιέργεια σε κύβους πετροβάμβακα

Οι έτοιμοι σάκοι τοποθετούνται πάνω σε πλάκες από φελιζόλ και τσιμεντόλιθους για την δημιουργία κλίσης 1,5%,προκειμένου να διευκολύνεται η απορροή του αρδευτικού διαλύματος. [32]

Εικόνα 2.24. Σάκοι περλίτη μήκους 1.00 m 1

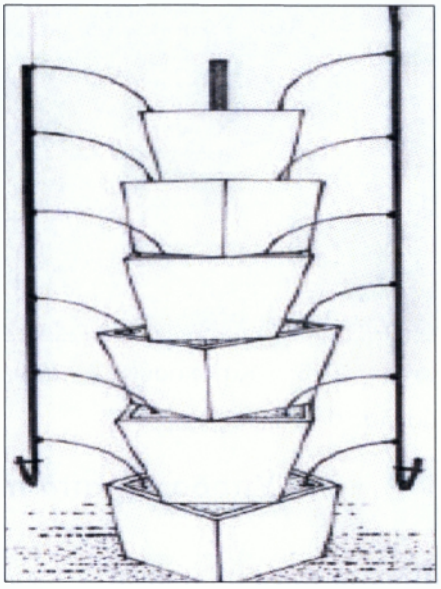
[32] Χανιωτάκης Α., 2006. Επίδραση της θέρμανσης του υποστρώματος σε διάφορους τύπους υποδοχέων στην υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς για δρεπτό άνθος.

- ***Υποδοχείς κατακόρυφης τοποθέτησης.***

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

α) **Μαλακοί πλαστικοί σωλήνες πολυαιθυλενίου**, διαμέτρου γύρω στα 16cm, με γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά και μαύρο εσωτερικά. Το πάχος του πολυαιθυλενίου είναι συνήθως γύρω στα 200 μικρά (0,2 mm).

β) **Γλάστρα από διογκωμένη πολυστερίνη**, τετράγωνης διατομής, με ακμή κορυφής εξωτερικά 10,75cm, πάτου 12,30cm και ύψους 20,50cm.

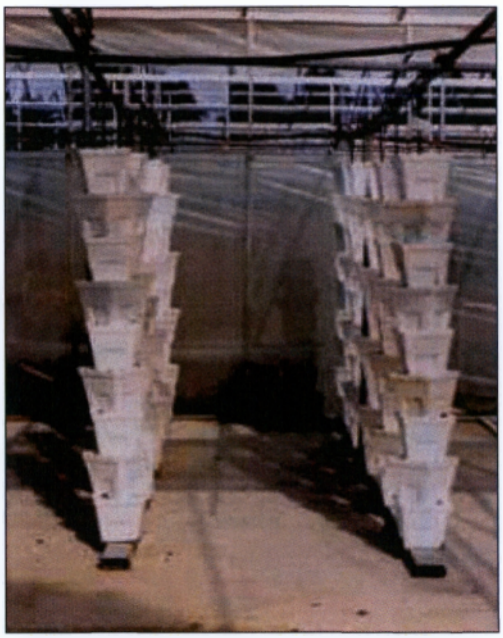


Εικόνα 2.25. Κατακόρυφες στήλες

Το πάχος των τοιχωμάτων της (διογκωμένης πολυστερίνης) είναι 2cm. Με βάση τις ανωτέρω διαστάσεις της γλάστρας η χωρητικότητα της φτάνει τα 3,31lit. Στον πάτο της η γλάστρα φέρει μία τρύπα στο κέντρο, διαμέτρου 1,5cm και τέσσερις τρύπες, διαμέτρου 0,5cm η καθεμία, περιφερειακά της μεγάλης. Στη μέση της κάθε ακμής της κορυφής υπάρχει τριγωνική εγκοπή, κατάλληλα διαμορφωμένη ώστε να είναι δυνατή η προσαρμογή του πάτου της επόμενης γλάστρας σε σταυροειδή τοποθέτηση κι έτσι με την τοποθέτηση της μιας γλάστρας να διαμορφώνεται η άλλη. [33]

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

Εικόνα 2.26. Κατακόρυφη καλλιέργεια φράουλας σε σάκους .



Εικόνα 2.27. Κατακόρυφες στήλες από γλάστρες φελιζόλ.

- **Υποδοχείς από πετροβάμβακα (rockwool).**

Διατίθεται τόσο σε μορφή κύβων (για προβλάστηση και παραγωγή πολλαπλ/στικού υλικού) (Εικ.2.32) όσο και σε μορφή ορθογώνιων πλακών με διαστάσεις ανάλογες με το είδος του φυτού που πρόκειται να καλλιεργηθεί πάνω τους.[34]

Εικόνα 2.28. Κύβος και πλάκα πετροβάμβακα

Επιπλέον, το μήκος και το πλάτος των πλακών και των κύβων επιλέγεται και ανάλογα με την διάταξη των φυτών στο θερμοκήπιο και κυρίως ανάλογα με τον επιζητούμενο όγκο υποστρώματος ανά φυτό. Το ύψος όμως τόσο των πλακών όσο και των κύβων εκλέγεται κυρίως με βάση τις υδραυλικές ιδιότητες του υλικού. [35]

[34] Καταπόδης Η. 2004. Καλλιέργεια σε σάκους περλίτη- Καλλιέργεια σε κύβους πετροβάμβακα:
[35] Παπαχρήστου Π., 1991. Υδροπονική καλλιέργεια ανθοκομικών φυτών σε rockwool.

Εικόνα2.29. Υποδοχείς από πετροβάμβακα.

- **Υποδοχείς για NFT.**

Οι υποδοχείς που χρησιμοποιούνται για το θρεπτικό διάλυμα του N.F.T. είναι διάφορων τύπων. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι οι ακόλουθοι:

Κανάλια πλαστικού πολυαιθυλενίου

Το πλαστικό είναι δίχρωμο με το γαλακτώδες χρώμα εξωτερικά και μαύρο εσωτερικά. Το πλαστικό αυτό κανάλι συνήθως στηρίζεται πάνω σε κατάλληλη ανοξείδωτη λαμαρινοκατασκεύη ή ακόμα τοποθετείται επί τσιμεντένιου δαπέδου.

Εικόνα 2.30. Κανάλια

Σταθερού σχήματος κανάλια

Σε αυτή την κατηγορία μπορούν να καταταχθούν οι κάθε είδους αγωγοί από σκληρό πλαστικό (P.V.C., πολυαιθυλένιο) με σταθερό σχήμα που μπορεί να είναι ορθογώνιας ή κυκλικής τομής.

Τέτοια υλικά είναι οι διάφοροι σωλήνες αποχέτευσης, ορθογώνιες κλειστές υδρορροές, οι ανοιχτές υδρορροές κ. α.

Εικόνα 2.31. Μεταλλική κατασκευή για την καλλιέργεια σε μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (N.F.T.).

Κανάλια στο έδαφος ή υπεράνω του εδάφους με επένδυση πλαστικού

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

- **Γλάστρες από διάφορα υλικά και διαφόρων μεγεθών.**

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

1. Γλάστρες από *πλαστικό υλικό* το οποίο είναι διάτρητο προσφέροντας καλό αερισμό στο ριζικό σύστημα του φυτού (Net pots).
2. Γλάστρες από *πεπιεσμένο coco soil*, προσφέρουν καλό αερισμό και το υλικό κατασκευής είναι φιλικό προς το περιβάλλον (Coco pots).
3. Γλάστρες σε *σχήμα κώνου*. Προσφέρουν καλύτερη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.
4. *Κουτιά πολυεστέρα* (φελιζολ)

Εικ. 2.27 Γλαστράκι Net Pot.

Εικ. 2.28 Γλαστράκι Coco Pots.

- **Υποδοχείς για αεροπονία.**

Στις αεροπονικές μεθόδους καλλιέργειας το θρεπτικό διάλυμα ψεκάζεται με ακροφύσια πάνω στο αναπτυσσόμενο ριζικό σύστημα το οποίο βρίσκεται μέσα σε υποδοχείς που μπορεί να είναι κενά κιβώτια ή φυτοδοχεία ή πλάκες από φελιζόλ (ψαροκασέλες), έτσι ώστε ο χώρος να είναι συνεχώς κορεσμένος σε υγρασία. Είναι σημαντικό στο διάκενο των υποδοχέων μέσα στο οποίο βρίσκεται το ριζικό σύστημα να επικρατεί σκοτάδι για την αποφυγή ανάπτυξης αλγών. [36]

Εικόνα 2.36. Ριζικό σύστημα όπου υποδοχέας είναι πλάκες από φελιζόλ.

[36] Μπάδα Κ., 2001. Ν.Φ.Τ. - Αεροπονία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΘΡΕΨΗ ΦΥΤΩΝ

3.1. Εισαγωγή

Τα ανώτερα φυτά έχουν ανάγκη από 16 χημικά στοιχεία για να αναπτυχθούν και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο. Από τα στοιχεία αυτά, τα 9 είναι απαραίτητα σε μεγάλες ποσότητες και ονομάζονται μακροστοιχεία ενώ τα υπόλοιπα 7 είναι απαραίτητα μόνο σε ίχνη, δηλαδή σε πολύ μικρότερες ποσότητες σε σχέση με τα μακροστοιχεία και γι' αυτό ονομάζονται ιχνοστοιχεία. Τα μακροστοιχεία είναι ο άνθρακας (C), το οξυγόνο (O), το υδρογόνο (H), το άζωτο (N), ο φώσφορος (P), το θείο (S), το κάλιο (K), το ασβέστιο (Ca), και το μαγνήσιο (Mg). Τα ιχνοστοιχεία είναι ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn) ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu) το βόριο (B), το μολυβδαίνιο (Mo) και το χλώριο (Cl).

Εκτός από τον άνθρακα, όλα τα άλλα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα στα φυτά περιέχονται σε διαλυμένη μορφή στο νερό του εδάφους και από εκεί προσλαμβάνονται από τις ρίζες. Αν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία προστεθούν σε νερό σε κατάλληλες ποσότητες, προκύπτει ένα υδατικό διάλυμα το οποίο καλείται θρεπτικό διάλυμα γιατί μπορεί να καλύψει πλήρως τις θρεπτικές ανάγκες των φυτών.[37], [38]

3.2. Θρεπτικό Διάλυμα

Θρεπτικό διάλυμα είναι ένα αραιό υδατικό διάλυμα όλων των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για τα φυτά, τα οποία βρίσκονται διαλυμένα στο νερό:

- είτε ως ιόντα ανόργανων αλάτων
- είτε ως ευδιάλυτες ανόργανες χημικές ενώσεις
- είτε ως ευδιάλυτες οργανικές χημικές ενώσεις.

---

[37] Savvas, D., 2002a. Nutrient solution recycling. In: Savvas, D., and H.C. Passam (Eds). Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece: pp. 299-343.
[38] Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher plants. Academic Press, London.

Για να παρασκευασθεί ένα θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει αρχικά να καθορισθεί πλήρως η επιθυμητή του σύνθεση με βάση είτε τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του συγκεκριμένου φυτού σε θρεπτικά στοιχεία είτε συγκεκριμένες ερευνητικές ή άλλες σκοπιμότητες. Η σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος είναι ορισμένη όταν έχουν καθοριστεί επιθυμητές τιμές (τιμές-στόχοι) για τα παρακάτω χαρακτηριστικά του θρεπτικού διαλύματος: [39]

i. *Η **ηλεκτρική αγωγιμότητα*** (EC) ως μέτρο της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα.

ii. Η τιμή ***pH*** στο θρεπτικό διάλυμα.

iii. Τα επίπεδα K, Ca και Mg στο θρεπτικό διάλυμα, για τον καθορισμό των οποίων υπάρχουν δύο εναλλακτικές επιλογές:

   a. Αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol),

   b. Συγκεντρώσεις (mmol/L) για το καθένα από τα τρία μακροκατιόντα,

iv. Το επίπεδο αζώτου που μπορεί να γίνει με δύο εναλλακτικούς τρόπους:

   a. Η αναλογία ολικού αζώτου προς κάλιο, δηλ. N:K (R, mol/mol) και αναλογίας αμμωνιακού προς συνολικό άζωτο (Nr, mol/mol),

   b. Η αναλογία ολικού αζώτου προς κάλιο (R, mol/mol) και συγκεκριμένης συγκέντρωσης (mmol/L) αμμωνιακού αζώτου (NH4-N),

v. Η επιθυμητή συγκέντρωση (mmol/L) νιτρικού αζώτου (NO_3-N) και αναλογίας αμμωνιακού προς συνολικό άζωτο (Nr, mol/mol),

vi. Οι επιθυμητές συγκεντρώσεις (mmol/L) τόσο για το νιτρικό (NO_3-N) όσο και για το αμμωνιακό άζωτο (NH_4-N),

vii. Η συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων (H_2PO_4- σε mmol/L),

---

[39] Savvas, D., 2001. Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants in Hydroponics. In: Dris, R. Niskanen, R., and S.M. Jain (Eds). Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I: Quality Management. Science Publishers, Enfield, N.H., U.S.A.: pp. 37-87.

viii. Οι συγκεντρώσεις (μmol/L) ιχνοστοιχείων ([G]tj, όπου j = Fe, Mn, Zn, Cu, B και Mo).

Εκτός από τις παραπάνω τιμές που είναι επιλεγόμενες, για να υπολογισθούν οι ποσότητες των λιπασμάτων που είναι αναγκαίες για την παρασκευή του συγκεκριμένου θρεπτικού διαλύματος πρέπει να είναι γνωστά και τα εξής δεδομένα:

1) Η περιεκτικότητα του νερού σε όλα τα ανόργανα διαλυτά συστατικά που σχετίζονται με την θρέψη του φυτού,
2) Το pH του νερού,
3) Η % περιεκτικότητα του χηλικού σιδήρου σε ανόργανο Fe (PFe),
4) Το επιθυμητό λίπασμα για την προσθήκη ορισμένων θρεπτικών στοιχείων.

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον άνθρακα τον οποίο η καλλιέργεια τον προσλαμβάνει από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής. Το χλώριο εμπεριέχεται σχεδόν πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Επομένως μόνο τα 12 από τα 16 απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών χημικά στοιχεία, δηλ. τα μακροστοιχεία N, P, S, K, Ca και Mg και τα ιχνοστοιχεία Fe, Mn, Zn, Cu, B, και Mo πρέπει να προστίθενται στο νερό από τον παρασκευαστή του θρεπτικού διαλύματος. [40]

[40] Savvas, D., 2001. Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants in Hydroponics. In: Dris, R. Niskanen, R., and S.M. Jain (Eds). Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I: Quality Management. Science Publishers, Enfield, N.H., U.S.A.: pp. 37-87.

3.3. Λιπάσματα τα οποία χρησιμοποιούνται

Για να προστεθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά υδατοδιαλυτά άλατα καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χηλικές ενώσεις σιδήρου). Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες παρατίθενται στον σχετικό πίνακα(πίνακας 3.1). Όπως φαίνεται στον πίνακα, τα χρησιμοποιούμενα στην υδροπονία απλά υδατοδιαλυτά λιπάσματα συνίστανται μόνο από μία χημική ένωση (με εξαίρεση το νιτρικό ασβέστιο), συνοδευόμενη συνήθως και από νερό, είτε σε κρυσταλλική μορφή (άλατα), είτε ως διαλύτη (οξέα με περιεκτικότητα χαμηλότερη από 100%). Επομένως, επιλέγοντας κάθε φορά κατάλληλες αναλογίες ανάμειξης ορισμένων από αυτά τα λιπάσματα, είναι δυνατόν να παρασκευασθεί ένα πλήρες θρεπτικό διάλυμα με εξατομικευμένες σε μία δεδομένη καλλιέργεια αναλογίες και περιεκτικότητες σε θρεπτικά στοιχεία[41].

Όλα σχεδόν τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται ως πηγές μακροστοιχείων κατά την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων αποτελούνται από δύο ιόντα θρεπτικών στοιχείων, ένα κατιόν και ένα ανιόν. Υδατοδιαλυτά άλατα, των οποίων το ένα ιόν είναι θρεπτικό μακροστοιχείο ενώ το άλλο όχι (π.χ. KCl, $NaNO_3$, κ.λπ.) δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν ποτέ ως λιπάσματα μακροστοιχείων στην υδροπονία, λόγω της επιβάρυνσης του διαλύματος με ένα ανεπιθύμητο ιόν σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις. Μία εξαίρεση μπορεί να θεωρηθεί ότι συνιστά το $KHCO_3$, το οποίο χρησιμοποιείται σε ορισμένες σπάνιες περιπτώσεις που απαιτείται η ανύψωση του pH του διαλύματος στον χώρο των ριζών. Αντίθετα, για τα ιχνοστοιχεία δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα, δεδομένου ότι οι ποσότητες λιπασμάτων ιχνοστοιχείων που προστίθενται στο διάλυμα είναι πολύ χαμηλές.

Επομένως, το συνοδό ιόν (δηλαδή αυτό που δεν περιέχει το επιζητούμενο ιχνοστοιχείο) των χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται για την

---

[41] Σάββας, Δ., 2003. Παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες. Σημειώσεις για το εργαστήριο του μαθήματος «Θρέψη Φυτών». Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα, σελ. 36.

προσθήκη κάποιου ιχνοστοιχείου σε ένα θρεπτικό διάλυμα δεν είναι απαραίτητο να είναι και αυτό ιόν θρεπτικού στοιχείου. Μπορεί, χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα, να είναι κάποιο άλλο ιόν (π.χ. Na+) αρκεί σε χαμηλές συγκεντρώσεις ανάλογες με αυτές των ιχνοστοιχείων να μην είναι τοξικό για τα φυτά, όπως συμβαίνει π.χ. με το Na+[42].

[42] Υπουργείο Γεωργίας (1981). Βοηθητικοί πίνακες για την οικονομική ανάλυση στοιχείων των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Διεύθυνση Γεωργικής Εκπ/σεως και Πληροφοριών, Νοέμβριος 1981

Πίνακας 3.1. Συνοπτική περιγραφή απλών υδατοδιαλυτών λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων στην υδροπονία.

Λίπασμα	Χημικός Τύπος	Θρεπτικά Στοιχεία (%)	Μοριακό Βάρος	Διαλυτότητα (kg/l, 0°C)
Νιτρικό Αμμώνιο	NH_4NO_3	N: 35	80,0	1,18
Νιτρικό Ασβέστιο	$5[Ca(NO_3)_2.2H_2O]NH_4NO_3$	N: 15,5, Ca: 19	1080,5	1,02
Νιτρικό Κάλιο	KNO_3	N: 13, K: 38	101,1	0,13
Νιτρικό Μαγνήσιο	$Mg(NO_3)2 . 6H_2O$	N: 11, Mg: 9	256,3	2,79 (20o C)
Νιτρικό Οξύ	HNO_3	N: 22	63,0	_
Φωσφορικό Μονοαμμώνιο	NH_4H2PO_4	N: 12, P: 27	115,0	0,23
Φωσφορικό Μονοκάλιο	KH_2PO_4	P: 23, K: 28	136,1	1,67
Φωσφορικό Οξύ	H_3PO_4	P: 32	98,0	_
Θειικό Κάλιο	K_2SO_4	K: 45, S: 18	174,3	0,12
Θειικό Μαγνήσιο	$MgSO_4 . 7H_2O$	Mg: 9,7, S: 13	246,3	0,26
Ανθρακικό Μονοκάλιο	$KHCO_3$	K: 39	100,1	1,12
Χειλικός Σίδηρος	Διαφόρων τύπων	Fe: 6 _ 13	_	_
Θειικό Μαγγάνιο	$MnSO_4 . H_2O$	Mn: 32	169,0	1,05
Θειικός Ψευδάργυρος	$ZnSO_4 . 7H_2O$	Zn: 23	287,5	0,62
θειικός Χαλκός	$CuSO_4 . 5H_2O$	Cu: 25	249,7	0,32
Βόρακας	$Na_2B_4O_7 . 10H_2O$	B: 11	381,2	0,016
Βορικό Οξύ	H_3BO_3	B: 17,5	61,8	0,050
Solubor	$Na_2B_8O_{13} . 4H_2O$	B: 20,5	412,4	0,045
Μολυβδαινικό Αμμώνιο	$(NH_4)6Mo_7O_{24} . 4H_2O$	Mo: 54	1235,9	0,43
Μολυβδαινικό Νάτριο	$Na_2MoO_4 . 2H_2O$	Mo: 40	241,9	0,56

3.4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα θρεπτικού διαλύματος

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity = EC) σαν φυσικό μέγεθος είναι το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, έχει δηλαδή διαστάσεις ηλεκτρικής αντίστασης ανά μονάδα μήκους. Στην πραγματικότητα πρόκειται για την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, για χάρη συντομίας όμως έχει επικρατήσει να ονομάζεται απλώς ηλεκτρική αγωγιμότητα. Σήμερα, σαν μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το dS/m (σε ορισμένα κείμενα χρησιμοποιείται το mS/cm).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σ' αυτό. Έτσι, στην περίπτωση των νερών άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων είναι μέτρο της περιεκτικότητάς τους σε θρεπτικά στοιχεία κι άλλα ανόργανα άλατα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν μας δίνει καμιά πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση. Παρ' όλα αυτά όμως στην υδροπονική πράξη η αγωγιμότητα χρησιμοποιείται τόσο κατά τον καθημερινό έλεγχο της κατάστασης του θρεπτικού διαλύματος στον χώρο του ριζικού συστήματος, όσο και για την πιστοποίηση της καταλληλότητας των νεοπαρασκευασθέντων (νωπών) διαλυμάτων, λόγω της ευκολίας με την οποία προσδιορίζεται.

Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας χαμηλότερες από ένα κατώτερο όριο υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ορισμένα τουλάχιστον θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής. Ανάλογα, πολύ υψηλές τιμές πάνω από ένα ανώτατο όριο σημαίνουν ότι η συνολική περιεκτικότητα του διαλύματος σε άλατα (θρεπτικών στοιχείων και μη) είναι τόσο μεγάλη, ώστε τα φυτά υφίστανται αλατούχο καταπόνηση ανάλογη με αυτή στην οποία είναι εκτεθειμένα όταν καλλιεργούνται σε αλατούχα εδάφη[43].

[43] Savvas, D., 2002a. Nutrient solution recycling. In: Savvas, D., and H.C. Passam (Eds). Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece: pp. 299-343.

3.5. Το pH των θρεπτικών διαλυμάτων

Το pH του θρεπτικού διαλύματος (μέτρο της περιεκτικότητάς του σε ιόντα υδρογόνου, δηλ. της ενεργού οξύτητάς του) είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητά του. Όταν το pH είναι ψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ως ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως P, Fe, Mn σε υψηλό pH), οπότε η απορρόφησή τους από τα φυτά δυσχεραίνεται, ενώ άλλα απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς (π.χ. το Mn και το αργίλιο σε χαμηλό pH). Το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται διαταραχές στην θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες κ.λ.π.). Για τα περισσότερα είδη καλλωπιστικών φυτών το pH του θρεπτικού διαλύματος στον χώρο των ριζών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,2 και 6,0[44].

[44] Savvas, D., and K. Adamidis, 2000. Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. Erratum. J. Plant Nutr. 23: 1371.

3.6. Σύστημα άρδευσης στα υδροπονικά συστήματα

3.6.1. Εισαγωγή

Τα χρησιμοποιούμενα σήμερα συστήματα άρδευσης, λίπανσης και ανακύκλωσης του θρεπτικού διαλύματος είναι διάφορου βαθμού αυτοματισμού. Χρησιμοποιούνται συστήματα που ο ανθρώπινος παράγων είναι βασικός συντελεστής λειτουργίας τούς, συστήματα με αυτοματισμούς σε κάποια από τα επιμέρους τμήματά τους και συστήματα με πλήρη και προγραμματισμένο αυτοματισμό στο σύνολό τους. [45]

Ανάλογα με την μορφή του χρησιμοποιούμενου συστήματος (ανοικτό ή κλειστό) το είδος της καλλιέργειας, το στάδιο ανάπτυξης αυτής αλλά και την εποχή του έτους καθορίζονται οι ποσότητες και η σύσταση των διαλυμάτων τα οποία θα πρέπει να παραχθούν συλλεχτούν και ανακυκλωθούν (στην περίπτωση κλειστών συστημάτων). Για λόγους εξοικονόμησης πόρων (λιπάσματα & νερό) μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται στην αποφυγή διαρροών κατά την λειτουργία του συστήματος.

Στα ανοικτά συστήματα πρέπει να απορρέει το 25 – 40% τον παρεχόμενου θρεπτικού διαλύματος ενώ στα κλειστά αυτό συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται όχι αυτούσιο, διότι λόγω της εκλεκτικής απορρόφησης των ιόντων από το ριζικό σύστημα των φυτών έχει τροποποιηθεί ως προς τη σύσταση του σε σχέση με το αρχικό. Υπάρχουν διάφορες αρχές αλλά και τεχνικές στις οποίες βασίζεται η επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος απορροής στα κλειστά συστήματα. Μπορεί να γίνεται προσθήκη νέου διαλύματος σε προκαθορισμένη αναλογία σε σχέση με την ποσότητα (σε όγκο) ή να υπάρχει διαρκής τροποποίηση της ποσότητας αυτής βασιζόμενη σε συνεχείς μετρήσεις παραμέτρων όπως το pH και η EC. Στην περίπτωση της χρησιμοποίησης κλειστών συστημάτων θα πρέπει να πραγματοποιείται «*απολύμανση*» του διαλύματος για την απαλλαγή του από ασθένειες του ριζικού συστήματος των φυτών. [46]

---

[45] Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2007. Υδροπονικές εγκαταστάσεις

[46] Μιχελάκης, Ν., 1994. Συστήματα αυτόματης άρδευσης. Άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε., Αθήνα.

Το σύστημα άρδευσης στην υδροπονική καλλιέργεια περιλαμβάνει τα ακόλουθα τμήματα:

1. Την εγκατάσταση παροχής νερού, (πηγάδι, γεώτρηση, αρ. δίκτυο, κλπ).
2. Συσκευές καθαρισμού του νερού (φίλτρα νερού).
3. Σύστημα παρασκευής και διανομής θρεπτικού διαλύματος
4. Σύστημα συγκέντρωσης απορροών.
5. Μονάδα απολύμανσης διαλύματος.

Οι σωλήνες, οι αντλίες, τα διάφορα άλλα εξαρτήματα του συστήματος κ.λ.π. που έρχονται σε επαφή με το θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να είναι από υλικά που να μη διαβρώνονται απ' αυτό. Υλικά όπως είναι το PVC και το PE είναι κατάλληλα. Μέταλλα όπως είναι ο χαλκός, ο μπρούντζος, ο ορείχαλκος, ο ψευδάργυρος ή και επιψευδαργυρομένες επιφάνειες δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο σύστημα. Ο χαλκός και ο ψευδάργυρος έχει παρατηρηθεί στην πράξη ότι προκαλούν δηλητηριάσεις στα φυτά. [47]

1) Εγκατάσταση παροχής νερού

Πολύ σημαντικός παράγοντας για την έναρξη της καλλιέργειας είναι η καλή ποιότητα του νερού άρδευσης αλλά και η εξασφάλιση επαρκής ποσότητας αυτού. Τα υλικά της εγκατάστασης (σωληνώσεις κλπ) πρέπει να μην απελευθερώνουν στο νερό ουσίες ή ιόντα (π.χ. Zn) σε συγκεντρώσεις που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην καλλιέργεια. Ανεξάρτητα από την πηγή προέλευσης του νερού αυτό θα πρέπει να έχει φυσικοχημική «*καταλληλότητα*» για χρήση στις καλλιέργειες.

2) Συσκευές καθαρισμού του νερού (φίλτρα)

Σκοπός των φίλτρων είναι ο καθαρισμός του νερού από στερεά σωματίδια όπως άμμος, άργιλος, σπόροι φυτών, μικροοργανισμοί κλπ. ώστε να μη δημιουργηθούν προβλήματα στο σύστημα παροχής του διαλύματος στα φυτά. Τα φίλτρα δεν αλλάζουν τις χημικές ιδιότητες του νερού (pH, EC κτλ) αλλά προετοιμάζουν το νερό με σκοπό την προφύλαξη στον μέγιστο δυνατό βαθμό των καλλιεργειών αλλά και του συστήματος παρασκευής και διανομής

[47] Μαυρογιαννόπουλος, Γεώργιος Ν., 1994. Υδροπονικές καλλιέργειες και θρεπτικά διαλύματα.

του θρεπτικού διαλύματος από την ύπαρξη μικροοργανισμών ή στερεών σωματιδίων στην πηγή παροχής.

3) Σύστημα παρασκευής και διανομής θρεπτικού διαλύματος

Το σύστημα παρασκευής και διανομής θρεπτικού διαλύματος αποτελείται από:

i. Τα δοχεία πυκνών διαλυμάτων

ii. Τη μονάδα αραίωσης πυκνών διαλυμάτων

iii. Το σύστημα διανομής θρεπτικού διαλύματος [48]

i. 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 ανάλογης του μεγέθους της μονάδας και των απαιτήσεων των καλλιεργειών. Στα δοχεία αυτά προστίθεται φυσικό νερό από την πηγή άρδευσης σε ποσότητα ανάλογη της χωρητικότητας τους καθώς και τα λιπάσματα τα οποία απαιτούνται για το είδος και το στάδιο της καλλιέργειας.

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία πρέπει να είναι πλήρως υδατοδιαλυτά. 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 γέμισμα του με νερό.

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. Η μεγάλη πυκνότητα των μητρικών διαλυμάτων έχει σαν αποτέλεσμα την ανάγκη για την αραίωση του πριν αυτό αποσταλεί στα φυτά.

---

[48] Reed, D.W., 1996. Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA.

Για να επιτευχθεί ο κατάλληλος συνδυασμός συγκεντρώσεων θρεπτικών στοιχείων κατά την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος κατάλληλου για την θρέψη της καλλιέργειας είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση περισσοτέρων του ενός λιπασμάτων. Ορισμένα λιπάσματα όμως δεν μπορούν να τοποθετηθούν μαζί μέσα στο ίδιο δοχείο πυκνών διαλυμάτων και να αναμειχθούν μεταξύ τους (π.χ. νιτρικά με θειικά - φωσφορικά). Γι' αυτό το λόγο διατίθενται τουλάχιστον δυο δοχεία πυκνών διαλυμάτων (δοχείο Α και δοχείο Β) ενώ κατά κανόνα υπάρχει και ένα τρίτο στο οποίο τοποθετείται συνήθως νιτρικό οξύ, για τη ρύθμιση του pH του διαλύματος. [49]

Τα δοχεία των πυκνών διαλυμάτων είναι κατασκευασμένα από πλαστικό για να αποφεύγεται η διάβρωση και η οξείδωση που μπορεί να δημιουργηθούν από τα πυκνά διαλύματα. Είναι εφοδιασμένα με σύστημα ανάδευσης για την καλύτερη διάλυση των λιπασμάτων και για εκ νέου ομογενοποίηση σε περίπτωση δημιουργίας ιζήματος.

Γενικότερα, 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. [50]

ii. Μονάδα αραίωσης πυκνών διαλυμάτων

Από τεχνικής πλευράς ένα σύγχρονο σύστημα παρασκευής θρεπτικού διαλύματος σε υδροπονική καλλιέργεια εκτός από τα δοχεία μητρικών διαλυμάτων περιλαμβάνει:

α) Το δοχείο παρασκευής του τελικού διαλύματος που προκύπτει από την ανάμειξη του νερού άρδευσης, των μητρικών διαλυμάτων και του οξέος σε συγκεκριμένες αναλογίες.

β) Από τις δοσομετρικές αντλίες των μητρικών διαλυμάτων και του οξέος.

---

[49] Savvas, D., and K. Adamidis, 2000. Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. Erratum. J. Plant Nutr. 23: 1371.
[50] Μανιός Θ., 2006. Εργαστήριο υποστρωμάτων και συστημάτων καλλιεργειών εκτός εδάφους.

γ) Την αντλία μεταφοράς του νερού στο δοχείο παρασκευής του τελικού διαλύματος και μια μεγαλύτερου μανομετρικού για την μεταφορά τον τελικού διαλύματος στην καλλιέργεια.

δ) Τα απαραίτητα φίλτρα.

ε) Το ηλεκτρικό σύστημα (ρελέ, ηλεκτροβάνες κ.λ.π).

στ)Αισθητήρες (sensors) για τη μέτρηση του pH και της E.C. του διαλύματος μέσα στο κάδο ανάμειξης ή / και κατά την έξοδο από αυτόν μέσω του σωλήνα εξαγωγής του έτοιμου διαλύματος.

ζ) Ένα Η/Υ και λογισμικό για τον έλεγχο των διάφορων λειτουργιών που συμβαίνουν εντός της μονάδας καθώς και για τον προγραμματισμό αυτών.

η) Σύστημα συναγερμών (alarm) σε περίπτωση που οι τιμές του θρεπτικού διαλύματος οι οποίες μετρούνται και καταγράφονται υπερβούν τα όρια τους.

iii. Σύστημα διανομής θρεπτικού διαλύματος

Η μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά γίνεται μέσω ενός δικτύου εύκαμπτων σωλήνων από μαύρο πλαστικό πολυαιθυλένιο κατάλληλης διατομής. Για τη μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά χρησιμοποιείται αντλία, η οποία συνήθως βρίσκεται ενσωματωμένη στη μονάδα αραίωσης των λιπασμάτων και είναι συνδεδεμένη με την έξοδο του αραιού διαλύματος από τον κάδο ανάμειξης.

Ο κεντρικός αγωγός που ξεκινάει από τη μονάδα ανάμειξης λιπασμάτων συνδέεται μέσω κατάλληλων μεσαγωγών με πλευρικούς αγωγούς συνήθως διατομής Φ20 - Φ25. Κάθε πλευρικός αγωγός τροφοδοτεί με διάλυμα συνήθως δυο γραμμές φυτών. Οι πλευρικοί αυτοί αγωγοί διανέμουν με την χρήση διάφορων μορφών σταλακτητών το διάλυμα στις θέσεις ανάπτυξης των φυτών. [51]

Σε κάθε φυτό αντιστοιχεί συνήθως ένας σταλακτήρας και όλοι οι σταλακτήρες θα πρέπει να διανέμουν την ίδια ποσότητα νερού. Οι

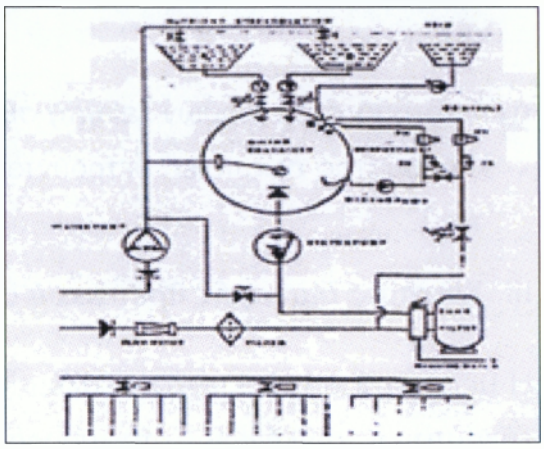
[51] Μανιός, Β., 1995. Εργαστήριο Υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους

σταλακτήρες μπορεί να είναι είτε γραμμικοί μέσα στο αρδευτικό λάστιχο, είτε προσαρμοσμένοι στους ειδικούς κατά περίπτωση διανεμητές. Σε κάθε περίπτωση πριν την τοποθέτηση - εγκατάσταση των φυτών είναι απαραίτητο να προηγηθεί κορεσμός του υποστρώματος με το θρεπτικό διάλυμα. [52]

α) Σύστημα Παρασκευή και διανομής με την χρήση δοχείου ανάμειξης

Το μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού, είναι ότι το θρεπτικό διάλυμα, από την έναρξη της τροφοδοσίας των φυτών και συνεχώς φτάνει στα φυτά πλήρες.

Η λειτουργία του είναι συνεχής με την αντλία τροφοδοσίας του δοχείου ανάμειξης με νερό και με τη βοήθεια φλοτέρ ή ηλεκτροδίου ελέγχεται η πληρότητά του. Ακόμη με τις μικρές δοσομετρικές αντλίες μεταφέρονται στο δοχείο τα μητρικά διαλύματα Α και Β. Οι μικρές αυτές αντλίες ελέγχονται από αγωγιμόμετρο και η ροή του όγκου τον κάθε μητρικού διαλύματος ελέγχεται από ρυθμιζόμενη βαλβίδα. Ακόμη το δοχείο ανάμειξης φέρει και μια αντλία ανάμειξης του θρεπτικού διαλύματος, το οποίο περνώντας από το σωλήνα επιστροφής στο δοχείο ελέγχεται από το pHμέτρο και το αγωγιμόμετρο. Το θρεπτικό διάλυμα κατά την έξοδό του από το δοχείο και πριν από τη διανομή του στα φυτά ελέγχεται από pHμέτρο και αγωγιμόμετρο, τα οποία είναι και συνδεδεμένα με σύστημα συναγερμού για την περίπτωση που οι τιμές του θρεπτικού διαλύματος είναι έξω από τα επιθυμητά όρια. [53]



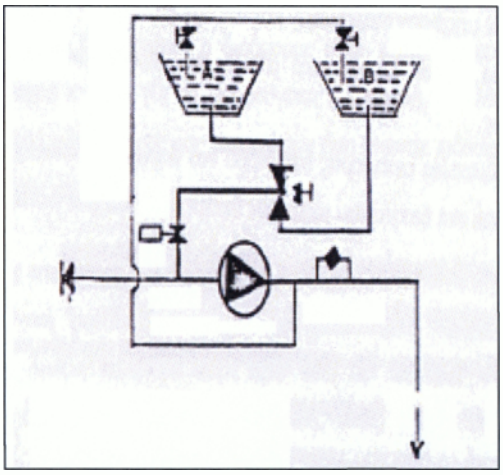
Εικόνα 3.1. Σχηματική απεικόνιση συστήματος με δοχείο ανάμειξης

[52] Σάββας, Δ., 1998. Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών. Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα
[53] Reed, D.W., 1996. Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA.

β) Σύστημα Παρασκευή & διανομής χωρίς χρήση δοχείου ανάμειξης

Το σύστημα αυτό διαθέτει απλούστερη κατασκευή και λειτουργία. Είναι χαμηλότερου κόστους κατασκευή. Ύστερα από την Παρασκευή τους στις δεξαμενές των μητρικών διαλυμάτων τα διαλύματα οδηγούνται σε απευθείας ανάμειξη και διάθεση αυτών στην καλλιέργεια χωρίς την ύπαρξη δεξαμενής ανάμειξης. Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην ανάμειξη διαλυμάτων από τις δεξαμενές παρασκευής σε προκαθορισμένες αναλογίες με την χρήση συνήθως δοσομετρικών αντλιών.

Το σύστημα αυτό απαιτεί μεγάλη προσοχή κατά την δημιουργία των πυκνών διαλυμάτων γιατί οποιοδήποτε λάθος θα έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία θρεπτικού διαλύματος μη ισορροπημένης σύστασης. Η χορήγηση στα φυτά ισορροπημένου θρεπτικού διαλύματος το οποίο θα καλύπτει τις ανάγκες τους απαιτεί την ύπαρξη αντλιών οι οποίες θα διαθέτουν μεγάλη ακρίβεια στις ποσότητες τις οποίες μπορούν να αντλήσουν και να χορηγήσουν στα φυτά. Το σύστημα αυτό δεν μπορεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά όσον αφορά την ακρίβεια και την ομοιομορφία της σύστασης του χορηγούμενου διαλύματος σε μικρά συστήματα τα οποία απαιτούν μικρό χρόνο λειτουργίας του συστήματος για την κάλυψη των αναγκών τους. Απαιτείται χρονικό διάστημα, το οποίο εξαρτάται από την πιστότητα των αντλιών που χρησιμοποιείται για την δημιουργία του διαλύματος στόχου. [54]



Εικόνα 3.2. Απεικόνιση συστήματος χωρίς δοχείο ανάμειξης

[54] Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2007. Υδροπονικές εγκαταστάσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΑΛΛΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

4.1. Προστασία των Φυτών με Επεμβάσεις στο υπόστρωμα

4.1.1. Βιολογική Φυτοπροστασία

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

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

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

Μια σημαντική διαφορά μεταξύ της καλλιέργειας στο έδαφος και της υδροπονικής είναι ότι στη δεύτερη περίπτωση- στο ξεκίνημα- το υπόστρωμα δεν περιέχει οργανικές ουσίες, κάτι που στο έδαφος υπάρχει οπωσδήποτε και ευνοεί την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Μικροοργανισμοί όπως: *Pseudomonas spp.*, *Streptomyces spp. Euterobacter cloacay* και. *Lysobacter enzymogenes* ως ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να εμποδίζουν την ανάπτυξη *του Pythium aphanidermatum*. Οι ανταγωνιστικοί μικροοργανισμοί μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως παράγοντες βιορρύθμισης, αλλά συχνά η ανάπτυξη τους στο υπόστρωμα αποτυγχάνει. Αυτό συμβαίνει, όταν ο μικροοργανισμός που χρησιμοποιείται ως ανταγωνιστικός προέρχεται από φυτό ή περιβάλλον διαφορετικό από αυτό στο οποίο μεταφέρεται. Για να αποφευχθεί αυτό, θα πρέπει να

επιλέγονται ανταγωνιστές από το φυσικό περιβάλλον της καλλιέργειας, διότι είναι προσαρμοσμένοι σ' αυτό το περιβάλλον και βρίσκονται σε πολύπλοκες ομάδες σταθερής ανάπτυξης. [55]

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

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

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

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

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

Η αποτελεσματικότητα τους εξαρτάται από τις συνθήκες που υπάρχουν για την ανάπτυξη τους. Ενδεικτικά αναφέρονται τα σκευάσματα:

- Mycostop. Περιλαμβάνει streptomyces.
- Soil Guard. Περιλαμβάνει Qleosporium.
- Root Shield ή Path Guard. Περιλαμβάνει Trichoderma.

---

[55] Μανιός, Β., 1995. Εργαστήριο Υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους

4.1.2. Προστασία με μυκητοκτόνα

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

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

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

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

Fozetyl-Al (Aliete). Είναι αποτελεσματικό για την καταπολέμηση μυκήτων των γενών *pythium* και *phytopthora* που προσβάλουν τη ρίζα και το λαιμό των φυτών. Είναι διασυστηματικό (καλή αποπλαστική, συμπλαστική και βασιπεταλική κίνηση), μπορεί και να ψεκαστεί σε μεγάλες δόσεις στο φύλλωμα και να μεταφερθεί στη ρίζα. [56], [57]

---

[56] Nelson, P., 1998. Greenhouse Operation and Management. Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.

[57] Μανιός, Β., 1995. Εργαστήριο Υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους

4.2. Απολύμανση του Νερού

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

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

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

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

Οι συνηθέστερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση του νερού είναι: αργό φιλτράρισμα σε άμμο (γίνεται όπως και στην περίπτωση των θρεπτικών διαλυμάτων), οζονισμός, χρήση χημικών ουσιών (χλωρίνη, υπεροξείδιο του υδρογόνου, χαλκός), παστερίωση, φιλτράρισμα με μικροφίλτρα και λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας (γίνεται όπως και στην περίπτωση των θρεπτικών διαλυμάτων). [58]

[58] Μαυρογιαννόπουλος Γεώργιος, (2007) Υδροπονικές Εγκαταστάσεις 2007, Αθήνα

4.2.1. Όζον

Το όζον (O_3) χρησιμοποιείται ευρέως στην απολύμανση του πόσιμου νερού. Είναι αέριο, άχρωμο και έχει μεγάλη διαβρωτική και τοξική δράση.

Το όζον αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου και γι' αυτό είναι πολύ ασταθές και γρήγορα μετατρέπεται σε αέριο οξυγόνο και ελεύθερη ρίζα οξυγόνου. Αυτό το ελεύθερο οξυγόνο είναι πολύ δραστικό και οξειδώνει τα οργανικά σωματίδια που βρίσκονται στο νερό. Οξειδώνει οργανικά μόρια, όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και χουμικά οξέα, ξεχωρίζοντας τους άνθρακες στο διπλό δεσμό. Έτσι, δρώντας στα υλικά της δομής τους, το όζον είναι πολύ αποτελεσματικό εναντίον των μυκήτων, βακτηρίων και ιών.

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

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

Επειδή το όζον είναι ένα ασταθές μόριο, πρέπει να παράγεται επί τόπου. Η παραγωγή όζοντος είναι μια ενδοθερμική αντίδραση και απαιτεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας (8 - 17 kW/ hr kg O_3). Οι περισσότερες συσκευές παραγωγής όζοντος χρησιμοποιούν τη διαδικασία που είναι γνωστή ως κορόνα, που είναι το πέρασμα ενός αερίου που περιέχει οξυγόνο από δυο ηλεκτρόδια που χωρίζονται από μη αγώγιμο κενό. Η εφαρμογή διαφοράς τάσης στα ηλεκτρόδια δημιουργεί ροή ηλεκτρονίων μέσω του κενού και αυτό χωρισμό των μορίων του οξυγόνου, οδηγώντας στο σχηματισμό όζοντος, σχεδόν όπως συμβαίνει, όταν έχει αστραπές στον ουρανό. Το αέριο όζον μεταφέρεται στο νερό του ποτίσματος μέσω ενός εγχυτήρα, ο οποίος βασιζόμενος στο φαινόμενο Venturi παρέχει όζον στο νερό. [59]

[59] Γουμενάκη, Ε., 2001. Τεχνικές καλλιέργειας εκτός εδάφους από τις Σημειώσεις

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

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

4.2.2. Χλωρίωση

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

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

Το χλώριο για το νερό άρδευσης διατίθεται σε τρεις μορφές:

1. **Αέριο χλώριο** με την ακόλουθη αντίδραση στο νερό:

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCL_4 - HOCl.$$

Είναι η φθηνότερη μορφή, αποθηκεύεται καλά και διαμοιράζεται σχετικά με ακρίβεια. Λόγω όμως της διαβρωτικότητάς του και της επικινδυνότητας του για τους ανθρώπους που το χρησιμοποιούν, απαιτούνται πολλά μέτρα προστασίας. Απαιτείται σύστημα για τη συλλογή διαφυγόντος αερίου, καθώς και σύστημα που προειδοποιεί για τυχόν διαρροή. Η εγκατάσταση του συστήματος απαιτεί καλή και μεγάλης διάρκειας εκπαίδευση του προσωπικού στην εργασία αυτή. Το χλώριο χρησιμοποιείται σε τέτοια ποσότητα που μετά από μισή ώρα στο νερό να υπάρχει υπόλειμμα γύρω στα 2,5 ppm ελεύθερου χλωρίου.

2. **Υποχλωριώδες** νάτριο με την ακόλουθη αντίδραση:

$$NaOCl+H_2O \rightarrow NaOH + HOCl$$

3. **Υγρή χλωρίνη** χρησιμοποιείται περισσότερο για την απολύμανση των εργαλείων, τραπεζιών, δοχείων κ.λπ.. Διακινείται ως διάλυμα με περιεκτικότητα 4-15%, είναι διαβρωτική και ογκώδης στην αποθήκευση και μεταφορά. Πρακτικά για μια μέση θερμοκρασία διαλύματος και ποιότητα νερού, 80cm^3 χλωρίνης 4% ανά m^3 νερού δίνει ένα επιθυμητό υπόλειμμα.

4. **Υποχλωριώδες ασβέστιο** με την ακόλουθη αντίδραση στο νερό:

$$Ca(OCl)_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2HOCl.$$

Είναι ένα αποτελεσματικό προϊόν για την απολύμανση του νερού. Βρίσκεται σε μορφή ταμπλέτων ή κόκκων με περιεκτικότητα κατ' ελάχιστο 65% διαθέσιμο χλώριο. Οι συσκευές παροχής στο δίκτυο του υποχλωριώδους ασβεστίου επιτρέπουν το πέρασμα του νερού από την ταμπλέτα, η οποία με το χρόνο αναλώνεται. Έτσι, η προσθήκη χλωρίου ελέγχεται με το ρυθμό ροής του νερού. Η μορφή αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι εύκολα μεταφέρεται και αποθηκεύεται, διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα, αποφεύγονται πιτσιλίσματα και διαρροές.

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

Σε όλες τις περιπτώσεις, αν τα υπολείμματα υπερβούν τα όρια. μπορεί να δημιουργηθεί τοξικότητα στα φυτά. [60].

[60] Μαυρογιαννόπουλος Γεώργιος, (2007) Υδροπονικές Εγκαταστάσεις 2007, Αθήνα

4.3. Απολύμανση του Θρεπτικού Διαλύματος

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

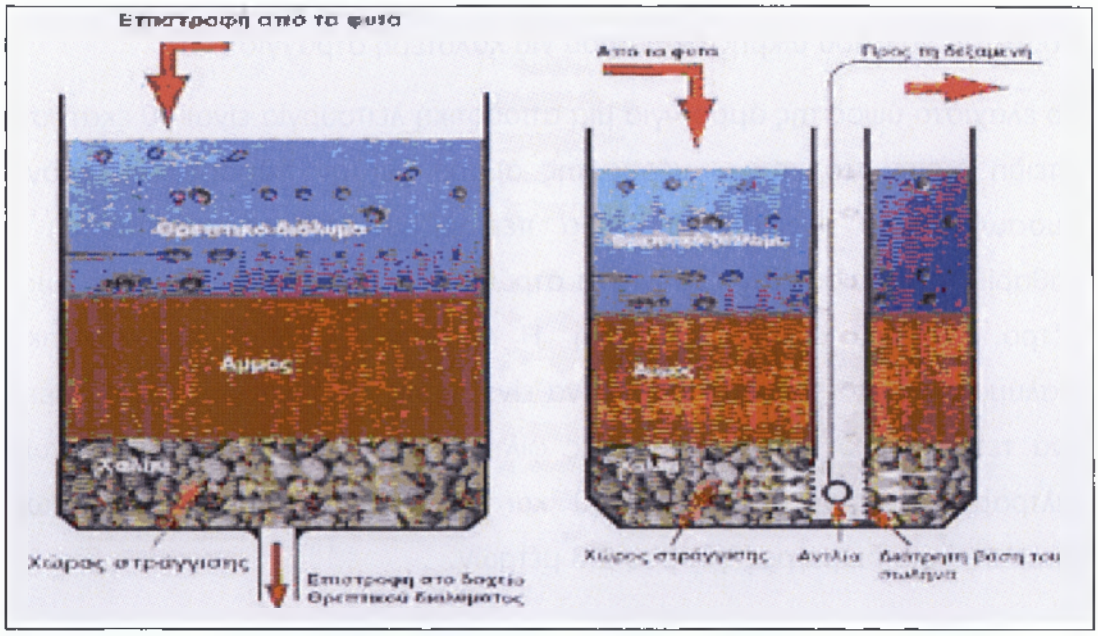
Το θρεπτικό διάλυμα που ανακυκλώνεται στα κλειστά συστήματα έχει αυξημένες πιθανότητες να έχει μολυνθεί από επιζήμιους μικροοργανισμούς όπως *Pythium* και *Fusarium.* [61]

Συνήθως οι προσβολές του ριζικού συστήματος από τους επιζήμιους μύκητες προλαμβάνονται με απολυμάνσεις του θρεπτικού διαλύματος. Οι συνηθέστερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση είναι: το αργό φιλτράρισμα σε άμμο, οι λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας και η συσκευή παραγωγής ελεύθερων ιόντων χαλκού.

[61] Nelson, P., 1998. Greenhouse Operation and Management. Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.

4.3.1. Αργό φιλτράρισμα του θρεπτικού διαλύματος

Το αργό φιλτράρισμα του θρεπτικού διαλύματος σε άμμο είναι ένα βιολογικό φιλτράρισμα. Πρακτικά, χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική στα κλειστά συστήματα και φιλτράροντας το 30% περίπου του ανακυκλούμενου διαλύματος το 24/ωρο καταστέλλεται αποτελεσματικά μια προσβολή, σχεδόν σε όλες τις καλλιέργειες. Η τεχνική αυτή είναι εύκολα εφαρμόσιμη, περιβαλλοντικά ασφαλής και οικονομική. [62]



Εικόνα 4.1. Φίλτρο άμμου α) με συλλογή του διαλύματος στη Βάση β) με συλλογή διαλύματος μέσω εμβαπτισμένης αντλίας.

Το αργό φιλτράρισμα σε άμμο έχει χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό του νερού εδώ και διακόσια χρόνια. Ουσιαστικά είναι μια βιολογική διαδικασία. Με το πέρασμα του θρεπτικού διαλύματος η επιφάνεια των κόκκων της άμμου καλύπτεται με μια βιολογική μεμβράνη η οποία περιλαμβάνει ένα σύνθετο οικοσύστημα το οποίο τρέφεται από την οργανική ύλη που υπάρχει στο θρεπτικό διάλυμα συμπεριλαμβανόμενων των σπορίων των μυκήτων.[63] Τα οργανικά σωματίδια περνώντας μέσα στο φίλτρο έλκονται από τους κόκκους, από ένα συνδυασμό φυσικών και χημικών παραγόντων. Παγιδεύονται στην κολλώδη βιολογική μεμβράνη και καταναλώνονται από τα

[62] Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2007. Υδροπονικές εγκαταστάσεις Αθήνα
[63] Reed, D.W., 1996. Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA.

βακτήρια και τα πρωτόζωα που ζουν εκεί. Είναι μια αερόβιος διαδικασία αποσπώντας οξυγόνο από αυτό που είναι διαλυμένο στο θρεπτικό διάλυμα. Είναι απαραίτητη επομένως η διαρκής ροή του θρεπτικού διαλύματος ή νερού από το φίλτρο. Αν σταματήσει το πέρασμα του νερού η αποτελεσματικότητα του φίλτρου μειώνεται και σταματά.

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

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

Το ελάχιστο ύψος της άμμου για μια αποδοτική λειτουργία είναι 50 εκατοστά, επειδή όμως στο επάνω μέρος της άμμου με την πάροδο του χρόνου συσσωρεύονται στοιχεία τα οποία περιορίζουν τη ροή και πρέπει να καθαρίζεται αφαιρώντας ένα λεπτό στρώμα. Ένα ύψος 80 εκατοστά έως 1 μέτρο είναι μια συνήθης επιλογή. Η ροή του νερού ή του θρεπτικού διαλύματος από το φίλτρο πρέπει να είναι μεταξύ 0,1 και 0,3 κυβικά μέτρα ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας φίλτρου και ώρα. Για την παραγωγή φιλτραρισμένου νερού μεταξύ 10 και 30 κυβικών μέτρων το 24/ωρο απαιτείται μια διάμετρος φίλτρου 2,3 μέτρων.

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

Η ροή μέσω του φίλτρου οδηγείται από τη βαρύτητα και ελέγχεται από την αφαίρεση του νερού που στραγγίζει στα χαλίκια με βαλβίδα ροής ή με αντλία. Πριν να οδηγηθεί το νερό ή το θρεπτικό διάλυμα στο φίλτρο της άμμου είναι απαραίτητο το νερό να περάσει από ένα αυτοκαθαριζόμενο κοινό φίλτρο. Η δεξαμενή που φιλοξενεί το φιλτραρισμένο νερό πρέπει να έχει χωρητικότητα τουλάχιστον όση το 30% του όγκου του θρεπτικού διαλύματος συν 10% για ασφάλεια. [64]

---

[64] Μαυρογιαννόπουλος Γεώργιος, (2007) Υδροπονικές Εγκαταστάσεις 2007, Αθήνα

4.3.2. Απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία

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

Η ακτινοβολία παράγεται από ένα ειδικό λαμπτήρα υψηλής πίεσης UV, ο οποίος βρίσκεται σ' έναν κλειστό χώρο. Γύρω από το λαμπτήρα ρέει το θρεπτικό διάλυμα. Οι μικροοργανισμοί που δέχονται την ακτινοβολία βλάπτονται, γιατί με αυτή την υψηλής ενέργειας ακτινοβολία γίνονται φωτοχημικές αντιδράσεις που αλλάζουν τη μοριακή δομή ουσιωδών συστατικών της λειτουργία των κυττάρων.

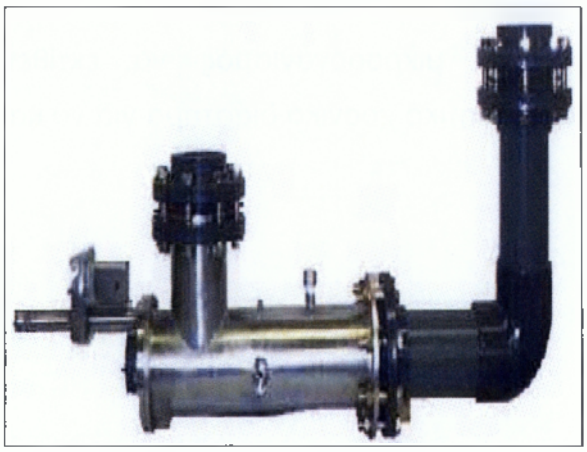
Εικόνα 4.2. Συσκευή UV ακτινοβολίας

Η υπεριώδης ακτινοβολία διαπερνά τα κυτταρικά τοιχώματα και αντιδρά με το DNA και RNA βλάπτοντας ή καταστρέφοντας τα κύτταρα. Έτσι, καταστρέφονται μύκητες, βακτήρια και ιοί. [65]

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

Διάφορα σωματίδια μέσα στο θρεπτικό διάλυμα ανακλούν την ακτινοβολία.

Τα σωματίδια μειώνουν την αποτελεσματικότητα, γι' αυτό θα πρέπει να προηγείται καλό φιλτράρισμα πριν την απολύμανση, ώστε να υπάρχει ένα καλό αποτέλεσμα.



Εικόνα 4.3. Συσκευή UV ακτινοβολίας

[65] Γουμενάκη, Ε., 2001. Τεχνικές καλλιέργειας εκτός εδάφους από τις Σημειώσεις

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

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

Με τη μέθοδο UV δεν αλλάζει σημαντικά η χημική σύνθεση, το pH και η θερμοκρασία του θρεπτικού διαλύματος, ενώ δεν παρουσιάζονται περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης, δεν αφήνονται υπολείμματα στο θρεπτικό διάλυμα. [66]

Μέσω της έρευνας, οι βιολόγοι έχουν καθορίσει το ποσό της υπεριώδους ακτινοβολίας που απαιτούνται για την καταστροφή διαφορετικά είδη μικροοργανισμών. Το ποσό της υπεριώδους ακτινοβολίας το οποίο απαιτείται αποκαλείται η δοσολογία, και είναι συνάρτηση μιας ορισμένης έντασης UV (εκφραζόμενη σε ισχύ ή microwatts), που εκδόθηκε για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (δευτερόλεπτα), για μια συγκεκριμένη περιοχή (τετραγωνικό εκατοστό). Οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται είναι microwatt-sec/cm^2 (μW-s/cm^2). Ένας σύντομος χρόνος έκθεσης σε υψηλή ένταση μπορεί να είναι εξίσου αποτελεσματικός με έναν μεγάλο χρόνο έκθεσης σε χαμηλότερη ένταση.

Ο ρυθμός ροής του νερού πρέπει να ταιριάζει με την ισχύ του λαμπτήρα, ώστε ο μικροοργανισμός να εκτίθεται στην υπεριώδη ακτινοβολία ικανοποιητικό χρονικό διάστημα για να καταστραφεί.

---

[66] Reed, D.W., 1996. Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA.

4.3.3. Απολύμανση με συσκευή παραγωγής ελεύθερων ιόντων χαλκού.

Τελευταία, για την απολύμανση του θρεπτικού διαλύματος χρησιμοποιείται και η παραγωγή ελεύθερων ιόντων χαλκού με θετικά αποτελέσματα. Στα κλειστά συστήματα, ένα μέρος του θρεπτικού διαλύματος, όταν οδηγείται στα φυτά, περνάει από μια συσκευή που με ηλεκτρομαγνητικά κύματα, μέσω ηλεκτρόλυσης, των ηλεκτροδίων χαλκού που βρίσκονται στο κύκλωμα, εμπλουτίζει το διάλυμα με ελεύθερα ιόντα χαλκού.

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

Υπερβολική συγκέντρωση ιόντων χαλκού στο διάλυμα δημιουργεί χλώρωση στα φυτά λόγω του ανταγωνισμού με το σίδηρο. [67]

[67] Reed, D.W., 1996. Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όλα όσα αναφέρθηκαν στην παρούσα εργασία μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η υδροπονία συγκεντρώνει αρκετά πλεονεκτήματα, συγκριτικά με την παραδοσιακή καλλιέργεια, όπως αποφυγή ασθενειών εδάφους, εντατικοποίηση καλλιεργειών λόγω του μικρού χρόνου ο οποίος μεσολαβεί μεταξύ των καλλιεργειών κ.α.

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

Από τα συστήματα που παρουσιάστηκαν μπορούμε να ξεχωρίσουμε αυτό του N.F.T. σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο που χρησιμοποιεί κάποιο υπόστρωμα. Τα υποστρώματα έχουν πολύ μικρή διάρκεια ζωής σε αντίθεση με το N.F.T. με αποτέλεσμα μετά από 3 - 5 χρόνια να χρειάζονται αντικατάσταση. Η απαίτηση της αντικατάστασης του υποστρώματος απαιτεί και δαπάνη χρήματος πάντα σε σχέση με το N.F.T.

Σε κάθε περίπτωση εφαρμογής υδροπονικού συστήματος συνίσταται η συνεργασία - επίβλεψη για την πραγματοποίηση της καλλιέργεια από εξειδικευμένο γεωτεχνικού-σύμβουλου ο οποίος θα πρέπει να καθοδηγεί τον παραγωγό και θα επιβλέπει την πορεία της καλλιέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Boodley, J.W., 1998. The Commercial Greenhouse. 2nd Edition., Delmar Publishers, USA.
2. Holcomb. J.E. 1994. Bedding Plants IV. Ball Publishing, Batavia, Illinois USA.
3. Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher plants. Academic Press, London.
4. Nelson, P., 1998. Greenhouse Operation and Management. Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.
5. Rushforth, K., 1990. Tree Planting and Management. David and Charles Newton Abbot, London
6. Savvas, D. and K. Adamidis, 1999. Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. Journal of Plant Nutrition 22 (9): 1415-1432
7. Savvas, D., 2001. Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants in Hydroponics. In: Dris, R. Niskanen, R., and S.M. Jain (Eds). Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I: Quality Management. Science Publishers, Enfield, N.H., U.S.A.: pp. 37-87.
8. Savvas, D., 2002a. Nutrient solution recycling. In: Savvas, D., and H.C. Passam (Eds). Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece: pp. 299-343.
9. Savvas, D., 2002b. Automated replenishment of recycled greenhouse effluents with individual nutrients in hydroponics by means of two alternative models. Biosystems Engineering, 83: 225-236.
10. Savvas, D., and K. Adamidis, 2000. Automated management of nutrient solutions based on target electrical conductivity, pH, and nutrient concentration ratios. Erratum. J. Plant Nutr. 23: 1371.

11. Still, S.M., 1994. Manual of herbaceous ornamental plants. Stipes Publishing.

12. Reed, D.W., 1996. Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA.

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

14. Γουμενάκη, Ε., 2001. Τεχνικές καλλιέργειας εκτός εδάφους από τις Σημειώσεις

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

16. Καρράς, Γ., 1998. Γλαστρικά Φυτά. Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

17. Καρράς, Γ., 1999. Ποώδη Καλλωπιστικά. Διδακτικές Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

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

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

20. Μανιός, Β., 1995. Εργαστήριο Υποστρωμάτων και συστημάτων θερμοκηπιακών καλλιεργειών εκτός εδάφους Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.

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

22. Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2007. Υδροπονικές εγκαταστάσεις Αθήνα

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

24. Μιχελάκης, Ν., 1994. Συστήματα αυτόματης άρδευσης. Άρδευση με σταγόνες. Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική Α.Ε., Αθήνα.

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

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

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

28. Σάββας Δ., 2003. Γενική ανθοκομία.

29. Σάββας, Δ., 1998. Υδροπονία Καλλωπιστικών Φυτών. Σημειώσεις. Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα

30. Σάββας, Δ., 2003. Παρασκευή θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες. Σημειώσεις για το εργαστήριο του μαθήματος «Θρέψη Φυτών». Έκδοση ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα, σελ. 36.

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

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

33. Υπουργείο Γεωργίας (1981). Βοηθητικοί πίνακες για την οικονομική ανάλυση στοιχείων των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Διεύθυνση Γεωργικής Εκπ/σεως και Πληροφοριών, Νοέμβριος 1981.